



École des Hautes Études en Sciences Sociales

École doctorale de l'EHESS

Centre Alexandre-Koyré

Doctorat

Discipline : Histoire: Option Histoire des sciences

Grau Hervé

**L'enseignement des sciences physiques et
l'expérimentation en France de 1750 à 1830**

Thèse dirigée par : Giovanna Cifoletti
co-dirigée par : Jean Dhombres

Date de soutenance: le 9 décembre 2020

Rapporteurs 1 Raffaele Pisano, Université de Lille
2 Jean-Marc Ginoux, Université de Toulon

Jury 1 Giovanna Cifoletti, École des hautes études en sciences sociales
2 Jean Dhombres, École des hautes études en sciences sociales
3 Caroline Ehrhardt, École normale supérieure de Lyon
4 Claudine Fontanon, École des hautes études en sciences sociales
5 Jean-Marc Ginoux, Université de Toulon
6 Raffaele Pisano, Université de Lille

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

La science, l'histoire, les techniques, sont les trois domaines qui ont toujours constitué mes principaux centres d'intérêt, même si la linguistique parfois me paraissait également pertinente à étudier... Le choix de mes études supérieures fut donc compliqué, et il se tourna finalement vers les sciences. Mais définitivement plus intéressé par l'histoire de la notation du laplacien rencontré lors de l'étude des ondes électromagnétiques que par l'utilisation du laplacien lui-même, et ce au grand désespoir de mon professeur de physique, errant entre classes préparatoires, école d'ingénieurs, parcours académique en physique et en mathématiques, je finis par rencontrer une discipline universitaire qui me permettait enfin d'allier tous ces champs, l'histoire des sciences et des techniques. Et c'est évidemment celui dont je ne savais pas encore qu'il deviendrait mon premier directeur de thèse, à savoir Jean Dhombres, que je tiens à remercier en tout premier. Sa rencontre et son écoute du jeune professeur un peu égaré que j'étais à ce moment, ainsi que l'univers stimulant qu'il avait su insuffler au Centre d'histoire des sciences de l'université de Nantes, qui ne s'appelait pas encore le Centre François Viète, furent bien évidemment un tournant. Et pendant toutes ces années, il fut un précieux soutien. Et ces longues années firent que c'est Giovanna Cifoletti, qui accepta de prendre le relais, que je peux remercier ensuite, car ses travaux entre autres sur l'usage de l'algèbre dans l'étude de la nature se rattachent à ces moments déclencheurs de la construction de la pensée scientifique, quête qui m'a toujours guidée dans mes travaux.

Pourtant, ce furent d'abord les liens avec l'archéologie, encore un autre de mes centres d'intérêt, qui auraient pu motiver mes recherches en histoire des sciences et des techniques. Mais tout professeur de physique finit un jour par entendre parler de l'abbé Nollet, et son intervention à l'École royale du Génie de Mézières devint le sujet de mon mémoire de DEA, ainsi que les travaux de Gaspard Monge dans cette même école, Gaspard Monge qui avait donné son nom au lycée où j'enseignai à l'époque. Il y a de ces coïncidences... Et cette fois-ci, ce sont toutes les rencontres sur le terrain, les archivistes, conservateurs, chercheurs, mais aussi érudits locaux, que je tiens à remercier sans pouvoir les citer tous tellement ils sont nombreux, avec une mention spéciale pour Sylvie Provost qui m'initia aux arcanes du Service historique de l'armée de Terre¹. À chaque fois leur accueil et leurs conseils me permirent d'avancer.

¹ Devenu depuis le Service historique de la Défense.

L'École royale du génie de Mézières appartenait aux modèles de l'Ancien Régime, et en élargissant ce sujet d'étude, je découvrais bientôt l'extraordinaire élan que fut la Révolution, qui malgré une phrase célèbre, avait au contraire bien besoin de savants. Sciences, pouvoir, armée, État, leur imbrication ont constitué un champ d'étude passionnant, et je sais gré à Patrice Bret de m'avoir permis de publier mes premières recherches au sein des Annales historiques de la Révolution française.

Enfin bien sûr, je tiens à remercier mon entourage, collègues, amis, et plus particulièrement ma femme et mes enfants qui ont supporté, dans tous les sens du terme, cette curieuse lubie consistant à s'intéresser à l'expérimentation dans l'enseignement des sciences physiques d'il y a deux siècles, mais dont la problématique ne cesse d'être d'actualité en cette période d'évolution de l'actuelle formation et du recrutement des ingénieurs.

RESUME ET MOTS CLEFS

Résumé

La période qui s'étend de 1750 à 1830 voit en Europe la mise en place d'une nouvelle physique qui se caractérise surtout par la mise en mathématique de phénomènes comme la chaleur et l'électricité, par la prise en compte de l'état gazeux et des quantités impondérables et par la création de la cristallographie qui se sépare avec la chimie de l'histoire naturelle. Or la physique s'enseigne et le propos de cette thèse est de s'intéresser aux conditions de l'expérimentation dans l'enseignement de la physique et de la chimie sur cette période. La thèse s'articule autour de l'étude de cas de lieux d'enseignement, en commençant par une approche locale, à savoir Nantes avec le collège des Oratoriens, son évolution en école centrale et en lycée, puis avec l'École royale du Génie de Mézières et l'École Polytechnique et enfin avec le Collège de France, tout en posant la question d'une spécificité française par rapport à la situation européenne. Il s'agit de voir les conditions d'un enseignement des sciences physiques et de son évolution, de la part accordée à l'expérimentation, et de montrer comment l'opposition ou la complémentarité de la science du chercheur d'avec celle de l'ingénieur a structuré l'enseignement de celle-ci en France à cette époque, en lien avec les enjeux politiques et éducatifs, sujets clés de ces temps de bouleversements de société.

Mots clefs

Expérimentation, physique expérimentale, sciences physiques, collège de l'Oratoire, université, écoles centrales, lycées, ingénieurs, École royale du Génie de Mézières, École Polytechnique, Collège de France.

ABSTRACTS AND KEYWORDS

Summary

From 1750 to 1830 we see the installation of a new physics, with the use of mathematics in the studies about heat and electricity, by connecting gases and small particles and with the creation of crystallography disjoined of chemistry and natural sciences. Physics is taught and this thesis is about the conditions of experiment in the teaching of physics and chemistry in this period. It studies different places where physics was taught, first a provincial oratorian college, which became “école centrale” then a high school, second the “École royale du Génie de Mézières”, a military engineering school, and the “École Polytechnique”, and finally the “College de France” also by comparing with other places in Europe. We try to see the conditions of the teaching of physics and chemistry, if there was an evolution, what was the part of experiment in this teaching, and we show how the opposition or the complementary between research science and engineer science organizes the teaching of physics and chemistry in France during this period.

Keywords

Experimentation, experimental physics, physics and chemistry, collège de l'Oratoire, university, écoles centrales, high schools, engineers, École royale du Génie de Mézières, École Polytechnique, Collège de France.

TABLES DES MATIERES

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS	3
RESUME ET MOTS CLEFS	5
Résumé.....	5
Mots clefs	5
ABSTRACTS AND KEYWORDS	6
Summary	6
Keywords.....	6
TABLES DES MATIERES.....	7
TABLE DES ILLUSTRATIONS	17
LISTE DES ABREVIATIONS.....	19
INTRODUCTION	20
PREAMBULE : LE MOT « PHYSIQUE » AVANT 1750.....	28
MATHÉMATIENS.....	28
PHYSICIENS.....	28
PARTIE I	33
SCIENCES PHYSIQUES ET EXPERIMENTATION A NANTES : DU COLLEGE ORATORIEEN AU LYCEE IMPERIAL.....	33

1. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES AU COLLEGE DE L'ORATOIRE DE NANTES ET DANS SON ENVIRONNEMENT	33
1.1. Les collèges sous l'Ancien Régime	33
1.2. Un collège oratorien	37
1.3. Le collège de Nantes.....	38
1.4. Place de la physique et de l'expérimentation au collège de l'Oratoire	39
1.4.1. Une présence attestée d'un enseignement de sciences physiques	39
1.4.2. Les imprimés des exercices publics des élèves de l'Oratoire.....	40
1.4.3. Le cours de physique de 1769 au collège de l'Oratoire de Nantes	47
1.4.4. Le cours de physique de 1789 au collège de l'Oratoire de Nantes	54
1.4.5. Les conditions matérielles de l'enseignement des sciences physiques à Nantes	64
1.5. D'autres espaces de formation : Académies, cours publics et physique de salon	73
1.5.1. « Nantes, où l'on ne respire que le commerce... »	73
1.5.2. Les cours publics de physique expérimentale à Nantes	75
1.5.3. La physique de salon	78
1.6. Quel bilan pour l'expérimentation au collège de l'Oratoire de Nantes jusqu'à la Révolution ?	88
2. LES CHANGEMENTS DE LA RÉVOLUTION : L'INSTITUT NATIONAL, PUIS L'ÉCOLE CENTRALE	91
2.1. Idées novatrices sur l'enseignement	91
2.2. Changements à Nantes: du collège à l'Institut National	92
2.3. L'Institut National	95

2.4. La création de l'école centrale	97
2.4.1 Un mémoire de mathématiques	98
2.4.2. Quels projets pour la physique et la chimie expérimentale?	100
2.5. Le cours de physique et chimie de l'école centrale	104
2.5.1. Le professeur.....	104
2.5.2 Les élèves.....	105
2.5.3. Des conditions matérielles difficiles	106
2.5.4. Le contenu des cours et la place de l'expérimentation	108
2.6. Quel bilan pour l'expérimentation lors de la période révolutionnaire à Nantes?	109
3. LES SCIENCES PHYSIQUES VICTIMES DU LYCEE IMPERIAL	111
3.1. Une période de transition difficile	111
3.2. Les sciences expérimentales sont les grandes oubliées du lycée impérial	112
3.3. L'expérimentation dans les manuels du lycée impérial	115
3.4. Le vécu de l'expérience en sciences physiques au lycée de Nantes	120
4. UN LENT RETOUR DES SCIENCES PHYSIQUES AU SEIN DU COLLEGE ROYAL	123
4.1. Les paradoxes de la Restauration	123
4.2. La présence de l'expérience ne constitue pas un enseignement expérimental	124
4.2.1. Un enseignement rhétorique et trop savant de la physique	125
4.2.2. L'influence du concours d'entrée à l'École polytechnique et du baccalauréat ..	127
4.2.3. Les cours spéciaux de Nantes et le retour en province.....	128

PARTIE II	130
SCIENCES PHYSIQUES ET EXPERIMENTATIONS A L'ECOLE ROYALE DU GENIE DE MEZIERES ET A L'ECOLE POLYTECHNIQUE : UN MODELE PERENNE POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES EN FRANCE OU UNE MODE PASSAGERE ?	130
1. REPÈRES CHRONOLOGIQUES	131
1.1. L'École du Génie de 1749 à 1794	131
1.1.1. La première phase de 1749 à 1765 de la mise en place de l'École du Génie...	131
1.1.2. La grande période de l'École de Mézières : 1765-1775.....	133
1.1.3. Le déclin : 1776-1788	135
1.1.4. La fin de l'École royale du Génie de Mézières.....	136
1.2. Les questions que pose la création de l'enseignement des sciences physiques à Mézières	137
2. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES A L'ECOLE ROYALE DU GENIE DE MEZIERES : CONFORMITE A L'ESPRIT DU TEMPS OU ORIGINALITE ?	137
2.1. L'enseignement des sciences physiques à l'École royale des Ponts et Chaussées	138
2.2. L'enseignement des sciences physiques à l'École des Mines	139
2.3. L'enseignement des sciences physiques dans les écoles militaires et d'artillerie	141
2.3.1. Les écoles militaires élémentaires.....	141
2.3.2. Les écoles de préparation à l'entrée dans les corps savants.....	142
2.3.3. Les écoles des armes savantes: marine et artillerie	144
2.4. L'enseignement des sciences physiques à l'École royale du Génie de Mézières	146

2.4.1. L' existence d'une chaire de physique expérimentale.....	146
2.4.2. Les maîtres de sciences physiques	148
2.4.3. Le contenu des cours et son évaluation	149
2.4.4. Les moyens d'enseignement des sciences physiques.....	150
2.5. Originalité, mais conformité de la pratique pédagogique de l'École royale du Génie de Mézières	157
3. L'EVOLUTION DES ENSEIGNANTS DE MEZIERES EN TANT QUE PROFESSEURS DE SCIENCES PHYSIQUES.....	158
3.1. Charles Bossut, académicien, professeur et examinateur des élèves	159
3.2. L'abbé Nollet et la physique expérimentale	160
3.2.1. Les sciences expérimentales dans la pensée française au XVIII ^e siècle.....	160
3.2.2. L'abbé Nollet à Mézières: d'abord un cours pour les « honnêtes hommes » ...	161
3.2.3. L'abbé Nollet à Mézières, c'est aussi un cours d'électricité.....	163
3.2.4. L'abbé Nollet à Mézières, c'est enfin un cours d'enseignement technique	164
3.3. Monge, un savant à la croisée de deux siècles	165
3.3.1. Quelques repères chronologiques concernant Gaspard Monge et l'enseignement de la physique à Mézières	165
3.3.2. Monge et les sciences physiques à Mézières	167
3.4. Clouet, celui qui vint trop tard ou trop tôt sur un poste restant à définir... ..	172
3.5. Le métier d'enseignant de sciences physiques à Mézières	173
3.5.1. Statut et reconnaissance sociale.....	173
3.5.2. La pédagogie des sciences physiques et notre regard d'aujourd'hui.....	173
4. POURQUOI UN ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES A L'ECOLE ROYALE DU GENIE DE MEZIERES ?	180

4.1. Une volonté politique liée à des nécessités techniques.....	180
4.2. La mathématisation de la physique.....	181
4.3. L'école de Mézières est-elle un modèle pour l'enseignement des sciences physiques?	183
5. SCIENCES PHYSIQUES A L'ECOLE POLYTECHNIQUE 1794-1830	185
5.1. Une création révolutionnaire et le rôle clé de Fourcroy.....	185
5.2. La physique expérimentale redevient générale et délaissée au profit de la chimie.....	187
5.2.1. Les horaires et les moyens de la physique et de la chimie.....	188
5.2.2. Chronologie des différents enseignants et intervenants en physique et en chimie.....	190
5.2.3. La meilleure chimie du moment ou presque... ..	193
5.2.4. La physique : un problème de champ d'étude, d'objectifs... et de personne...	197
6. UNE SPECIFICITE FRANÇAISE PAR RAPPORT A L'ALLEMAGNE ET L'ANGLETERRE ?	203
6.1. Physique expérimentale dans l'Allemagne des Lumières.....	203
6.2. Physique expérimentale et chimie sur les terres de Newton.....	207
6.3. Les blocages des pays anglo-saxons	217
PARTIE III.....	227
L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE ET L'EXPERIMENTATION AU COLLEGE DE FRANCE DE 1750 A 1830	227
1. UNE INSTITUTION ORIGINALE.....	227

2. LA CHRONOLOGIE DES CHAIRES DE PHYSIQUE DE 1707 A 1830.....	229
EN 1707, DEPUIS 1694	230
EN 1707, DEPUIS 1703	230
3. LA PHYSIQUE AU COLLEGE DE FRANCE DE 1750 A 1786.....	231
3.1. Des conditions matérielles difficiles et une question de statut	231
3.2. Une seule chaire de physique et consacrée tout d'abord à l'astronomie jusqu'en 1766	232
3.3. Changements et continuité avec Jacques-Antoine-Joseph Cousin.....	234
4. LA CHAIRE DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.....	238
4.1. Une création tardive	238
4.2. Louis Lefèvre-Gineau.....	240
4.2.1. Un début de carrière typique de l'Ancien Régime	240
4.2.2. L'œuvre scientifique de Lefèvre-Gineau.....	241
4.2.3. Les cours de Lefèvre-Gineau au Collège de France	242
4.3. Ampère.....	250
4.3.1. Une candidature mouvementée	250
4.3.2. Les cours d'Ampère au Collège de France.....	251
5. BIOT ET LA CHAIRE DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE.....	255
CONCLUSION	257
BIBLIOGRAPHIE.....	264
ARCHIVES CONSULTÉES.....	264

OUVRAGES DE LITTÉRATURE PRIMAIRE EN SCIENCES PHYSIQUES	266
OUVRAGES DE LITTÉRATURE SECONDAIRE	267
INDEX DES NOMS	279
ANNEXE 1 :	285
UN PANORAMA DES LIVRES PRESENTS AU COLLEGE DE L'ORATOIRE DE NANTES	285
ANNEXE 2 :	297
UNE TYPOLOGIE DU MATERIEL DE PHYSIQUE AU TRAVERS DES COLLECTIONS DU COLLEGE DE L'ORATOIRE DE NANTES, DU COLLEGE DE L'ORATOIRE D'ANGERS ET DU COLLEGE ET ECOLE MILITAIRE D'AUXERRE. 297	
Tableau comparatif des trois collections	298
Description des appareils destinés aux expériences de physique	298
1. Le marteau d'eau	298
2. Le fuseau philosophique.....	300
3. Levier des trois genres	300
4. Modèle de grue.....	301
5. Force centrifuge.....	302
6. La balance hydrostatique	303
7. Pompe à feu	304
8. Éolipyle.....	305
9. La machine pneumatique.....	306
10. Fontaine de compression	306
11. La fontaine de Héron.....	307
12. Les miroirs ardents	308

13. Lanterne magique	309
14. Machine électrique	310
15. Bouteille de Leyde.....	312
16. Pistolet de Volta.....	313
L'émergence d'une collection type	314
ANNEXE 3 :	316
LE MEMOIRE DE MONGE SUR LA SYNTHÈSE DE L'EAU	316
Repères chronologiques.....	316
Les expériences de Monge	316
Les résultats, leur exploitation.....	317
Les suites de cette expérience	318
ANNEXE 4	331
LE MATERIEL INVENTORIE PAR FORTIN POUR LE COLLEGE DE FRANCE	331
ANNEXE 5	339
MISE EN PERSPECTIVE HISTORIQUE DE LA FORMATION D'INGENIEURS MILITAIRES EN FRANCE.....	339
1. L'art des fortifications.....	339
2. Changements de stratégie militaire et armes savantes	341
3. Le siècle de Louis XIV et Monsieur de Vauban	344
4. Les guerres de Succession et la nécessité reconnue d'une formation uniforme pour les ingénieurs du Génie	349

4.1. L'histoire jusqu'au tournant de 1743	350
4.2. Maurice de Saxe ou l'art de savoir utiliser un bon outil	351
4.3. De la nécessité de réformer la formation des ingénieurs.....	352
4.4. Des écoles déjà pour d'autres spécialités	353
4.5. Une création dans l'air du temps.....	354
4.6. L'originalité de Mézières.....	355
4.7. Le projet du chevalier de Chastillon en 1749	355
ANNEXE 6	358
ELEMENTS SUR LES PROFESSEURS ET LES ENSEIGNEMENTS DES CHAIRES DE PHILOSOPHIE GRECQUE ET LATINE AU COLLEGE DE FRANCE AVANT 1750	358
1. Pierre Varignon, professeur royal jusqu'en 1722	358
2. Michel Morus, professeur royal jusqu'en 1720	360
3. Jean Terrasson, professeur royal de 1720 à 1749.....	362
4. Joseph Privat de Molières, professeur royal de 1723 à 1742.....	365
5. Jean Paul de Gua de Malves, professeur royal de 1742 à 1749	368
BIOGRAPHIES PEDAGOGIQUES	370

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Les machines du cours de Pellerin (1769)	48
Figure 2: La pompe à vide du cours de Pellerin (1769)	49
Figure 3 : Planche XXI tome 2 <i>Description et usage d'un cabinet...</i> de Sigaud de Lafond	62
Figure 4: Frontispice de l'Essai sur l'électricité des corps.....	81
Figure 5: Le globe céleste de Nollet dédié à la duchesse du Maine	87
Figure 6: Leçons de physique expérimentale, tome 3, planche 9.....	176
Figure 7: Leçons de physique expérimentale, tome 4, planche 2.....	178
Figure 8: <i>Lectures of Experimental Philosophy</i> de Desaguliers, 1719.	211
Figure 9: Machine pneumatique des <i>Hydrostatical and Pneumatical Lectures</i>	214
Figure 10: La machine d'Atwood	216
Figure 11: Henry Cavendish.....	219
Figure 12: La balance de Cavendish	222
Figure 13 : Le marteau d'eau <i>Leçons de physique expérimentale</i> de Nollet.....	299
Figure 14 : Plan incliné et bicône <i>Description et usage d'un cabinet de physique</i> de Sigaud de Lafond	300
Figure 15 : Modèle de grue <i>Leçons de physique expérimentale</i> de Nollet.....	301
Figure 16 : Appareil pour la force centrifuge <i>Leçons de physique expérimentale</i> de Nollet	303
Figure 17: Balance hydrostatique <i>Description et usage d'un cabinet de physique</i> Sigaud de Lafond	304
Figure 18: Pompe à feu <i>Leçons de physique expérimentale</i> Nollet.....	305
Figure 19: Machine pneumatique <i>Description et usage d'un cabinet de physique</i> Sigaud de Lafond	306
Figure 20: Fontaine de compression <i>Leçons de physique expérimentale</i> Nollet	307
Figure 21 : La fontaine de Héron <i>Description et usage d'un cabinet de physique...</i> de Sigaud de Lafond	308
Figure 22: Miroirs ardents Collection du lycée Émile Zola à Rennes	309

Figure 23: Lanterne magique <i>Leçons de physique expérimentale</i> Nollet	310
Figure 24 : Machine électrique <i>Leçons de physique expérimentale</i> de Nollet	311
Figure 25 : Machine de Ramsden <i>Précis historique et expérimental...</i> Sigaud de Lafond	312
Figure 26: La bouteille de Leyde <i>Essai sur l'électricité des corps</i> Nollet.....	313
Figure 27: Pistolet de Volta Collection de l'université Claude Bernard à Lyon.....	314

LISTE DES ABREVIATIONS

ACF : Archives du Collège de France

ADLA : Archives départementales de la Loire Atlantique

AEP : Archives de l'École Polytechnique

AMN : Archives municipales de Nantes

AN : Archives nationales

MdN : Médiathèque de Nantes

SHD : Services historiques de la Défense

INTRODUCTION

La période qui s'étend de 1750 à 1830 correspond en Europe à la reconfiguration de la physique qui se caractérise entre autres par la mise en mathématique de phénomènes comme la chaleur et l'électricité, par la prise en compte de l'état gazeux et des quantités impondérables et par la création de la cristallographie qui quitte, avec la chimie, l'histoire naturelle, laquelle va être appelée « biologie » par Lamarck. Or la physique s'enseigne et cette thèse s'intéresse aux conditions de l'expérimentation dans l'enseignement de la physique et de la chimie sur cette période de 80 ans afin de déterminer la place de l'expérimentation dans la formation des savoirs scientifiques. Nous entendons par expérimentation le terme spécialisé par lequel on désigne une intentionnalité structurée de mener des expériences au sens scientifique du terme. Elle fait suite à ma recherche de DEA qui avait pour titre « Expérimentation et enseignement à l'École royale du génie de Mézières ». Il s'agissait de mettre en perspective historique ce lieu de formation et en particulier de savoir si un enseignement expérimental des sciences physiques y avait existé et avait en cela influencé celui de l'École polytechnique.

Cette période fut d'abord considérée par les historiens et les sociologues des sciences comme un âge d'or, suivi d'une période où la science et la technologie française déclinait au profit de l'Angleterre et de l'Allemagne. Mais cette thèse décliniste qui datait des années 1970, pour reprendre les termes de Fabien Locher², fut remise en cause dans la décennie 1976 - 1986, entre autres suite aux travaux de Robert Fox. Certes l'École centrale forme des ingénieurs civils depuis sa création en 1829, mais cette création a été suivie par celle de Centrale Lyon en 1857, cette dernière inspirant le modèle des INSA un siècle plus tard, modèle toujours en vigueur et considéré comme novateur et quant à la III^e République, elle a mis en place un système universitaire de qualité³. Ces travaux de sociologie historique des acteurs et des institutions ont permis la création de biographies et de dictionnaires collectifs dus entre autres à des

² LOCHER F. « Les sciences et les techniques dans l'enseignement supérieur français (XIX^e - XX^e siècles) », *Histoire de l'éducation*, 2009, 122.

³ Les facultés de chaque académie constituent désormais une université au chef-lieu de l'académie par la loi du 16 juillet 1896, loi due en grande partie à Louis Liard, directeur de l'enseignement supérieur depuis sa nomination par Jules Ferry en 1884.

collaborations entre l'INRP et le SHE⁴, mais consacrés essentiellement à l'enseignement supérieur via aussi l'historiographie des grandes écoles.

En même temps, les travaux de l'INRP et du SHE ont mis en avant l'intérêt d'études sur les établissements secondaires, pour employer un terme très général et anachronique⁵, mais très vite en dépassant le stade de la monographie. Dans l'introduction de la revue *Histoire de l'éducation* consacrée à l'établissement scolaire, Marie-Madeleine Compère et Philippe Savoie⁶ indiquaient que l'intérêt de l'étude d'établissements scolaires, intérêt finalement assez récent, résidait dans le choix d'une problématique applicable à l'établissement étudié et généralisable à d'autres. Peu ou pas d'études ont toutefois pris en compte à la fois des établissements secondaires et des établissements de l'enseignement supérieur reliés par une problématique commune.

Des établissements d'enseignement n'ont de sens qu'avec des personnels enseignants. Or, s'il existe des biographies de scientifiques notoires évoquant leur expérience d'enseignant quand ils l'ont été, comme par exemple Gaspard Monge ou André-Marie Ampère, il y a peu de recherches sur les personnels qui remplissent des fonctions d'enseignement. L'ouvrage de Boris Noguès⁷ a commencé à remplir ce vide, mais il s'intéresse aux personnels des collèges parisiens et il souligne dans son étude que les sources sont souvent lacunaires. Le croisement de différentes sources permet toutefois de constituer un tableau.

⁴ L'Institut français de l'Éducation (IFÉ) a succédé à l'Institut national de la recherche pédagogique dissous en 2010. L'équipe « Histoire de l'éducation » du LAHRA (UMR CNRS 5190), provient du Service d'histoire de l'éducation (SHE).

⁵ La dénomination « école secondaire » apparaît dans le premier article de la loi du 1^{er} mai 1802 qui distingue trois types d'établissement : les écoles primaires, établies par les communes, les écoles secondaires, établies également par les communes ou bien par des maîtres particuliers et enfin les lycées créés par cette loi. Le décret du 17 mars 1808, qui précise l'organisation de l'Université impériale fondée deux ans auparavant, s'il ne parle pas encore d'établissements secondaires, distingue néanmoins trois niveaux : les petites écoles ou écoles primaires :

où l'on apprend à lire, à écrire et les premières notions du calcul

les facultés, représentant l'enseignement supérieur, et tout le reste, c'est à dire ce qui englobe par ordre de préséance et de niveau d'étude décroissant les lycées, les collèges ou écoles secondaires communales, les institutions et les pensions.

⁶ COMPERE M.M. (dir.) SAVOIE P. (dir.) « L'établissement scolaire et l'histoire de l'éducation », *Histoire de l'éducation*, 2001, 90.

⁷ NOGUÈS B. *Une archéologie du corps enseignant. Les professeurs des collèges parisiens aux XVII^e et XVIII^e siècles (1598-1793)*, Paris : Belin, 2006.

Un établissement scolaire, ce sont aussi des élèves pour lesquels une politique d'éducation a été mise en place dans un cadre institutionnel complexe. En particulier l'enseignement secondaire, phénomène urbain, a sa population scolaire en interaction avec la ville comme l'ont montrés les travaux de Marc Suteau sur la ville de Nantes et ses écoles⁸. Mais, tout comme les études sur l'enseignement supérieur français que nous avons évoquées, son étude porte en bonne partie sur la période de la III^e République. Il en est de même pour les nombreux travaux de Nicole Hulin qui a étudié la bifurcation fondamentale entre filière scientifique et filière littéraire lors du Second Empire et la grande réforme de l'enseignement de 1902⁹, des événements bien évidemment majeurs pour l'enseignement scientifique en France.

Enfin, un établissement scolaire c'est un lieu d'enseignement de différentes disciplines, entre autres scientifiques. Or, dans le cas de celles-ci, ce sont souvent les mathématiques seules qui ont fait l'objet d'études détaillées comme celle de Bruno Belhoste consacrée aux mathématiques au collège de l'Oratoire¹⁰, où il rappelait à l'époque que l'étude de Pierre Costabel consacrée à l'enseignement scientifique à l'Oratoire réalisée en 1964 restait la seule synthèse sur cette question. Des travaux plus récents comme ceux de Caroline Ehrhardt portent sur l'identité sociale d'un enseignant mais mathématicien¹¹, tout comme ceux d'Olivier Bruneau¹² et si Claudette Balpe a abordé effectivement la question de l'enseignement de la physique¹³, la période 1750 - 1830 y est finalement peu étudiée¹⁴ et constitue un domaine de recherches actuelles comme celles menées par Danielle Fauque concernant par exemple les

⁸ SUTEAU M. *Une ville et ses écoles. Nantes, 1830 - 1940*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 1999.

⁹ HULIN N (dir.) *Physique et humanités scientifiques. Autour de la réforme de l'enseignement de 1902*, Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, 2000.

¹⁰ BELHOSTE B. « L'enseignement des mathématiques dans les collèges oratoriens au XVIII^e siècle » in *Le collège de Riom et l'enseignement oratorien en France au XVIII^e siècle*, EHRARD J. (dir.), Paris : CNRS-éditions, et Oxford : Voltaire foundation, 1993.

¹¹ EHRHARDT C, « L'identité sociale d'un mathématicien et enseignant », *Histoire de l'éducation*, n°123, 2009.

¹² « Approches sociohistoriques de l'enseignement et de la recherche en mathématiques à Metz entre 1750 et 1870 », <https://mshl.hypotheses.org/612>.

¹³ BALPE C. *Enseigner la physique au collège et au lycée. Une approche historique*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2001.

¹⁴ C'est toutefois l'étude de Claudette Balpe sur les écoles centrales qui a inspiré mon approche par l'expérimentation : BALPE C. « Constitution d'un enseignement expérimental : La physique et chimie dans les écoles centrales », *Revue d'histoire des sciences*, t.52, n°2, 1999.

instruments de navigation¹⁵. Et plus généralement les enjeux entre disciplines académiques et disciplines d'enseignement sont un sujet d'étude qui présente un intérêt tout particulier concernant les mathématiques appliquées et la physique expérimentale, sujet d'étude qui a déjà montré de nombreuses complexités quand il s'est agi de définir les frontières entre les mathématiques, la physique et la physique mathématique.

Cette recherche, née d'un double intérêt, d'une part celui de l'historien des sciences qui étudie les lieux et les acteurs de la science en train de se construire et de se diffuser, et d'autre part celui du physicien professeur de sciences physiques qui regarde les pratiques de ses prédécesseurs, entend donc mettre en perspective un « âge d'or » finalement peu étudié dans le détail de ses rouages avec des établissements scolaires qui seraient à la fois du domaine de notre enseignement secondaire et de notre enseignement supérieur.

« Comment peut-on être physicien ? », physicien au sens d'utilisateur de la physique et de la chimie, est la question qui a guidé ma méthode d'étude. Sur l'exemple de celle concernant Dortous de Mairan menée par Irène Passeron et Olivier Bruneau¹⁶, c'est en imaginant ce qu'aurait pu être le parcours idéal d'un jeune provincial arrivant aux plus hautes sphères de la science que j'ai construit ma démarche. Là encore, les scientifiques notoires permettent de justifier cette approche. Sigaud de Lafond, formé au collège jésuite de Bourges, auditeur de cours publics de physique expérimentale à Paris pour ensuite créer son propre cabinet, Monge, formé au collège de l'Oratoire de Beaune puis remarqué par le commandant en second de l'École royale du génie de Mézières, Fourier, élève d'une école militaire à Auxerre tenue par les Bénédictins puis auditeur du même Monge à l'École normale de l'an III, Ampère, autodidacte lyonnais recruté ensuite comme professeur de l'école centrale de Bourg en Bresse, comment et par quelles interactions aurait-on pu se former en sciences physiques et quelle part y avait l'expérimentation ?

Je fais l'hypothèse que l'interaction entre l'expérimentation et l'enseignement des sciences physiques ne peut être aboutie que s'il y a comme objectif de former des ingénieurs ou tout au moins des hommes de l'art. Nous verrons que les ressources de formation ne manquaient

¹⁵ FAUQUE D. « Le mégamètre de Charles-François de Charnières (1766 - 1774) », in JULLIEN V. (dir.), *Le calcul des longitudes : un enjeu pour les mathématiques, l'astronomie, la mesure du temps et la navigation*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2002.

¹⁶ BRUNEAU O. PASSERON I. « Des lions et des étoiles : Dortous de Mairan, un physicien distingué » in *Revue d'Histoire des Sciences*, Paris : Armand Colin, 2015, t.68.

pas, que des pratiques expérimentales de tous ordres existaient, mais que la formation d'ingénieur est la seule qui structure cet enseignement mêlant pratique expérimentale et connaissances de la physique et de la chimie et que son absence fait que l'expérimentation n'est pas fondamentale dans l'institutionnalisation des connaissances. Sur trois lieux emblématiques de l'enseignement des sciences physiques, à savoir un collège oratorien, une école d'ingénieurs et une sorte d'objet non identifié dans le monde éducatif français, je porterai un regard d'enseignant : pendant les cours de sciences physiques, les expériences venaient-elles en appui du cours, ont-elles évolué vers des travaux pratiques avec des objectifs pédagogiques, ou bien s'agissait-il d'expériences reproduisant les recherches des scientifiques qui disposaient avec les moyens d'enseignement de matériels accessibles à leurs finances ? L'étude est une mise en perspective historique de l'enseignement et de la didactique des sciences physiques, le mot didactique étant pris dans son sens ancien, à savoir l'ensemble des conditions favorisant l'apprentissage intellectuel d'une discipline dans une classe. Il faut s'intéresser aux conditions de l'expérimentation, mais il faut aussi s'intéresser aux discours didactiques des professeurs de sciences physiques. Quelle valeur donne-t-on à l'expérience ? Les recherches en didactique des sciences physiques ont montré que c'est une question clé pour l'élaboration de l'enseignement lui-même. Comment construire à partir de faits expérimentaux un raisonnement qui peut contredire notre sens commun¹⁷ ou des convictions religieuses ? La pédagogie des enseignants de sciences physiques de la période étudiée a une logique, une cohérence qu'il faut mettre en évidence en allant au delà d'un simple bilan des connaissances de l'époque en sciences physiques et de leur apprentissage. Pour ne citer qu'un seul exemple, on ne peut que s'étonner du fait que des ingénieurs du génie militaire avant la Révolution voient pendant leur formation des expériences d'électrostatique à une époque où le métier d'ingénieur électricien n'avait aucune chance d'exister, voire même d'être simplement envisagé. Les problèmes théoriques de l'électricité ne seront d'ailleurs réglés qu'un siècle et demi plus tard.

Si des liens avec la didactique apparaissent clairement, c'est néanmoins avec une méthodologie d'histoire des sciences que je me propose d'étudier le sujet, ce qui permettra d'éviter l'anachronisme, ainsi qu'avec un regard de physicien car lors de l'étude de ces quelques lieux d'enseignement français, j'évoquerai les expériences réalisées. Les récits d'expériences,

¹⁷ Voir à ce sujet VIENNOT L, *Raisonnement en physique, la part du sens commun*, Paris et Bruxelles : De Boeck Université, 1996.

l'étude de celles-ci en particulier dans le cas des expériences « simples », la répétition, l'échec, bref le quotidien de l'enseignant de sciences physiques vu du côté professeur, mais aussi du côté des élèves. C'est de là que vient tout particulièrement le choix des trois cas étudiés en trois parties distinctes à savoir le collège de l'Oratoire de Nantes et ses successeurs, l'École royale du Génie de Mézières avec l'École Polytechnique et enfin le Collège de France car je dispose de documents à leur sujet. Au delà des expériences elles-mêmes, j'étudierai leurs exploitations. D'abord sur un aspect pratique, à savoir les appareils utilisés, la qualité de leur mesure et en particulier l'influence du système métrique et du système décimal sur la précision des résultats. Sur un plan plus théorique, après avoir évoqué le rôle du dessin seul moyen, avec le récit, de communication des résultats, nous ferons le lien avec les outils mathématiques pour élargir à la construction du savoir scientifique lors de cet enseignement car la période choisie n'est pas quelconque. En effet, cette physique peut être qualifiée de nouvelle dans la mesure où si elle se reconfigure, elle se mathématise également. De science parfois purement expérimentale mais avec des contours assez flous, la physique devient à la fois expérimentale et formalisée. Les expériences d'électrostatique de Coulomb en sont le parfait exemple. Dès lors, les allers et retours entre l'expérience et la théorie doivent être évoqués, particulièrement à une époque où des enseignants en même temps chercheurs comme Gaspard Monge enseignent conjointement la physique et les mathématiques.

La mise en parallèle de ces trois institutions peut ne pas paraître naturelle. En fait, elle correspond à un double objectif. Le premier est que l'exercice académique d'une thèse doit amener une part de nouveautés dans le sujet étudié ce qui est le cas ici, l'enseignement des sciences physiques et l'expérimentation dans ces trois établissements n'ayant pas été jusqu'à présent étudiés sous l'angle que je me propose de développer. Le second objectif est que s'il y a une certaine focalisation sur ces trois institutions, focalisation justifiée par le fait que ce sont des lieux emblématiques, elles vont également nous servir de point d'ancrage afin de regarder autour d'elles dans un plus vaste panorama leurs contemporaines et rechercher les éventuelles interactions entre ces lieux de formation mais aussi de diffusion de la science aussi bien en termes de connaissances que de pratiques.

Je débiterai donc par une approche micro-historique que j'ai menée au niveau de Nantes, remarquable de continuité avec le collège des Oratoriens, suivi d'un éphémère Institut national, son évolution en école centrale, en lycée et enfin en collège royal avec la Restauration. Je l'ai choisie parce qu'il existe des archives, des thèses, des cours, et que Fouché lui même fut

professeur de physique au collège. C'est aussi une réalité pratique, un jeune provincial va souvent étudier d'abord au plus près de chez lui. Ce lieu permet ainsi une étude continue sur une période allant de 1750 à 1830. Nous disposons de bien des recherches partielles et de sources secondaires, et les spécificités nantaises vont me permettre d'avoir une vision plus fine des interférences entre un collège oratorien, qui représente dans le cas de Nantes un lien avec l'enseignement supérieur universitaire, et son milieu car une université est à la fois une communauté ayant rang dans la cité mais son rôle dépasse aussi le cadre local. Nous évoquerons aussi des lieux alternatifs d'enseignements, car l'on ne peut ignorer le rôle des salons dans la société du XVIII^e siècle ainsi que les cours publics. Était-ce une possibilité à Nantes ? Enfin la riche descendance de ce collège sera l'occasion de mettre en perspective les évolutions de l'enseignement de la physique au travers de ses successeurs.

Une carrière de physicien, cela aussi peut se faire en intégrant une école militaire, et en particulier l'École royale du Génie de Mézières, puis l'École Polytechnique. Il s'agira bien de voir l'évolution d'un enseignement scientifique et de ses conditions. Nous disposons d'une littérature abondante sur ces écoles qui décrit les contenus, les professeurs, les horaires. Plus rarement peut-on trouver des descriptifs précis de l'instrumentation scientifique utilisée. Quels objectifs le professeur souhaitait-il atteindre avec les expériences permises par le matériel de cette machine ? Voilà ce qui permet de décrire la réalité d'un enseignement de la physique. Cet enseignement a-t-il été un modèle pour les autres écoles d'ingénieurs sur cette période et il y a-t-il déjà une spécificité française des grandes écoles ? Nous étudierons également à cette occasion des lieux similaires concernant l'enseignement de la physique en Angleterre et en Europe. Le sens du mot physique y fera question.

Le dernier lieu étudié sera le Collège de France. Car on peut enfin monter à Paris et suivre sans aucune démarche les cours de cet établissement. Nous aurons l'occasion d'évoquer également la physique à l'École normale de l'an III, sans en faire néanmoins une étude particulière grâce d'une part à la publication des cours¹⁸ et d'autre part parce que suivre les cours de cette école, qui ont fonctionné pendant très peu de temps, suppose déjà une démarche réfléchie de son auditeur, pour ne pas dire un projet professionnel abouti, car il s'agissait d'y former les futurs professeurs des écoles centrales. Nous aurons toutefois l'occasion de présenter la place de

¹⁸ GUYON, É.(dir.) *L'École normale de l'an III Leçons de physique de chimie d'histoire naturelle*, Paris : Rue d'Ulm, 2006.

l'expérimentation dans ce cours et de voir quelles influences elle a pu avoir. Le Collège de France donc, cette institution si originale en ce sens qu'elle est totalement désengagée de toutes contraintes, l'absence d'examen ou de concours tant d'entrée que de sortie en fait jusqu'à ce jour une exception française. Quelle place réserve-t-on à l'expérimentation dans l'enseignement des sciences physiques lorsque l'enseignant a toutes libertés ?

Cette étude n'est donc pas qu'une étude sur la seule question de l'expérimentation en physique, ni une étude sur l'enseignement de la physique et encore moins sur la physique elle-même, c'est une étude qui porte sur les interactions entre les trois et au-delà de la question de savoir en quoi l'enseignement des sciences physiques et en particulier les conditions dans lesquelles s'est déroulée l'expérimentation ont-elles contribué à la formation des savoirs scientifiques, je montrerai que ce sont les mises en tension des sciences physiques, entre science du savant et science appliquée de l'ingénieur par la place que l'on assigne à l'expérimentation, qui ont construit son enseignement et lui ont fait sens. Je montrerai également que nous nous inscrivons dans l'idée d'une complexité de dynamiques sur cette période s'opposant en cela à l'idée d'une coupure entre le XVIII^e et le XIX^e siècle, comme les travaux coordonnés par Christian Gilain et Alexandre Guibaud l'ont montré pour les sciences mathématiques¹⁹.

¹⁹ GILAIN C. GUILAUD A.(dir), *Sciences mathématiques 1750-1850. Continuités et ruptures*, Paris : CNRS Éditions, 2015.

PREAMBULE : LE MOT « PHYSIQUE » AVANT 1750

Nous allons nous intéresser à l'expérimentation ainsi qu'à la physique dans le cadre de l'enseignement de cette dernière. Derrière ces noms, des conceptions complexes donnent un cadre aux éléments étudiés. Aussi, afin d'éviter la confusion lors de l'emploi de termes dont la signification a considérablement évolué jusqu'à notre époque, il nous faut faire un premier état de ces significations et des modèles associés, ce qui nous empêchera pas de revenir régulièrement sur la vision qu'ils impliquent.

Tel est l'emploi du mot « physique » qui comporte de nombreux pièges sur ses significations voire sur des métiers aux contours encore mal définis, ou en tout cas en discussion au moment où nous commençons notre étude.

Pourtant, presque un siècle auparavant, lors de sa première réunion en 1666, l'Académie des sciences, qui n'est pas encore royale, comprend déjà sept « mathématiciens » et sept « physiciens » selon les deux classes de l'Académie. La classe des « mathématiciens » est constituée d'Adrien Auzout, Jacques Buot, Pierre de Carcavi, Bernard Frénicle de Bessy, Christian Huyghens, Jean Picard, Gilles Personne de Roberval et celle des « physiciens » de Claude Bourdelin, Marin Cureau de la Chambre, Samuel Cottureau du Clos, Louis Gayant, Nicolas Marchant, Jean Pecquet et Claude Perrault.²⁰ Plus précisément, chacun d'entre eux est qualifié d'une dénomination qui préfigure les futures sections constituant les classes, et qui donne la répartition suivante :

MATHÉMATIENS		PHYSICIENS			
Astronomes	Géomètres	Anatomistes	Botanistes	Chimistes	Physiciens
A. Auzout	J. Buot	L. Gayant	N. Marchant	C. Bourdelin	M. C. de la Chambre
J. Picard	P. de Carcavi	J. Pecquet		S. C. du Clos	C. Perrault
	B. F. de Bessy				
	C. Huyghens				
	G. P. de Roberval				

²⁰ Le tome II de *l'Histoire de l'Académie royale des sciences depuis 1686 jusqu'à son renouvellement*, paru en 1733 mentionne pour chacun d'entre eux l'année 1666 comme année de réception. Il convient de rajouter aux sept mathématiciens et aux sept physiciens cités les noms de Jean-Batiste du Hamel, qui est le secrétaire de l'Académie, ainsi que ceux des six élèves que sont Claude-Antoine Couplet, Edme Mariotte, Antoine Niquet, Pivert, Jean Richer et de La Voye Mignot.

Or, lorsque l'on regarde les activités de ces premiers académiciens, la classe des physiciens comporte effectivement des « physiciens » en titre en tout cas, mais aussi des anatomistes, un botaniste et des chimistes²¹, c'est à dire des savoirs relevant davantage des sciences naturelles. De plus, les deux « physiciens » ont en fait des occupations bien différentes malgré une même dénomination car, s'ils sont en fait tous les deux médecins²², Marin Cureau de la Chambre est effectivement le médecin ordinaire du roi depuis 1650 mais Claude Perrault est surtout devenu architecte et anatomiste. Nos actuels physiciens seraient plutôt à chercher du côté des géomètres de la classe des mathématiciens. En effet, s'il est vrai que Christian Huyghens, qui pourrait aussi appartenir à la classe des astronomes pour sa découverte de Titan, s'est intéressé aux probabilités, il est surtout reconnu à notre époque comme un physicien. Quant à Gilles Personne de Roberval, il est à la fois un mathématicien initiateur de la géométrie infinitésimale mais aussi un physicien pour la mise au point de sa balance et la publication de son *Traité de mécanique*.

On voit donc que les distinctions sont loin d'être simples. Il est alors intéressant de regarder ce que dit le dictionnaire d'Antoine Furetière paru en 1690, le projet initial de ce dictionnaire étant justement d'être consacré aux termes des arts et des sciences²³. La physique y est définie ainsi :

Science des causes naturelles qui rend raison de tous les phénomènes du ciel et de la terre.

Quant au physicien, il est celui

Qui connaît la nature, qui rend raison de ses effets, qui sait ou qui enseigne la physique.

²¹ Claude Bourdelin est apothicaire et Samuel Cottureau du Clos est venu à la chimie par la médecine.

²² En anglais, *physician* désigne toujours un médecin, sens que le terme *fisicien* avait aussi au Moyen-Âge en ancien français.

²³ Plus précisément le *Dictionnaire Universel contenant généralement tous les mots françois tant vieux que modernes & les termes de toutes les Sciences & des Arts*. L'Académie française a reproché à Furetière d'avoir outrepassé ce qui avait été convenu sur le contenu de son dictionnaire, à savoir qu'il devait se limiter effectivement aux sciences et aux arts. Mais Antoine Furetière met également des mots de la langue usuelle. Accusé de plagiat, chassé de l'Académie, Furetière mourra avant d'avoir vu son dictionnaire publié, mais seulement à La Haye et à Rotterdam.

La cause, puisqu'il en est question, semble entendue : la physique est la science des causes naturelles expliquant et justifiant les phénomènes du ciel et de la terre. Mais plus que la définition elle-même d'Antoine Furetière, ce sont les phrases avec un exemple d'emploi du mot « physique » qui nous permettent quelques développements car en effet, suite à cette définition, nous pouvons trouver :

Les observations faites par la Société d'Angleterre ont porté la *physique* à un haut degré de perfection.

La *physique* d'Aristote, de Descartes.

La *physique* des Collèges est un pur galimatias.

Aristote, Descartes, les collèges et même la Royal Society, la physique a une origine et un cadre plus complexe que la science des causes naturelles et nous avons ici quelques clés afin de mieux comprendre ce qu'elle représente.

Sans évoquer tout d'abord de manière approfondie l'apport d'Aristote à la philosophie, ce qui n'est pas notre propos ici, il faut toutefois rappeler quelques éléments clés car la philosophie d'Aristote est bien un élément fondamental pour appréhender les enjeux du mot « physique ». Après les premières cosmogonies basées sur la mythologie et une hiérarchie divine expliquant le monde, les philosophes de l'École milésienne comme Thalès avaient développé une cosmologie sans dieux où le principe de toute chose est une certaine nature, « φύσις » en grec. C'est dans cette tradition que s'inscrit Aristote dont les textes, classés plus de deux cent ans après sa mort, comprennent entre autres *Physique*, qui établit les principes généraux de la connaissance des êtres constituant le monde. Pour Aristote, la physique est la science seconde²⁴, qui comprend deux aspects principaux à savoir une théorie du mouvement d'une part, et une cosmologie d'autre part où la Terre est au centre d'un univers clos composé de plusieurs sphères. De plus, chez Aristote, lorsque l'on doit rendre compte d'un événement ou d'un objet, il faut prendre en compte quatre causes : la cause matérielle, la matière qui constitue l'objet par exemple, la cause efficiente, c'est à dire ce qui peut produire ou modifier l'objet, la cause formelle qui concerne l'essence même de l'objet, ce qui l'organise, et la cause finale, ce pourquoi l'objet est fait. On voit donc que la physique aristotélicienne va bien au delà de la mécanique lorsqu'il s'agit de cause. Seule la cause

²⁴ La science première est la *Métaphysique*, appelé ainsi car édité après (méta) la *Physique*. La métaphysique, terme qu'Aristote n'a jamais employé, n'est pas aisée non plus à déterminer. C'est à la fois la science de « l'être en tant qu'être » mais aussi celle des premiers principes et des premières causes, ce qui se rapproche de la théologie.

efficace pourrait s'en approcher. Il y a même plus encore : pour Aristote, comme pour d'autres philosophes de l'Antiquité, la nature elle-même est un type de cause immanente, opposé au monde artificiel de l'humain.

La fin de l'Empire romain provoque une éclipse de l'œuvre d'Aristote et il faut attendre le milieu du XIII^e siècle pour que celle-ci devienne non seulement accessible²⁵ mais, mieux encore, qu'elle devienne en plus, après quelques tribulations, la doctrine officielle de l'Église grâce à son adaptation à la pensée chrétienne due à Thomas d'Aquin.

Or, c'est par ce biais que la physique apparaît aussi dans les collèges, avec quelques réserves semble-t-il de la part de Furetière, car « physique » est à la fois le nom d'une des classes de philosophie, classes qui terminent le cursus d'étude du collège, ainsi que la matière justement étudiée dans cette classe. Et il se trouve qu'Aristote fait partie des auteurs de prédilection qui y sont étudiés. Nous reviendrons plus loin sur ces classes de physique et sur la matière elle-même dans la partie consacrée au collège de l'Oratoire où nous verrons si le terme « galimatias » de Furetière est approprié, mais nous voyons en tout cas l'ensemble des champs recouverts par le terme « physique ».

Puisque nous en sommes à interroger la signification du mot physique, peut-être est-il intéressant de regarder les définitions de Furetière sur les sciences connexes que nous rencontrerons forcément dans notre étude, à savoir les mathématiques et la chimie. Ainsi pour Mathématique, nous trouvons

Mathématique. Science qui s'attache à connaître les quantités et les proportions. La quantité continue est l'objet de la géométrie, de la trigonométrie, des sphériques, des sections coniques, de l'algèbre spacieuse²⁶. La quantité discrète est l'objet de l'arithmétique, de l'algèbre commune. Les proportions font l'objet de la musique, de l'architecture, de la perspective.

Furetière indique également que l'optique, la catoptrique²⁷, la dioptrique, tout comme l'astronomie et la gnomonique²⁸ ainsi que les mécaniques²⁹ font partie des mathématiques car

²⁵ Par le biais de l'arabe et de sa traduction en latin.

²⁶ L'algèbre spacieuse utilise des lettres, à la différence de l'algèbre vulgaire ou commune qui fait des opérations sur les nombres.

²⁷ La partie de l'optique géométrique qui concerne la réflexion sur les miroirs. La dioptrique concerne la réfraction.

²⁸ La science des cadrans solaires.

²⁹ C'est le terme pour tout ce qui concerne les machines simples comme les leviers par exemple.

utilisant les angles dans leurs principes. Ainsi, des savoirs qui font partie pour nous de la physique, en raison de leur degré de mathématisation à l'époque de Furetière, sont considérés comme faisant partie des mathématiques qui

tiennent le premier lieu entre les sciences, parce que ce sont les seules qui sont fondées sur des démonstrations infaillibles.

Cette précision est sans doute d'importance et nous aurons l'occasion d'évoquer ce fait déjà établi d'infaillibilité pour ne pas dire d'incontestabilité des mathématiques.

En ce qui concerne la chimie, Furetière indique que c'est la

Science qui fait ses opérations sur tous les corps naturels, qu'elle réduit jusque dans les moindres parties et jusque dans leur principe.

Si cette définition évoque encore un peu l'alchimie, Furetière s'empresse néanmoins d'insister sur l'aspect utile de la chimie à qui l'on doit

l'invention des choses les plus nécessaires à la vie, comme la préparation des métaux et de la plupart des remèdes.

A travers ces définitions de 1690, nous voyons finalement que les mathématiques et la chimie ne sont guère éloignées du sens que nous leur donnons actuellement, et qu'en tout cas l'emploi des termes « mathématiques » et « chimie » ne prêteront pas à confusion. Il en est tout autrement du mot « physique », qui, non content d'englober des savoirs hors de notre actuelle physique en exclut d'autres en même temps et correspond également à une conception différente de la nature que la physique prétend étudier. Nous aurons donc régulièrement l'occasion de préciser dans quel cadre le mot « physique » fait sens au cours de notre étude et nous verrons également que le mot « expérimentation » nécessitera un cadre le moment venu.

PARTIE I

SCIENCES PHYSIQUES ET EXPERIMENTATION A NANTES : DU COLLEGE ORATORIEN AU LYCEE IMPERIAL

Des établissements bien différents se sont succédés à Nantes. Entre le collège oratorien, l'Institut national, l'école centrale puis le lycée impérial, comment la science et les pratiques de la capitale sont-elles vécues et transmises en province, le caractère directif de Paris à partir de la Révolution devenant nettement marqué ? Y a-t-il une spécificité régionale pour l'enseignement des sciences physiques, due par exemple à l'ordre des Oratoriens ou à la ville de Nantes ? Ou bien quelles autres circonstances peut-on envisager ? Il nous faut ainsi interroger les pratiques hors de l'établissement scolaire, car il n'est pas le seul lieu de vie de la physique expérimentale, bref, comment peut-on devenir physicien expérimental à Nantes ? Telles sont les questions auxquelles l'étude de ce chapitre entend répondre.

1. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES AU COLLEGE DE L'ORATOIRE DE NANTES ET DANS SON ENVIRONNEMENT

1.1. Les collèges sous l'Ancien Régime

Afin de bien comprendre ce que représente la présence d'un collège de l'Oratoire dans une ville comme Nantes, il faut préciser quelques éléments fondamentaux, et nous disposons d'une bonne historiographie que nous citerons au fur et à mesure.

Les collèges sont, à l'origine, des maisons d'étudiants établies autour des universités du XIII^e siècle. Celles-ci se sont structurées en France sur le modèle de l'université de Paris³⁰ en quatre facultés : théologie, droit, médecine et arts. Les trois premières peuvent être qualifiées d'écoles professionnelles, la faculté des arts, elle, est le point de passage obligé pour accéder aux trois autres facultés, mais elle peut aussi bien être la fin des études. Or, à partir du XV^e siècle, les professeurs ont pris l'habitude de donner dans ces collèges des cours préparant à la faculté des

³⁰ DURKHEIM E. *L'évolution pédagogique en France*. Paris : PUF, 1938.

arts. Et c'est ainsi que peu à peu, les collèges deviennent des établissements scolaires avec leur vie propre, confirmant la nécessité pédagogique d'une transition entre l'enseignement élémentaire et l'université.

En parallèle, la communauté des Frères de la Vie commune, un mouvement laïc de dévotion chrétienne créé aux Pays-Bas à la fin du XIV^e siècle, dont la pratique s'appuyait sur la lecture de l'Écriture sainte, avait donc entrepris dans ce but d'instruire la jeunesse. Or, à partir de 1480, le développement de l'imprimerie ayant fait périlcliter l'activité de copie des manuscrits qui était une de leur principale source de revenus, les Frères de la Vie commune multiplient les écoles. Le grand nombre d'élèves qui fréquentent celles-ci, plus d'un millier dans la plupart, est à l'origine d'une nouveauté pédagogique pour des raisons purement pratiques : l'organisation d'une répartition par niveau en huit classes ayant chacune son contenu jusqu'à l'aboutissement du cursus scolaire, la *première* classe. Le développement des écoles des Frères de la Vie commune se limite essentiellement aux Pays-Bas et à la Rhénanie, mais de nombreux humanistes, dont Érasme, sortent de leurs écoles, et c'est un de leurs anciens élèves, Jean Standonck, qui va répandre leurs pratiques en France. Ce dernier, venu achever ses études supérieures à Paris, devient en effet en 1483 le principal du collège de Montaigu, un des collèges de la faculté des arts de Paris, et y importe les méthodes néerlandaises. Sur son exemple, les collèges parisiens adoptent ces mêmes méthodes, à savoir l'organisation en classes, mais aussi des salles avec des bancs rigoureusement alignés, des horaires stricts, des examens pour passer d'une classe à l'autre, car la pédagogie des Frères de la Vie commune est aussi faite d'ascétisme et de discipline, ce qui n'empêche pas l'invention de la récréation dont le but est d'équilibrer le quotidien des collégiens. Ironie du sort, c'est sous le nom de « modus pariensis » que cette pédagogie parisienne importée devient une référence qui à son tour marque Ignace de Loyola³¹ qui en fera la base de la pédagogie des collèges jésuites, des établissements à l'origine créés pour former les Jésuites eux-mêmes mais qui se révèlent efficaces pour lutter contre le développement du protestantisme et de ses collèges.

Les collèges se répandent donc et la plupart sont fondés en France avant 1650. Certains sont créés en dehors d'un cadre universitaire et permettent ainsi d'éviter l'éloignement géographique des adolescents n'ayant pas la chance d'habiter dans une ville pourvue de collèges

³¹ Ignace de Loyola, le fondateur de la Compagnie de Jésus, a été élève au collège de Montaigu mais à l'âge respectable de 37 ans, ayant repris ses études après une première vie en tant que militaire, puis une révélation qui le voit successivement ermite puis pèlerin avant de redevenir étudiant, d'abord en Espagne, puis à Paris.

universitaires des arts, mais dont les parents souhaitent néanmoins qu'ils aient une culture générale. On y trouve

des fils de marchands et de cultivateurs comme des nobles, des laïques comme des clercs³².

En théorie, au XVII^e siècle les collèges scolarisent des garçons groupés en classes ayant chacune leur contenu pédagogique. A partir du « Ratio studiorum³³ » des collèges jésuites, on peut éventuellement entrer en sixième pour améliorer ou acquérir des compétences en lecture et en écriture, voire apprendre les rudiments du latin, ou bien entrer directement en cinquième, pour suivre jusqu'à la troisième un cursus dit des classes de grammaire où l'on étudie essentiellement le latin par la lecture, le thème et la version, chaque classe ayant ses auteurs du programme. Viennent ensuite la classe d'humanité et celle de rhétorique, auxquelles s'ajoutent les deux classes de philosophie appelées classe de logique et classe de physique.

Il y a donc en tout huit classes, mais cette apparente uniformité du cursus scolaire, qui ressemble à l'actuel enseignement secondaire avec ses deux cycles, recouvre en fait une extrême diversité. On peut tout d'abord distinguer des collèges qui n'ont pas ces huit classes³⁴ et de plus de nombreux élèves d'âge très variés ne font pas le cycle complet³⁵. Plus fondamental encore, il coexiste deux catégories de collèges, les collèges liés à l'université qui sont en quelque sorte l'antichambre de la Faculté des arts, et des collèges municipaux créés sur la demande des villes et la plupart du temps confiés à des congrégations dont les trois plus représentatives sont les Jésuites, les Oratoriens et les Doctrinaires³⁶. Ces congrégations gèrent plus de la moitié de ces

³² BOISSIER G. « La réforme des études au XVI^e siècle », *Revue des Deux Mondes*, 1^{er} décembre 1882, p.590.

³³ Le « Ratio studiorum », la méthode des études, est publié en 1599 après une première ébauche et plusieurs années de mises au point grâce à des observations en provenance des différentes Provinces de la Compagnie. Horaires, auteurs à étudier, durée des séquences de cours et pédagogie à mettre en œuvre y sont consignés.

³⁴ Il existe en effet des collèges dits d'humanités dépourvus des classes de philosophie, les simples écoles de grammaire ou petits collèges avec deux ou trois classes seulement et enfin ceux ayant toutes les classes, les collèges dits de plein exercice.

³⁵ Pour une étude de la population scolaire des collèges au XVIII^e siècle, on pourra consulter CHARTIER R., COMPERE M.M., JULIA D. *L'éducation en France du XVI^e au XVIII^e siècle*. Paris : SEDES-CDU, 1976, ainsi que COMPERE M.M., JULIA D. *Répertoire des collèges français (XVI^e-XVIII^e siècles)*. 2 Tomes. Paris : CNRS, 1983-1988.

³⁶ On peut citer également les Bénédictins ou les Carmes.

collèges municipaux hors du cadre universitaire, car les ordres religieux ne peuvent pas, en France, être responsables d'une université depuis l'édit royal de 1600 où Henri IV a substitué le pouvoir civil à celui de l'Église sur l'université. Il y a toutefois quelques collèges à statut mixte, c'est-à-dire tenus par une congrégation, mais relevant néanmoins de l'université comme le collège Louis-le-Grand tenu par les Jésuites, qui a pris ce nom en 1682, après avoir été collège de Clermont. Cette cohabitation ne se fait pas sans heurts, et la collation des grades sera un sujet de discorde entre les congrégations et l'université, celle-ci en gardant le monopole.

Les riches études qui ont été menées sur les collèges en France durant l'Ancien Régime en donnent une image parfois inattendue. Tout d'abord, il ne s'agit pas d'un enseignement coûteux délivré aux seuls enfants de la noblesse. La plupart du temps, le droit de scolarité est très modeste, voire inexistant³⁷ et si la population des collèges ne reflète pas la pyramide sociale à cause d'une sur-représentation des élites telles que professions libérales, officiers ou riches négociants, on y trouve néanmoins un large éventail de conditions allant jusqu'aux couches supérieures de la paysannerie. Ensuite, les collèges ne sont pas non plus des établissements aux pratiques sclérosées depuis le Moyen-Age jusqu'à la Révolution. Ils se sont ouverts à la culture humaniste au début du XVI^e siècle, ils ont organisé une progression des connaissances avec la création de classes de niveau comme nous l'avons indiqué précédemment. À partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle, l'introduction de l'enseignement des mathématiques, de l'histoire, de la géographie et des sciences permet de parler d'une certaine modernisation³⁸.

Mais les collèges sont bien en crise. Ils sont victimes des attaques des philosophes qui les accusent d'archaïsme. Ils sont aussi victimes de ceux qui les jugent inutiles, car ils ôtent à l'État un certain nombre de bras, voire même dangereux, car ils mélangent rangs et conditions. Ils sont enfin victimes de la concurrence des pensions³⁹ et comme ils ne décernent pas de grades

³⁷ A Paris par exemple, à partir de 1719, une dotation reposant sur les ressources du monopole royal des postes permet le versement de salaires substantiels, assure une pension aux régents qui se sont retirés et instaure la gratuité pour les élèves des collèges. Les professeurs parisiens sont ainsi dans une situation économique plus favorable que celle de leurs collègues enseignant en province. Voir NOGUÈS B. *Une archéologie du corps enseignant. Les professeurs des collèges parisiens aux XVII^e et XVIII^e siècles (1598-1793)*, Paris : Belin, 2006.

³⁸ Les chaires de mathématiques par exemple sont en augmentation constante dans les collèges des jésuites au cours du XVIII^e siècle.

³⁹ Certaines d'entre elles, comme la pension Berthaud à Paris, sont de véritables classes préparatoires. On y prépare entre autres le concours d'entrée à l'École royale du Génie de Mézières, mais on n'y fait pas de physique et presque pas de mécanique. Nous aurons l'occasion de ré-évoquer la place de ces institutions.

universitaire à l'instar de la faculté des arts, les grands collèges perdent entre le tiers et la moitié de leurs effectifs tout au long du XVIII^e siècle comme celui de Nantes qui passe de près de 1200 élèves en 1669 à moins de 600 vers 1765 pour finir en dessous de 200 en 1785.

1.2. Un collège oratorien

Les Oratoriens, plus précisément la congrégation des prêtres de l'Oratoire de Notre Seigneur Jésus Christ et de Marie Immaculée, forment une compagnie de prêtres séculiers fondée à Paris le 11 novembre 1611 par Pierre de Bérulle, qui se rattache à ce que les historiens appellent la contre-Réforme, qui fut le renouveau religieux du catholicisme du XVII^e siècle. Il est caractérisé par un certain mysticisme avec François de Sales, Vincent de Paul ou les théologiens jansénistes de Port-Royal. Pour ces mystiques, l'élévation métaphysique de la pensée n'est pas incompatible avec une intelligence ouverte également aux sciences et aux arts, comme l'illustre Pascal, qui se rattache au mouvement janséniste. C'est donc grâce à l'initiative de Pierre de Bérulle, complétée par l'impulsion de son successeur, le père de Condren, qui le dote d'une véritable constitution, que l'Oratoire se consacre tout au long du XVII^e siècle à la formation des prêtres.

Cette activité se complète dès 1615 par la création d'un collège dans la ville de Dieppe, où les protestants étaient nombreux⁴⁰, création rapidement suivie par la fondation d'une vingtaine de collèges dès le milieu du XVII^e siècle et les Oratoriens, acquis au jansénisme, sont rapidement en butte aux attaques des Jésuites⁴¹. C'est cette opposition à ces derniers qui est la marque la plus précise de l'influence du jansénisme sur l'état d'esprit des Oratoriens. À la devise d'obéissance « *Perinde ac cadaver* » des Jésuites, s'oppose la description que Bossuet donne de l'Oratoire

⁴⁰ Les collèges, pénétrés par l'humanisme, avaient été des foyers actifs de diffusion des idées de la Réforme. Les Jésuites ont été les premiers à comprendre l'urgence d'occuper le terrain des collèges d'où le développement de leurs collèges que nous avons déjà évoqué.

⁴¹ Ainsi à Nantes, où le Père Jean Prestet, mathématicien du groupe de Malebranche, qui devait initialement occuper en 1680 la chaire de mathématiques, doit finalement exercer à Angers, suite à l'opposition des Jésuites qui créent leur propre cours de mathématiques à Nantes en 1681. Voir COSTABEL P. « L'Oratoire de France et ses collèges » in TATON R. (dir), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.

À l'Oratoire, on obéit sans dépendre, on gouverne sans commander, toute l'autorité est dans la douceur, et le respect s'entretient sans le secours de la crainte.

Cela a sans nul doute influencé les méthodes d'enseignement des Oratoriens, enseignement qui occupe la plupart d'entre eux. Cela dit, l'enseignement dans les collèges en France au XVIII^e siècle est d'abord le fait des Jésuites qui scolarisent plus de la moitié des enfants formés aux humanités⁴². Au moment de l'expulsion des Jésuites en 1762, expulsion qui accentuera la crise que traversent les collèges depuis 1750, ceux-ci possèdent quatre-vingt-cinq collèges présents dans la quasi-totalité des grandes villes françaises, alors que l'Oratoire n'en possédait que trente et n'en récupérera que sept ayant appartenu aux Jésuites, établissements auxquels se rajouteront en 1776 les trois écoles militaires de Vendôme, Effiat et Tournon. Les Oratoriens possèdent toutefois un établissement de grande renommée, le collège de Juilly.

L'Oratoire est supprimé en 1792 et ne sera rétabli qu'en 1852. C'est donc bien à l'enseignement sous l'Ancien Régime que se rattache le modèle de l'Oratoire⁴³. Nous allons retrouver ces traits généraux au collège de Nantes, que nous allons décrire brièvement ici⁴⁴.

1.3. Le collège de Nantes

Posséder un collège à Nantes est déjà un exploit pour les Oratoriens, car c'est l'une des rares grandes villes de France⁴⁵ dont le collège échappe aux Jésuites. Nous donnons ici quelques repères chronologiques pour mieux situer ce collège⁴⁶.

Le collège Saint-Clément, l'un des deux collèges composant à l'origine la faculté des arts de Nantes, est confié par la ville en 1625 à l'Oratoire, qui vers 1670, au-delà de l'enseignement

⁴² [CHARTIER et al, 1976]

⁴³ Il sera à nouveau dissous entre 1880 et 1903, pour être rétabli en 1920.

⁴⁴ Pour une étude de ce collège, on pourra consulter BACHELIER A. *Essai sur l'Oratoire à Nantes au XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris : Librairie Nizet et Bastard, 1934.

⁴⁵ 40000 habitants en 1700, 90000 en 1790, ce qui en fait la cinquième ville du royaume.

⁴⁶ De nombreuses données comme point de départ de notre étude sont extraites de LAMANDÉ P. « La mutation de l'enseignement scientifique en France (1750 - 1810) et le rôle des écoles centrales : l'exemple de Nantes ». *Sciences et Techniques en Perspective*, 1988, 15 ainsi que dans DHOMBRES J. (dir.), *La Bretagne des savants et des ingénieurs: 1825-1900*. Rennes : Editions Ouest-France, 1994.

des humanités, domine très nettement la faculté des arts et celle de théologie⁴⁷. Puis tout au long du XVIII^e siècle, le collège voit diminuer sa population, comme la plupart des collèges français pour les raisons évoquées plus haut, et pour des raisons plus propres à la situation locale. Par manque de ressources tout d'abord, car celles ci, étant principalement constituées de dotations en argent, restent stables alors qu'il faut pouvoir entretenir correctement les bâtiments qui vieillissent, donnant dès lors au collège un aspect peu reluisant⁴⁸. Ensuite, au niveau national, dès la première moitié du XVII^e siècle selon Thierry Amalou et Boris Noguès⁴⁹, la politique royale a été de réduire le nombre des universités, en particulier en faisant coïncider géographiquement parlement et université, or depuis 1655 le parlement de Bretagne est fixé à Rennes. Enfin, le fait est que Nantes, ville de commerce, n'était sans doute pas attirée par la culture scolaire⁵⁰. Néanmoins, Nantes possède jusqu'à la Révolution un grand collège de plein exercice

1.4. Place de la physique et de l'expérimentation au collège de l'Oratoire

1.4.1. Une présence attestée d'un enseignement de sciences physiques

De manière générale, c'est après six années, de la sixième jusqu'à la classe de rhétorique, que quelques collégiens prolongeaient leur scolarité par deux années de philosophie. Jusqu'à présent, ils n'avaient pas étudié les sciences, à part un peu d'arithmétique en sixième et un peu de

⁴⁷ La faculté de droit de Nantes sera transférée à Rennes en 1735. Les autres facultés se maintiennent jusqu'en 1793, et la faculté des arts reste dirigée par les Oratoriens, même si un décret de 1766 limite le nombre d'Oratoriens appartenant au conseil de cette faculté. Archives départementales de Loire Atlantique, cote H345.

⁴⁸ [BACHELIER, 1934], en particulier le chapitre « Le collège au XVIII^e siècle: crise et décadence ».

⁴⁹ AMALOU, Thierry, NOGUÈS, Boris. (dir.) *Les universités dans la ville XVI^e - XVIII^e siècle*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2013.

⁵⁰ Une lettre de Gérard Mellier, maire de Nantes, datée de 1728 (Archives départementales de la Loire Atlantique, cote GG651) montre bien cet état d'esprit lorsqu'il parle de l'université

J'avoue franchement qu'elle serait mieux placée à Rennes, capitale de la province et pays de lettres, qu'à Nantes où l'on ne respire que le commerce. Elle est composée à Nantes de médiocres sujets [...]. Nous avons intérêt à purger cette ville de gens de chicane, qui ne sont bons qu'à gêner tout. Il est infiniment plus à propos de peupler la ville de Nantes de bons bourgeois et de négociants qui supportent les charges publiques, au lieu que les privilèges des gens de l'université les en exemptent, eux, leurs veuves, les suppôts..., jusqu'au bedeau et valets des facultés.

géométrie à partir de la troisième. Au cours de ces deux années de philosophie, le collégien va étudier la logique, la morale, la métaphysique et plus particulièrement en deuxième année, la physique, dont nous allons voir ce qu'il convient de mettre derrière cet intitulé.

Sur la trentaine de collèges que l'Oratoire possède en France, Nantes et Angers font partie des dix-sept collèges où Pierre Costabel⁵¹ estime qu'il y a un réel enseignement des sciences dans les sections de philosophie, encore qu'il ne soit jamais obligatoire, sauf dans les classes préparant aux concours militaires⁵², classes que ne possède pas le collège de Nantes. Ces sections de philosophie sont parfois partagées entre une section de philosophie proprement dite et une section de physique comprenant en général cinq à dix élèves avec un horaire restreint, sans doute deux heures par semaine. Les collèges oratoriens de Nantes et d'Angers, en tant que collèges constituant la faculté des arts de l'université, font partie des grands établissements que les Oratoriens possèdent en France. Dans le cas de Nantes, le collège dispose continuellement d'un professeur en classe de physique. Celui-ci suit souvent ses élèves car il reste en général deux ans en assurant successivement la classe de logique puis celle de physique. Dans cette classe, les sciences physiques proprement dites semblent disposer d'un horaire de deux à quatre heures par semaine⁵³.

À partir des différentes sources disponibles, nous allons tenter de reconstituer les pratiques expérimentales liées à l'enseignement de la physique des professeurs et des élèves de l'Oratoire à Nantes.

1.4.2. Les imprimés des exercices publics des élèves de l'Oratoire

À l'occasion des distributions de prix, ou bien lors de visites de personnalités, les élèves soutenaient publiquement des propositions dans les différentes matières étudiées au cours de leur

⁵¹ [COSTABEL, 1964].

⁵² Cette obligation n'est toutefois pas liée au programme des concours : il n'y a pas de physique, ni même de philosophie. A l'École Royale du génie de Mézières par exemple, le concours ne porte que sur les mathématiques.

⁵³ ADLA, cote H346. Il s'agit du livre de compte produit à chaque visite de 1765 à 1790. On y trouve les dépenses et recettes de la période examinée par le visiteur, ainsi qu'un avis de ce dernier sur l'enseignement délivré. Ainsi, la journée de travail d'un élève du collège étant d'environ cinq heures, on peut constater que l'enseignement de la physique ne constitue pas l'essentiel de son emploi du temps. La plus grande partie de la journée de cours reste consacrée à l'étude des auteurs de l'Antiquité.

année. Ces exercices publics, encore appelés thèses⁵⁴, étaient souvent imprimés sous forme d'affiches ou de livrets, ce qui nous permet ainsi d'avoir une idée des contenus enseignés.

1.4.2.1. Le statut de l'expérimentation à travers trois thèses antérieures à 1750

Nous regardons trois thèses précédant le cadre chronologique de nos recherches. Se suivant chacune à des intervalles de l'ordre d'une dizaine d'années, nous allons tenter de qualifier l'enseignement de la physique et d'y chercher une éventuelle évolution.

La première thèse que nous avons trouvée mentionnant explicitement de la physique date de 1726⁵⁵. C'est une thèse de philosophie écrite en latin. On peut y constater la présence de la physique dans le cours de philosophie, car après la logique, la métaphysique et l'éthique, sur quinze thèmes de cette thèse, huit font référence à de la physique proprement dite, la partie métaphysique étant clairement séparée de la partie physique. On y trouve ainsi exposé la constitution de la matière, où nous voyons apparaître le nom de Gassendi ainsi que le mot atome, les systèmes du monde, citant ceux de Tycho Brahé, de Ptolémée et de Copernic, l'évocation des marées et des éclipses dues à la Lune. La thèse propose également que les principes de la mécanique soient considérés comme pertinents aussi bien pour les systèmes de points que les corps célestes. Deux expériences sont citées par Pierre Ripoche, celle du plan incliné de Galilée, sans que son nom ne soit écrit, et celle du tube barométrique de Torricelli⁵⁶. La question reste de savoir si Pierre Ripoche aurait pu les présenter le jour de son exercice public, l'imprimé de la thèse ne nous permettant pas de conclure à ce sujet alors que nous avons des témoignages dans d'autres établissements oratoriens d'expériences en public lors de séances académiques sur ce

⁵⁴ Etymologiquement, thèse vient de « thesis », l'action de poser. Il s'agit d'une proposition que l'on soutient publiquement. Aujourd'hui, une thèse est une étude écrite, détaillée et systématique, dont on présente les conclusions à un jury.

⁵⁵ La thèse intitulée *Universia Philosophia* est soutenue par Pierre Ripoche le 12 juillet 1726 : ADLA, cote H345, pièce 17.

⁵⁶ Rapportant l'expérience barométrique de Torricelli, les traités de Pascal *Equilibre des liqueurs* et *Pesanteur de la masse de l'air* ont été publiés en 1663.

sujet à la même époque⁵⁷. Mais en tout cas cette thèse fait bien référence à des expériences à côté d'une réflexion sur le concept de matière.

La seconde thèse, également en latin, date de 1734⁵⁸. Après avoir présenté la physique générale comme s'intéressant à la nature des corps⁵⁹, la suite du texte est une reprise historique du problème de la matière où sont exposées les différentes idées des physiciens grecs sur cette question, comme par exemple la matière divisible à l'infini et indestructible d'Anaxagore ou encore les conceptions des Atomistes. À partir du troisième paragraphe, ce sont les idées de Descartes qui sont décrites, à savoir la division de la matière en trois éléments principaux

Viam sane novam aperuit sibi Cartesius. Tria sunt, illo judicè, Corporum elementa...

La suite développe les conséquences de cette vision cartésienne de la matière, entre autres l'absence de vide ou encore le fait, dû à Galilée, que le repos soit de même nature que le mouvement.

La troisième thèse⁶⁰ toujours en latin, consacre cinq des huit parties la constituant au thème de la nature des corps, des conséquences des diverses théories de la matière sur le vide. Les trois dernières parties sont consacrées au mouvement, en particulier à la loi en carré des temps qui peut s'exprimer par le fait que les espaces successivement parcourus en une même unité de temps varient comme les nombres impairs lors d'une chute⁶¹.

Quel état des lieux pouvons nous dresser à l'issue de l'étude de ces trois documents ? Tout d'abord qu'il y a bien l'existence d'un enseignement de physique au collège de l'Oratoire de

⁵⁷ Nous savons par exemple qu'en 1729 une séance académique de physique expérimentale au collège oratorien de Dieppe montre que

le mercure suspendu dans les baromètres prouve la pesanteur de l'air [...] comme Messieurs De Vernay [...] le feront connaître par un grand nombre d'expériences.

Une séance académique n'est toutefois pas une thèse.

⁵⁸Thèse de philosophie « Ex physica generali » soutenue par Alexandre-Jean-Baptiste-René Reliquet de Lepertière le 1^{er} février 1734 :ADLA, cote H345, pièce 15, une affiche.

⁵⁹ Cette précision est à relever.

⁶⁰ Thèse « Ex physica generali » soutenue par Roland Hervé de Labauche le 13 février 1745 : Archives municipales de Nantes, cote GG661, pièce 19.

⁶¹ En effet, soit $e(t)$ l'espace parcouru, de la forme At^2 , alors $e(kt) - e((k-1)t) = Ak^2t^2 - A(k-1)^2t^2 = At^2(k^2 - (k-1)^2)$
D'où $e(kt) - e((k-1)t) = At^2(2k-1)$ et $(2k-1)$ est bien un nombre impair.

Nantes, enseignement suffisant pour que des élèves de ce collège soient à même de soutenir des propositions sur le sujet. Ensuite, cela nous montre le rôle joué par les Oratoriens dans la diffusion des sciences. Certes, Newton n'est pas cité à travers ces trois thèses, mais on y trouve Descartes et il ne faut pas oublier que les Oratoriens furent assez tôt cartésiens, tel le Père Lamy, auteur du célèbre *Entretien sur les sciences*, qui avait été exilé d'Angers à Grenoble par ordre du roi pour cartésianisme en 1676⁶². Enfin, il est clair que l'expérience ne constitue pas le thème central de ces exercices publics qui nous sont parvenus. Si des faits expérimentaux sont cités dans la thèse de 1726, ils n'apparaissent plus dans les deux suivantes. Or, concernant la thèse de 1745, lorsqu'on lit le *Discours concernant deux sciences nouvelles* de Galilée⁶³, quelques lignes seulement après la relation entre les espaces franchis et les temps, on trouve la description assez précise d'une vérification expérimentale de cette relation⁶⁴

Dans une règle, ou plus exactement un chevron de bois, long d'environ 12 coudées, large d'une demi-coudée et épais de 3 doigts, nous creusions un petit canal d'une longueur à peine supérieure à un doigt, et parfaitement rectiligne ; après l'avoir garni d'une feuille de parchemin bien lustrée pour la rendre aussi glissant que possible, nous y laissions rouler une boule de bronze très dure, parfaitement arrondie et polie...

Même s'il y a eu débat sur la part d'expérimentation réelle menée par Galilée⁶⁵, il était possible

⁶² Les *Principa philosophiæ* de Descartes ont été publiés en 1644, les *Entretiens sur les sciences* en 1684. Sur le rôle du Père Lamy, voir [COSTABEL, 1964], p 93.

⁶³ GALILEE G. *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*, traduction de Maurice Clavelin, Paris : Armand Colin, 1970.

⁶⁴ Cette expérience a fait l'objet de multiples articles. Le texte de Galilée est une description précise d'un protocole expérimental: Galilée donne des dimensions, il précise comment diminuer les frottements. Le temps est mesuré en pesant la quantité d'eau recueillie à la sortie d'un orifice percé dans le fond d'un grand seau d'eau. Une reconstitution fidèle de cette expérience a permis d'obtenir des résultats compatibles avec la loi de progression proposée par Galilée. Voir SETTLE T.B. « An experiment in the history of science », *Science*, 1961, n°133. Les données numériques dans les manuscrits de Galilée publiées par Drake assurent que l'expérience a bien eu lieu : DRAKE S. « Galileo's Discovery of the Law of Free Fall », *Scientific American*, 1973, n°228, p 84-92.

⁶⁵ Alexandre Koyré a soutenu qu'il était parfaitement possible que Galilée ait obtenu la loi de la chute des corps par les seules mathématiques, utilisant, comme cela a été prouvé à d'autres reprises, des expériences de pensée qui n'ont d'intérêt que d'assurer une fonction d'appui dans le discours. L'expérience a eu lieu, car on peut en particulier remarquer la profusion de détails pratiques donnés par Galilée, mais elle est venue après la conception de la loi. KOYRE A. *Etudes galiléennes*, Paris : Hermann, 1939 1^{ère} édition, réédition 2001. Au contraire, Stillman Drake

d'évoquer voire de reproduire cette expérience, car nous savons que les travaux de Galilée étaient disponibles à la bibliothèque du collège⁶⁶. Le collège possédait même une édition des *Éléments de physique démontrés mathématiquement et confirmés par des expériences* de S'Gravesande⁶⁷ où celui-ci montre la similitude entre la chute verticale et la chute le long d'un plan incliné. Mais là encore, les thèses ne sont pas des séances académiques et ne sont pas forcément à l'image des pratiques pédagogiques ayant cours dans la classe de physique. Et s'il n'est question de physique expérimentale, il est à relever l'usage du terme « physique générale » en 1734, significatif d'une période où le champ d'application de la physique est en évolution, évolution dont l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert rendra compte une quinzaine d'année plus tard comme nous le verrons plus loin.

1.4.2.2. Deux thèses en 1769

Nous avons pu consulter deux thèses soutenues la même année par des élèves de l'Oratoire qui ont donc suivi le même cours de physique. En plus de la recherche d'une évolution de la place de l'expérience dans l'enseignement de la physique, nous avons là une occasion de voir la part personnelle des élèves dans cet exercice public.

soutient qu'il y a eu une étroite interaction entre l'expérimentation et les calculs mathématiques de Galilée pour que ce dernier aboutisse à la loi de la chute des corps.

⁶⁶ Nous évoquerons plus loin la bibliothèque du collège et en particulier comment son contenu nous est connu. Le collège possède une édition de 1638 des *Dircorsi*.

⁶⁷ Le collège possède l'édition en latin parue à Leyde en 1742 des *Physices elementa mathematica experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam*, ainsi que les *Éléments de physique ou introduction à la physique de s'Gravesande*, traduit par C.F.Roland de Virloys et parus à Paris en 1747. En 1745, Roland Hervé de Labauche, ses condisciples ou son professeur, peuvent donc avoir lu dans le texte latin les expériences proposées par S'Gravesande.

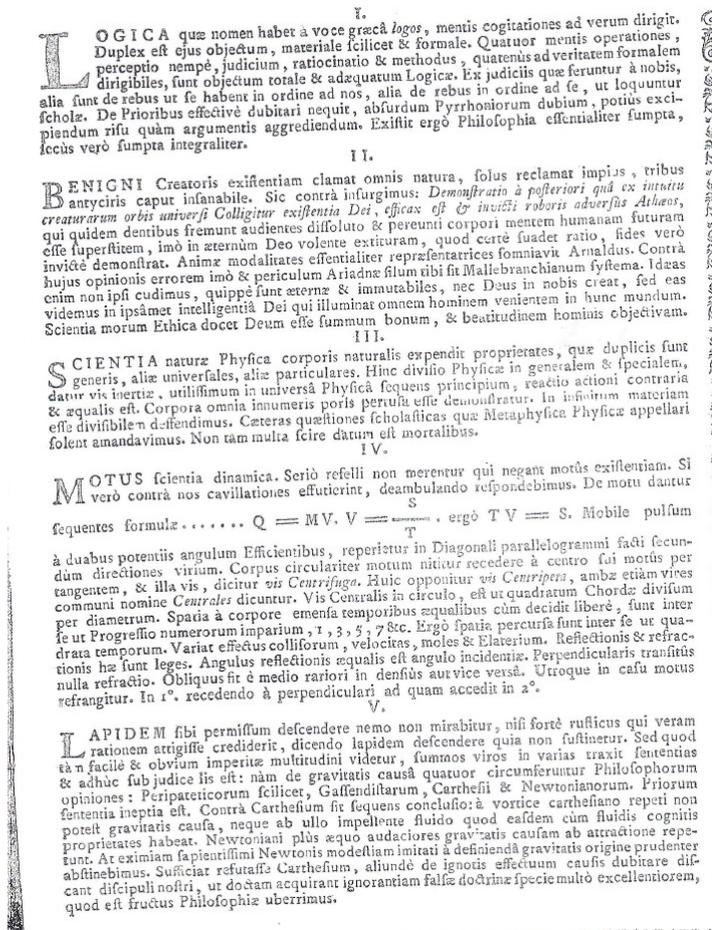


Figure 1: Extraits de la thèse de Le Mesle et Pottet (1769)

La thèse de Le Mesle et Potet⁶⁸ est rédigée en latin et comporte neuf parties. Les deux premières rappellent ce qu'est la logique, la troisième partie sépare la physique en physique générale et physique spéciale, sans toutefois évoquer le problème de la divisibilité des corps, car renvoyé à la métaphysique qu'ils n'étudient pas : les systèmes philosophiques sont en quelque sorte repoussés ailleurs. La quatrième partie est consacrée à la mécanique. On y lit par exemple que la dynamique est la science du mouvement, accompagnée de formules telles que

$$V = S/T \text{ ergo } TV = S$$

La vitesse V est exprimée comme le rapport de l'espace S par le temps T , et selon la théorie algébrisée des proportions, S est donc le produit de T par V . Le mouvement circulaire d'un corps

⁶⁸ Thèse « Ex universa philosophia » de Jean Baptiste Louis Le Mesle et Jean François Potet soutenue le 10 juillet 1769. AMN, cote GG791, pièce 15.

est expliqué par la présence d'une force centrifuge et d'une force centripète, ces termes étant cités dans le texte. Les espaces et les temps en progression suivant les nombres impairs sont cités, mais progrès par rapport à la thèse précédente, cette fois-ci la formulation mathématique est précise au point que nous la lisons comme une dépendance fonctionnelle

Ergo spatia percusa sunt inter se ut quadrata temporum⁶⁹

La cinquième partie, à la suite des noms de Gassendi et de Descartes, fait apparaître Newton avec la théorie de la gravitation. Les tourbillons de Descartes ne figurent pas. Une sixième partie est consacrée à la géostatique et à l'hydrostatique, puis les trois dernières parties de la thèse sont consacrées à la cosmologie, à la nature du son, à celles de la lumière, des odeurs et des couleurs, en s'intéressant toutefois plus à la « sensation » de lumière qu'à sa réelle nature. Si nous pouvons déceler quelques évolutions dans l'enseignement de la physique, celles-ci concernent uniquement les idées enseignées. Aucune expérience n'est citée dans cette thèse.

Il en est de même avec la thèse de Pellerin⁷⁰, qui reprend quasiment mot pour mot des parties de la thèse de Le Mesle et Potet. On retrouve ainsi le « $V = S/T$ ergo $TV = S$ », le discours sur Gassendi, Descartes et Newton, la partie sur l'hydrostatique et la géostatique etc. avec toutefois une différence dans cette dernière, car le fonctionnement du baromètre y est expliqué.

A la lecture de ces thèses, nous pouvons déjà établir un premier constat. S'il est indéniable qu'il y a une réelle évolution des contenus enseignés, évolution visible par les savoirs présentés dans cette succession de thèses, concernant l'expérimentation nous ne pouvons que constater son absence dans celles-ci. Toutefois ces thèses sont des exercices académiques, et la grande similitude des deux dernières thèses présentées peut permettre de supposer qu'il y a un format imposé à ces exercices. Il se trouve que nous avons pu également consulter le cours de physique copié par Pellerin lors de ses études.

⁶⁹ « Les espaces parcourus sont entre eux comme les carrés des temps. »

⁷⁰ Thèse « Ex universa philosophia » de Joseph Michel Pellerin soutenue le 12 juillet 1769, Médiathèque de Nantes, manuscrit microfilmé, cote 2521.

1.4.3. Le cours de physique de 1769 au collège de l'Oratoire de Nantes⁷¹

Ce cours est celui donné par Jean René André d'Anjou des Molières et copié par un de ses élèves, Joseph Michel Pellerin, dont nous venons d'évoquer la thèse. D'après la liste des enseignants de l'Oratoire de Nantes⁷², c'était la deuxième année consécutive où il s'occupait de la classe de physique. Le cours représente quatre cent soixante seize pages en latin. Il est partagé en deux grandes parties, la physique générale qui va jusqu'à la page cent quatre vingt seize, puis la physique particulière. C'est un cours dicté.

Le cours de physique générale est ici très clairement un cours de mécanique, évoquant tour à tour dans une première section force d'inertie, action et réaction, mouvement relatif ou absolu. La mécanique de Newton avec la loi de l'attraction universelle est énoncée ainsi que les lois de Kepler. On passe ensuite à un exposé sur le rôle du centre de gravité afin d'expliquer le fonctionnement de différentes machines utilisant le principe du levier telles que la balance, la balance romaine, un cabestan, un palan, ces machines étant représentées :

⁷¹ MdN, manuscrit microfilmé, cote 2521. Il s'agit du cinquième et dernier tome d'une série de manuscrits représentant les cours des années de logique et de physique copiés par Joseph Michel Pellerin. Sa thèse est à la suite du cours. Le Tome IV est consacré aux mathématiques.

⁷² [LAMANDE, 1988] p 224. Nous n'avons pas trouvé de traces d'un lien familial avec l'académicien Joseph Privat de Molières (1677-1742), qui fut également oratorien, enseignant au collège oratorien de Saumur, et que nous retrouverons dans la partie consacrée au Collège de France. Il est à noter que Jean René André d'Anjou des Molières alterne la classe de physique avec celle de logique avec un autre des Molières, Jacques René Ferré des Molières pour les années 1769-1771.

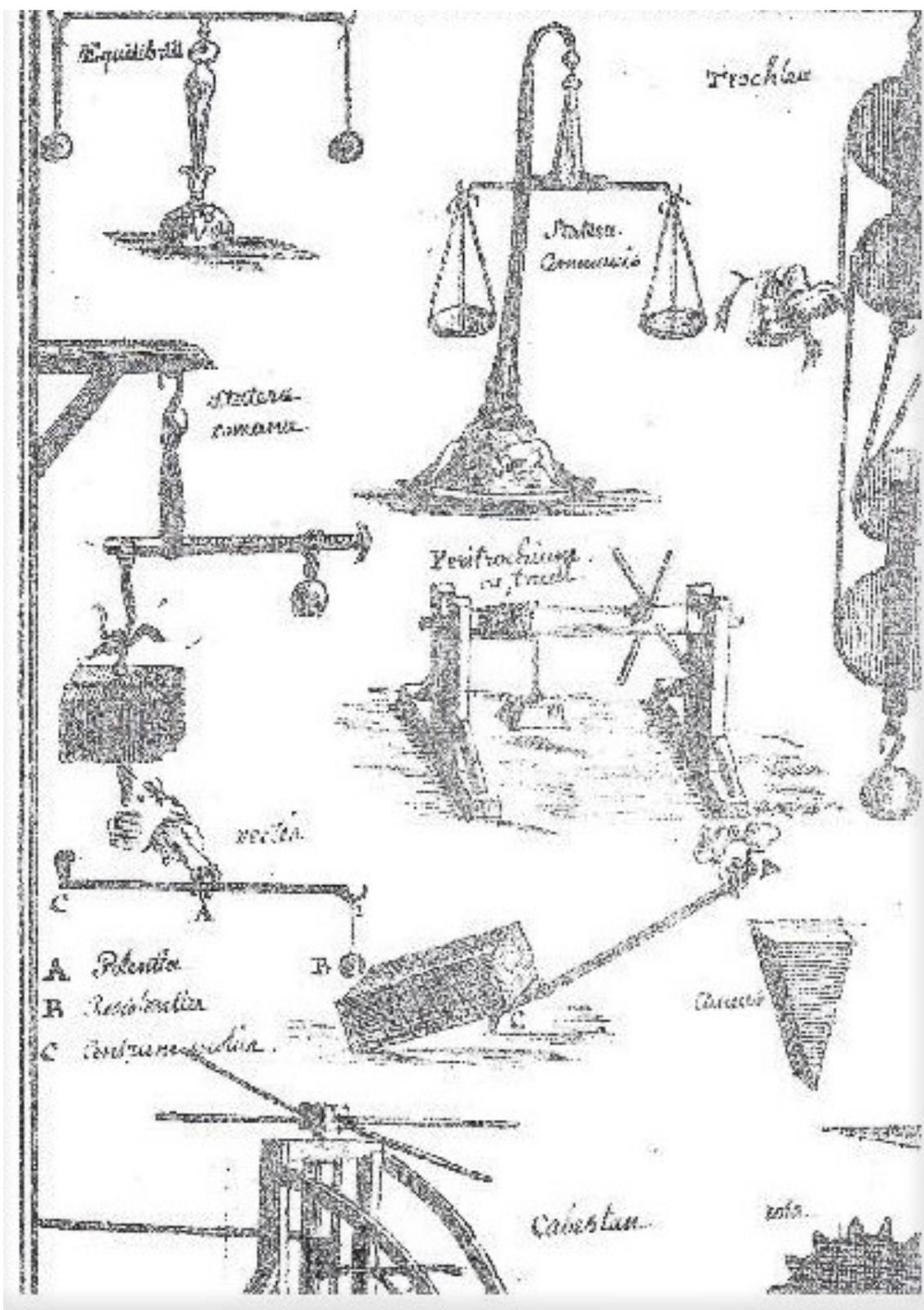


Figure 1 : Les machines du cours de Pellerin (1769)

La dernière section du cours de physique générale présente enfin des considérations générales sur les mouvements puis s'intéresse aux chocs et se termine par un exposé sur le vide avec la gravure représentant une pompe pneumatique :

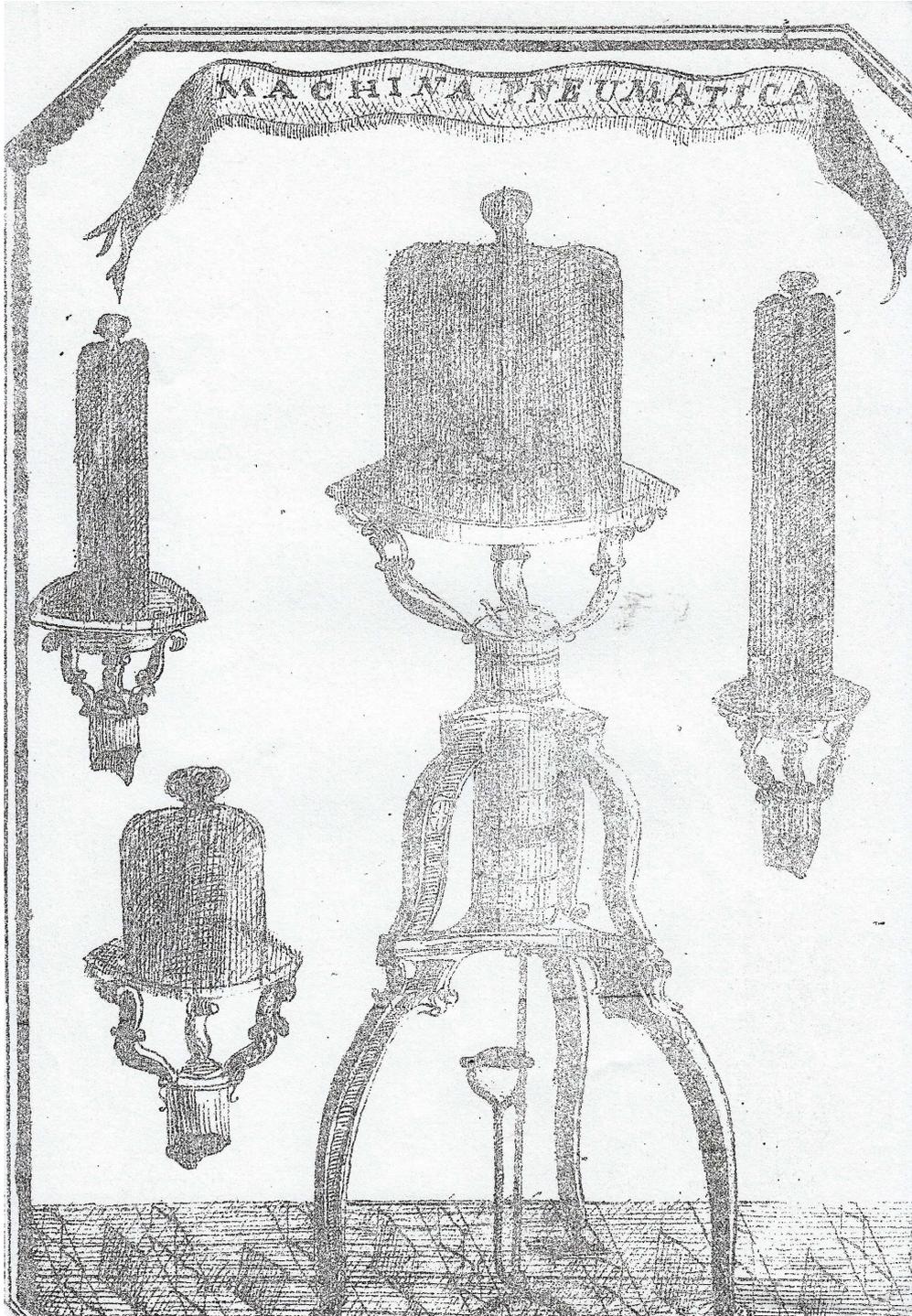


Figure 2: La pompe à vide du cours de Pellerin (1769)

Le cours de physique particulière commence quant à lui par une première section d'une quarantaine de pages consacrée à l'hydrostatique. Cette même section se poursuit sur près de cent vingt pages par une exposition des différents systèmes du monde, de Ptolémée à Newton, sans développements mathématiques. La deuxième section, elle, est partagée en quatre chapitres, d'inégale importance. Le premier, sur une vingtaine de pages, s'intéresse aux qualités des corps en commençant par la dureté des corps solides et leurs différences avec les corps liquides. La chaleur est ensuite présentée comme la résultante du mouvement de particules de feu et de particules qui échappent à nos sens⁷³. Le second chapitre traite en sept pages des qualités que sont le goût et l'odeur, liés à l'existence de particules subtiles qui sont la cause de nos sens. Le chapitre trois, en treize pages, décrit le son comme un mouvement de l'air comportant une compression, et le quatrième et dernier chapitre, traite de la lumière en une trentaine de pages, en présentant la possibilité de sa nature corpusculaire⁷⁴.

À la lecture de ce cours, nous pouvons constater que l'absence de références expérimentales dans les thèses correspond à l'absence quasi totale d'expériences dans le cours. Pas d'exemples d'expériences, ni de compte-rendus, ni de schémas n'illustrent ce que l'élève a copié des propos du professeur. Quelques machines et les représentations conventionnelles des systèmes du monde de Ptolémée et Copernic, agrémentent les deux cent pages de la physique particulière. C'est cela l'essentiel de la physique enseignée en cette année 1769 au collège de l'Oratoire de Nantes où l'expérimentation dans l'enseignement des sciences physiques paraît donc extrêmement réduite, voire à peine mentionnée.

Cette vision doit toutefois être nuancée. D'abord, est-ce particulier à ce collège nantais? Pour cela nous pouvons comparer ce cours à ceux d'autres collèges universitaires. Nous disposons ainsi d'un cours de physique qui fait référence à cette période, car édité sous forme de

⁷³ Les termes employés dans le cours sont « *motu expansivo partium ignearum* » et « *motu partium insensibilium* ». Depuis le XVII^e siècle, deux théories de la chaleur s'opposent. Il y a d'une part, tel Gassendi, les partisans de la corporéité du feu, constitué de particules pénétrant la matière en créant les effet de la chaleur par leur seule présence, et d'autre part les mécanistes, qui considèrent que la chaleur résulte du mouvement soit des particules constituant la matière elle même, comme Daniel Bernoulli, soit de particules subtiles, comme Descartes, Hooke ou Mariotte.

⁷⁴ Le texte du cours indique :

Lumen consistit in effluivi partium...

manuel, à savoir celui de Pierre Lemonnier⁷⁵. Or, lorsqu'on parcourt ce *Cursus Philosophicus ad scholarum usum* publié en 1750, sur l'ensemble des six volumes dont trois sont consacrés à la physique, on constate une grande similarité sur les thèmes abordés présentant finalement une vision raisonnée de la science de l'époque où l'expérience est peu présente. Ce n'est pourtant pas le cas partout. Ainsi, au collège Mazarin à Paris, le cours de Jean Louis Roussel de 1762 est également dicté en latin⁷⁶, ce qui nous confirme bien le fait que le cours de physique à Nantes soit rédigé en latin n'est pas le signe d'un enseignement obsolète, a un contenu tout à fait similaire à celui du collège d'Harcourt ou de Nantes, mais par contre des cahiers vierges étaient vendus pour copier le cours de Roussel et ils comportaient vingt cinq planches pour les figures des appareils expérimentaux. Rien de tel à Nantes en 1769, et c'est bien l'absence de ces références expérimentales qui pose question. Pourtant, cette même année, avec le même professeur, nous avons la mention⁷⁷ d'un exercice de physique expérimentale le 29 juillet 1769:

le père préfet et le père physicien ont dédicacé à la Compagnie, exercice qui a eu lieu devant la Compagnie au collège de l'Oratoire et dont le programme, imprimé sur satin et garni d'une dentelle d'or a été placé dans la chambre du conseil du siège⁷⁸.

Le contenu de cet exercice nous est inconnu, mais il est toutefois la preuve que l'expérimentation n'est pas totalement absente à l'Oratoire.

Nous avons mentionné la présence de machines dont le fonctionnement est expliqué grâce à la notion de centre de gravité. Les figures des machines présentées ne sont certes pas modélisées mathématiquement ou pour le moins « géométrisées » comme c'est le cas dans

⁷⁵ Adjoint géomètre à l'Académie royale des sciences depuis 1725, Pierre Le Monnier est le professeur de philosophie du collège d'Harcourt, un des collèges de l'université de Paris. Louis-Guillaume Le Monnier, botaniste, également membre de l'Académie royale des sciences, rédacteur des articles sur l'aimant et l'électricité dans l'*Encyclopédie*, est son fils, de même que l'astronome Pierre Charles Le Monnier que nous retrouverons au Collège de France.

⁷⁶ Nous disposons de ce cours dans les manuscrits que possède la bibliothèque inter-universitaire de la Sorbonne sous la cote MS 1080-1081 : *Phisica generalis [et specialis], data a d. domino Roussel, philosophiæ professore in Collegio Mazarinæo, anno 1762, scripta vero a Francisco Philippo Magnyer, Parisino.*

⁷⁷ AMN, cote FF279.

⁷⁸ En juillet et août, à chaque fin d'année scolaire, les élèves du collège accompagnés de leur professeurs invitent les notables à assister à des exercices variés liés à leurs études en leur remettant un programme détaillé.

*Cyclopaedia*⁷⁹ mais néanmoins, nous assistons une entrée certes modeste mais significative d'un enseignement des *arts utiles* aux élèves, arts utiles sur lesquels nous reviendrons, et ce dans le cadre d'un cours de physique. Pour souligner davantage notre propos, la présentation d'une pompe à vide est du même ordre : c'est une machine qui présente une construction technique suffisamment complexe pour susciter un intérêt à son égard.

L'enseignement de la physique au collège de l'Oratoire de Nantes en 1769 nous montre finalement une période de mutation de la physique. Il y a de la physique générale, que le dictionnaire de Trévoux⁸⁰ définit toujours dans sa nouvelle édition de 1771 comme étant la physique qui :

traite des affections générales des corps

il y a de la physique particulière qui

traite des corps en détail

et il y a quelques indices de physique expérimentale, qui

cherche à découvrir la nature des choses par le moyen des expériences.

L'ouvrage majeur qu'est l'*Encyclopédie*⁸¹ nous donne lui aussi cette vision un peu confuse de l'état de la physique à ce moment. L'article *Physique* débute ainsi :

PHYSIQUE, s. f. (*Ordre encyclopéd. Entend. Raison, Philos. ou Science, Science de la nature, Physique*) cette science que l'on appelle aussi quelquefois *Philosophie naturelle*, est la science

⁷⁹ La planche 11 du volume 2 de *Cyclopaedia, A Useful Dictionary of Arts and Sciences* d'Ephraim Chambers parue en 1728 montre des machines tout à fait similaires à celles présentées dans le cours de Pellerin, mais elles sont accompagnées d'une représentation géométrique du mouvement.

⁸⁰ Le *Dictionnaire universel françois et latin*, son titre originel, appelé également *Dictionnaire de Trévoux*, car publié à Trévoux dans la vallée de la Saône, est une reprise par les jésuites du dictionnaire de Furetière. C'est néanmoins une référence à l'époque des Lumières, tout comme le *Journal de Trévoux*, pourtant cause de la maladie d'un de ses directeurs selon l'un des célèbres pamphlets de Voltaire. Le *Journal de Trévoux*, organe des jésuites, attaque régulièrement l'*Encyclopédie* et les philosophes, mais non sans intelligence.

⁸¹ En 1751 paraît le premier des dix sept tomes de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert, parution qui s'étend jusqu'à 1765.

des propriétés des corps naturels, de leurs phénomènes & de leurs effets, comme de leurs différentes affections, mouvements, &c.

Par rapport à la définition du dictionnaire de Furetière que nous avons évoquée en préambule, nous sommes passés de la science des causes naturelles à la science des propriétés des corps naturels. Cette évolution n'est pas anodine mais les choses sont loin d'être claires car, comme l'a montré Michel Malherbe⁸², le problème est que

L'accord ne se réalise ni sur les divisions des sciences, ni sur les méthodes, ni sur les valeurs. Or ces incertitudes touchent l'unité même du concept de philosophie naturelle.

C'est pourquoi si la physique générale est qualifiée de métaphysique des corps dans l'*Encyclopédie*, si on trouve des exemples de domaines constituant la physique générale et la physique particulière dans le *Système figuré des connaissances humaines*⁸³ alors que la physique expérimentale n'y est pas répertoriée, il n'empêche que physique générale et particulière ne sont pas clairement définies, ni même aux entrées « général » et « particulier ». Et selon les différentes entrées très nombreuses du mot « physique » dans l'*Encyclopédie*, ce terme désigne parfois toutes les sciences de la nature ou bien une science qui se rapproche quelque peu de notre physique contemporaine, avec toutes les précautions possibles comme l'a montré l'étude de Pierre Crépel⁸⁴ à ce sujet. Le cours de physique de l'Oratoire de 1769 est en cela un fidèle témoin de son temps.

Nous ne disposons pas de cours manuscrits correspondants à ceux qui ont immédiatement suivi celui de cette année 1769. Mais nous en avons un témoignage par un élève de l'Oratoire qui va connaître un destin national, Joseph Fouché. Personnage controversé, il a fait l'objet de nombreuses biographies contredisant parfois ses propres mémoires⁸⁵. Mais un certain nombre de faits sont avérés, et c'est pour l'instant le Fouché élève de l'Oratoire de Nantes qui nous

⁸² MALHERBE, M. « Mathématiques et sciences physiques dans le Discours préliminaire de l'Encyclopédie », *Recherches sur Diderot et l'Encyclopédie*, 1990, n°9, p. 109-146.

⁸³ Ce tableau, situé à la fin du *Discours préliminaire de l'encyclopédie*, est une tentative d'ordonnement de l'entendement humain.

⁸⁴ CRÉPEL, P. « La physique dans l'Encyclopédie », *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, 2006, n°40-41, p. 251-278.

⁸⁵ L'ouvrage d'Emmanuel de Waresquiel explore de manière documentée la complexité de ce personnage : DE WARESQUIEL, E. *Fouché, les silences de la pieuvre*, Paris : Tallandier, 2014.

intéresse, avant de le retrouver à la Révolution régent de ce même collège. Or, de 1779 à 1781, Fouché a suivi les cours de physique de Jean-Joseph Blanchard et de Matthieu Oudet :

On pratique au collège, deux fois par semaine et généralement les jours fériés, des expériences de physique sur la vapeur, la conduction électrique, les miroirs ardents, l'observation astronomique⁸⁶.

Cet enseignement est sans nul doute de qualité car Joseph Fouché va confirmer son attrait pour les sciences expérimentales comme nous l'évoquerons plus loin. Puis, succédant à ses collègues en 1780, le professeur de la classe de physique Joseph Mouchet sera un des aéronautes de 1784 dont nous raconterons l'ascension. Clairement, les sciences expérimentales montent en puissance dans l'enseignement de la physique au collège de l'Oratoire de Nantes. Nous avons une dernière trace écrite du cours de physique à l'aube de la Révolution.

1.4.4. Le cours de physique de 1789 au collège de l'Oratoire de Nantes⁸⁷

Nous avons sélectionné un certain nombre de passages des *Eléments de physique par le Père l'Etoile⁸⁸ de l'Oratoire*. Le texte commence par une définition de la physique plus pointue que celle d'une connaissance générale de la nature,

La physique est une science dont l'objet est de connaître les corps par leurs propriétés, par les effets qu'ils présentent à nos sens et par les lois auxquelles ils sont assujettis. C'est en quoi principalement elle diffère de l'histoire naturelle dont l'unique but est de nous apprendre quelles sont les productions de la nature, leurs variétés et leurs vertus.

Le plan du cours est annoncé et il traitera successivement de la mécanique, de l'hydrodynamique, de l'optique, de l'astronomie et de la connaissance des corps. Un terme fait ensuite son

⁸⁶ [WARESQUIEL, 2014]

⁸⁷ MdN, manuscrit en deux Tomes cote 372 et 373. Il s'agit de deux cahiers, le Tome 373 est daté du 7 janvier 1789 et comporte 169 pages toutes écrites, le Tome 372 est daté du 30 mai 1789 et ne comporte que 96 pages écrites.

⁸⁸ Il s'agit du « confrère » Jean-Baptiste L'Etoile, qui fut le professeur de la classe de physique, sans alterner avec la classe de logique, pour les années 1787, 1788 et 1789. [LAMANDE, 1988] p.224. Peut-on y voir pour la première fois une sorte de spécialisation du professeur ?

apparition, celui d'affinités chimiques qui, avec les propriétés générales de la nature :

conduisent naturellement à ces différentes tranches de la physique.

C'est par ce sujet que débute le cours proprement dit. Après une définition des principes des corps :

les chimistes appellent principes des corps en général tous les êtres soit simples soit plus ou moins composés qu'ils retirent dans leurs analyses,

nous trouvons un historique de la notion d'éléments en évoquant Thalès, puis Stahl et Becher,⁸⁹ pour arriver à Lavoisier et en conclure que ces découvertes :

nous ont mis à même de remarquer :

1° que parmi les 4 éléments on en connaît aujourd'hui deux, l'air et l'eau que l'on est parvenu à décomposer

2° que l'existence du feu pris dans le sens que les physiciens et les chimistes ont donné à ce mot, c'est à dire un fluide particulier [...] n'est pas à beaucoup près prouvé

3° que l'eau elle-même n'a pas résisté aux dernières épreuves que les chimistes ont mis en place et que Monsieur Lavoisier est parvenu à la décomposer en plusieurs fluides aériformes.

La théorie des quatre éléments fondamentaux de la matière étant ainsi réfutée, le cours passe ensuite à la question des affinités chimiques :

on ne peut faire un pas dans l'étude de la physique sans observer les effets de cette force admirable établie entre tous les corps naturels

puis fait référence à Bergman⁹⁰, à son choix de préférer le terme «attraction» à celui d'affinité et

⁸⁹ Sans entamer ici un débat historique déjà abondamment pourvu sur la notion d'éléments, rappelons que pour Thalès l'eau est l'élément générateur de l'Univers, alors que pour Becher la matière a deux composants, l'eau et la terre, elle même partagée entre terre vitrifiable, terre matérielle et terre inflammable, cette dernière étant ensuite nommée phlogistique par Stahl.

⁹⁰ Le *Traité des affinités chimiques ou attractions électives* de Torbern Olof Bergman paru en 1775 regroupe l'étude méthodique des affinités d'un corps donné par rapport à d'autres corps. La question des affinités, c'est-à-dire de savoir si un corps va réagir ou non avec un autre progresse depuis le XVII^e siècle. Elle est à l'origine des premières

donne pour exemple deux gouttes de mercure qui s'agrègent ensemble. A la suite de quoi le cours conclut sur la cause de la force de l'affinité chimique :

Si elle est la même que celle de l'attraction, au moins la différence de ses lois d'avec celles de cette dernière indique que c'en est une modification particulière.

C'est d'abord une question d'échelle qui différencie l'attraction et l'affinité chimique car :

l'attraction n'a lieu qu'entre des masses énormes et elle est en raison directe de ses masses. L'affinité chimique ne s'exerce qu'entre deux très petits corps. Sur cet objet, il est aussi impossible de découvrir la cause de l'affinité chimique dans l'état actuel de nos connaissances qu'il a été de trouver celle de l'électricité et du magnétisme.

Après ces dix huit pages consacrées aux propriétés des corps, l'exposé se poursuit par la mobilité de ceux-ci, en énonçant les lois de la dynamique, la formule de la vitesse lors d'un mouvement uniforme et de la quantité de mouvement. On passe au mouvement composé puis aux chocs, où sont distingués les chocs élastiques des chocs directs. Le mouvement accéléré est décrit et dans le cas particulier du mouvement accéléré des corps pesants, la pesanteur est définie comme étant :

une force dont la direction en tout point de la terre concourt en son centre

dont la grandeur, elle, n'est pas la même sous tous les climats. Le cours évoque ensuite le mouvement des corps sur les plans inclinés ainsi que le mouvement du pendule.

Ce mouvement est l'occasion d'un problème donné aux élèves et suivi de son corrigé sans que nous sachions si l'ensemble a été dicté ou bien si les élèves ont eu un temps de recherche, individuel ou collectif, ainsi que d'un exposé par eux mêmes d'une solution.

La longueur d'un pendule étant donné, ainsi que le temps qu'il emploie à faire ses vibrations, trouver la longueur d'un autre pendule qui exécute les siennes dans un temps donné.

Le corrigé proposé est le suivant :

lois de proportionnalité lors des réactions chimiques ainsi que de la découverte de nombreux corps. Voir GOUPIL M. *Du flou au clair ? Histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*, Paris : Editions du CTHS, 1991.

Nous savons, d'après l'expérience, qu'un pendule de 3 pieds 8 lignes et demi mesure exactement la seconde dans le climat de Paris. Supposons donc qu'on veuille trouver quelle longueur il faudrait donner à un autre pour qu'il ne fit qu'une seule vibration en trois secondes. Puisque la durée de la vibration de ces pendules est comme la racine carrée de leurs longueurs, les carrés des temps employés à faire les vibrations indiquées sont donc entre eux comme les simples longueurs de ces pendules. Cela revient à trouver le quatrième terme d'une proportion dont les deux premiers sont les carrés des temps connus et le troisième [passage illisible ; sans doute la longueur ?] d'un de ces pendules. [...] l'opération faite, nous trouvons 2 pieds 6 pouces 4 lignes et demi.

On remarquera qu'il s'agit presque d'une situation problème de type ouvert. Ce n'est pas l'application d'une formule pour trouver un résultat mais bien le fait de mobiliser un ensemble de connaissances, jusqu'au choix des données numériques en faisant appel à un résultat expérimental qui est la résolution attendue. Toutefois, le corrigé proposé est manifestement faux. En effet, s'il est exact que la « vibration » d'un pendule simple⁹¹, nous dirions la période T , est bien proportionnelle à la racine carrée de sa longueur l , plus précisément

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

où g désigne l'intensité de la pesanteur, alors il est vrai que

les carrés des temps employés à faire les vibrations indiquées sont donc entre eux comme les simples longueurs de ces pendules.

puisque pour deux pendules de périodes T_1 et T_2 nous aurions

$$T_1^2 = \frac{4\pi^2}{g} l_1 \text{ et } T_2^2 = \frac{4\pi^2}{g} l_2$$

Dit autrement, le carré de la période d'un pendule simple est proportionnel à sa longueur. Mais alors, si le premier pendule a une période de 1 seconde, l'autre pendule, pour avoir une période de 3 secondes, doit être manifestement plus long et non plus court. Or le corrigé indique une

⁹¹ Le pendule pesant, encore nommé pendule de gravité ou pendule composé, est un solide pouvant tourner autour d'un axe horizontal fixe et soumis à la pesanteur seule. Le pendule simple est un pendule pesant idéal, formé d'une masse ponctuelle liée à un point fixe par un fil inextensible et de masse négligeable.

valeur de longueur plus petite. Autre problème, la signification du mot « mesure » dans la phrase :

un pendule de 3 pieds 8 lignes et demi mesure exactement la seconde

S'agit-il effectivement de la période du pendule, c'est-à-dire la durée d'un aller et retour de celui-ci, ou bien d'une demi période ? Si l'on convertit la longueur du pendule initial en mètres⁹², nous obtenons une longueur de 0,99 m. La période du pendule, en prenant pour l'accélération de la pesanteur g la valeur de $9,8 \text{ m.s}^{-2}$, est alors de 2,00 s. Il s'agit donc d'un aller du pendule et non d'un aller et retour qui mesure la seconde. Ce qui est nommé « vibration » correspond donc à une demi-période⁹³. Cela dit, la valeur proposée est précise. Il est intéressant de constater également que la phraséologie est assez similaire à celle que l'on peut trouver dans l'*Histoire de l'Académie Royale des Sciences* pour l'année 1700⁹⁴. En effet, dans l'article intitulé « Sur la longueur du pendule », il est écrit :

Le pendule qui bat les secondes selon le mouvement moyen est à Paris de 3 pieds 8 lignes $\frac{5}{5}$

² Après la dynamique, nous trouvons une partie statique avec le centre de gravité, le principe du levier et l'application de ce dernier aux machines simples que sont par exemple la poulie ou la balance. Cette soixantaine de pages est complétée par une vingtaine consacrées à l'hydrodynamique et qui sont quasiment identiques à celles copiées par Pellerin. Il n'y a aucun schéma, mais des références à des figures qui ne sont pas dans le cahier.

La troisième partie comporte vingt trois pages consacrées à l'optique

science de la vision ou de la lumière

et débute par la nature et la propagation de la lumière. Le cours présente l'idée des cartésiens

⁹² Un pied vaut environ 32,5 cm, un pouce 2,71 cm et une ligne 2,25 mm. Environ, car cette valeur peut dépendre de la ville où l'on se trouve. Voir MOREAU H. *Le système métrique. Des anciennes mesures au système international d'unité*, Paris : Chiron, 1975 p. 11-17.

⁹³ Dans le programme de la classe de mathématiques spéciales du 23 septembre 1842, la formule pour déterminer

l'intensité de la pesanteur est toujours $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

⁹⁴ Consultable sur <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3502d>

selon laquelle la lumière est un fluide, puis celle de Newton, une émanation réelle de la surface propre des corps lumineux, et conclut que d'après les recherches des physiciens modernes, c'est la plus satisfaisante des explications. Le cours d'optique se poursuit par la catadioptrique, la dioptrique et des constructions géométriques là encore sans les schémas où seules les lettres des figures sont indiquées. Comme pour l'hydrodynamique, on peut supposer que le professeur prévoit de commenter des gravures destinées à l'ensemble des élèves, ou bien qu'il soit à même de les réaliser sur un tableau. Le fonctionnement du télescope de Newton est expliqué à la fin de cette partie.

On passe ensuite à quarante pages consacrées aux corps célestes. Les planètes, leurs lunes et leurs orbites sont étudiées dans le cadre des systèmes du monde, mais ceux-ci sont partagés entre *astronomie optique*, c'est-à-dire les systèmes imaginés par les astronomes pour expliquer les mouvements observés soit Ptolémée, Copernic, Tycho-Brahé, et *astronomie physique* où il s'agit d'appliquer les courbes physiques connues aux mouvements des corps célestes. Un point toutefois est à relever, cette partie est écrite en latin et se termine par cette conclusion sans appel :

Systematis newtoniani principia vera sunt !

La dernière partie annoncée comme étant la connaissance des corps est intitulée «*De la géologie*⁹⁵» et son plan est le suivant :

dans cette partie nous traiterons 1° du feu 2° de l'air 3° de l'eau 4° de la Terre 5° des phénomènes terrestres.

Sur une trentaine de pages, le feu et la «nature du feu», objet de controverses chez les

⁹⁵ Au XVIII^e siècle, le mot «géologie» apparaît dans le tableau du *Système figuré des connaissances humaines* de l'*Encyclopédie*, comme division de la cosmologie, elle-même constitutive de la physique particulière. Le mot «géologie» n'est pas répertorié dans la quatrième édition du Dictionnaire de l'Académie Française de 1762, sa cinquième édition ne paraissant qu'en 1798. Au Moyen Âge, la géologie était le champ d'étude de tout savoir terrestre par opposition à la théologie qui s'occupait du divin. À partir du milieu du XVII^e siècle, les sciences de la Terre proprement dites deviennent un domaine de recherche partagé aussi bien par les physiciens que les médecins ou des voyageurs curieux des phénomènes de la nature. Mais sur le simple exemple de la minéralogie, on utilise des méthodes physiques, chimiques, les mathématiques et les sciences naturelles pour étudier les minéraux. Il n'est donc pas étonnant de trouver sous cette rubrique «géologie» le magnétisme et l'électricité. Quant au feu et à l'air, débarrassés des conceptions liées aux éléments, ils deviennent des phénomènes naturels.

savants pendant la seconde moitié du XVIII^e siècle⁹⁶, sont éludés au profit des effets observables. C'est un point important : il n'est plus question de systèmes ou de raisonnements, mais de faits. Parlant des chimistes, le cours indique que :

il ne leur a point été possible de saisir cet être [...] nous considérerons comme autant d'effet du feu la chaleur, le phlogistique et l'électricité.

Le cours donne comme références d'une part les conceptions de Macquer pour le phlogistique⁹⁷ et d'autre part les travaux de Lavoisier et Laplace pour la chaleur⁹⁸, ce qui est remarquable puisque la publication académique n'a eu lieu que cinq ans plus tôt. Toutefois, il n'y a pas de récit ni du support théorique des mesures ni de la réalisation pratique des mesures de Laplace et de Lavoisier et les résultats expérimentaux ne sont pas mentionnés. Par contre, le cours ne prend pas position pour ou contre le phlogistique et en cela, il est totalement fidèle au mémoire de Lavoisier et Laplace qui adoptent la même posture. Nous reviendrons régulièrement sur ces expériences de Lavoisier et Laplace sur la chaleur, qui consistaient concrètement à déterminer des chaleurs spécifiques par la pesée d'une quantité de glace fondue, et qui nous serviront de fil rouge sur le lien entre l'expérience savante et sa déclinaison en terme de pédagogie. Dans le cas présent, c'est une seule mention de l'expérience qui sert de démonstration à la parole de l'enseignant.

On trouve par contre la description de la combustion spontanée d'un grain de phosphore à l'air libre. L'argumentation développée à la suite de cette expérience, dont le cours ne dit pas qu'elle soit réalisée effectivement, est que le feu est bien en tout cas un phénomène naturel. Dans cette même partie nous trouvons l'électricité avec la description d'expériences menées par

⁹⁶ A la fin du XVIII^e, les travaux des chimistes permettent d'affiner successivement deux grandes théories, celle du phlogistique et celle du calorique.

⁹⁷ Comme de nombreux chimistes de l'époque, Macquer tente de concilier le phlogistique avec les résultats obtenus par Lavoisier. Voir par exemple VIEL C. Le Dictionnaire de chimie de Pierre-Joseph Macquer, premier en date des dictionnaires de chimie. Importance et éditions successives, *Revue d'histoire de la pharmacie*, 2004, 342.

On imagina même que le phlogistique se comportait à l'opposé de tous les autres corps face à la pesanteur afin d'expliquer l'augmentation de la masse des métaux calcinés.

⁹⁸ LAVOISIER A.L., LAPLACE P.S., « Mémoire sur la chaleur », *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1780 [1784], p.355-408.

Guericke et son globe⁹⁹, puis sont citées l'expérience de Gray et Wehler¹⁰⁰ et celles de Le Monnier et Watson¹⁰¹ et enfin le récit d'une expérience :

Des physiciens qui se sont occupés de l'électricité depuis Otto de Guericke ont imaginé une infinité d'expériences très curieuses pour démontrer les mêmes phénomènes [...] Par exemple, pour prouver l'attraction et la répulsion, on a une plaque de métal surmontée d'un crochet avec lequel on la suspend immédiatement au conducteur. Sous cette plaque, répond un guéridon sur lequel on pose de petits corps légers et à mesure qu'on fait agir la machine électrique on les voit se porter alternativement du guéridon à la plaque.

Le style semble indiquer qu'il s'agit de la description d'une expérience de cours effectivement réalisée et non d'un commentaire d'une planche d'ouvrage. Ainsi on peut lire des tournures de phrases du genre :

si aux corps *dont nous venons de faire usage*, au lieu des petites figures dont nous nous sommes servis dans la dernière expérience...

Or, si l'on compare avec un des classiques de la physique expérimentale de l'époque, à savoir la *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* de Sigaud de Lafond, nous trouvons cette description d'une des planches illustrant l'ouvrage :

⁹⁹ Otto de Guericke a décrit dans l'ouvrage *Experimenta nova Magdeburgica* son dispositif constitué d'un globe de soufre pouvant tourner à l'aide d'une manivelle et sur lequel il tenait un morceau de drap pour opérer le frottement. Il observa entre autres qu'un corps léger attiré par le globe de soufre électrisé, dès qu'il a touché le globe, est repoussé.

¹⁰⁰ Il s'agit de l'expérience de transport de l'électricité réalisée le 2 juillet 1729 où un tube de verre chargé est attaché à une corde de chanvre qui sert de conducteur et possédant à son extrémité une boule en ivoire pouvant attirer des corps légers.

¹⁰¹ En déchargeant une bouteille de Leyde, Louis Guillaume Le Monnier en 1746, puis William Watson en 1747, cherchèrent à mesurer la vitesse de propagation de l'électricité le long d'un fil.

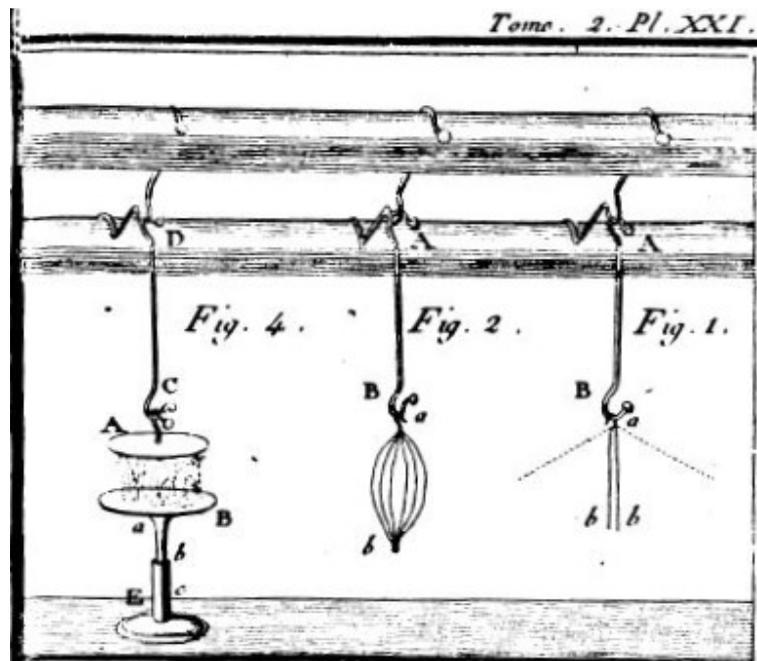


Figure 3 : Planche XXI tome 2 *Description et usage d'un cabinet...* de Sigaud de Lafond

On place un petit guéridon de métal *BE* au-dessous de la platine suspendue ; on met des corps légers [...] Dès qu'on électrise la platine *A*, elle attire aussitôt à elle les corps légers placés sur la platine *B* [...] Ces corps attirés par la platine *A* en sont ensuite repoussés & ils viennent contre la platine *B* se dépouiller de la vertu électrique qu'ils ont acquise pour aller aussitôt après en reprendre une nouvelle dose contre la platine *A* qui les repousse encore¹⁰²

Jean-Baptiste L'Etoile connaît visiblement la description que fait Sigaud de Lafond de cette expérience.

Le cours reprend en mentionnant les expériences de Dufay où il produisait des étincelles électriques, puis présente les différentes théories sur l'électricité de Dufay, Nollet et Franklin.

Également constituée d'une trentaine de pages, la partie intitulée «*de l'air*» est une succession de récits d'expériences :

Toutes les expériences que nous venons de rapporter

indique le texte, allant des sphères de Magdebourg d'Otto de Guericke à l'analyse de l'air de

¹⁰² SIGAUD DE LAFOND, J. *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, t.II, Paris : Gueffier, 1775, p. 321-322.

Lavoisier, servent à dresser la liste des propriétés physiques de l'air, dont sa compressibilité et le rapport au son, et de ses propriétés chimiques de l'air avec mention de l'air déphlogistiqué de Lavoisier.

Pour la partie intitulée «*de l'eau*», trente pages également qui suivent un plan identique, avec la même mention des travaux de Lavoisier qui semble être la référence incontournable de cette partie du cours.

Enfin, la dernière partie «*de la terre*» traite en six pages des propriétés du magnétisme des aimants et de leur origine naturelle. On y trouve la méthode de réalisation de la magnétisation d'une aiguille qui clôt le cours proprement dit. Nous pouvons laisser l'auteur lui-même conclure sur l'intérêt de ce cours de physique de 1789 :

Je finirai en vous exhortant de suppléer par vos études particulières ce que le temps ne nous a pas permis de voir. D'ailleurs, la science de la nature est si étendue, si variée et si digne de l'homme que vous ne vous repentirez jamais de lui avoir accordé quelques instants. Son étude délasse l'esprit en l'occupant : quoi de plus capable en effet de donner du jeu aux facultés de votre âme de chercher à deviner le mystère des causes physiques ; mais prenez garde que je ne prétende pas que la physique remplisse tous vos moments je sais que quelque nombreuse que soit une classe, tous ne sont pas nés pour être physiciens. L'Église, la robe, et peut être l'épée ont sans doute des droits sur vous auxquels vous seriez inexcusables de manquer. Je dis même plus, vous n'êtes citoyens que pour un de ces états. Étudiez donc la physique dans vos loisirs et par-là vous dérober au monde d'autant qu'il ne pourrait vous promettre que de l'ennui et des remords.

Par rapport au cours de 1769, on ne peut que constater l'entrée en force de la chimie dans le cours de physique. A la même période, dans une thèse présentée en juillet 1790 par Louis Auguste Thorel¹⁰³ au collège de l'Oratoire d'Angers¹⁰⁴, on peut lire que l'air :

se résout en deux principes composés eux-mêmes

que l'air déphlogistiqué, notre dioxygène :

est la seule cause de toute combustion.

¹⁰³ Bibliothèque municipale d'Angers, imprimé de cote H 3804.

¹⁰⁴ Ce collège est comme celui de Nantes une faculté des Arts. Sur le collège de l'Oratoire d'Angers, on pourra consulter MAILLARD J. *L'Oratoire à Angers aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles*, Paris : Klincksieck, 1975.

Quant à l'eau :

l'analyse et la synthèse [...] démontrent qu'elle est le produit immédiat de la combustion des gaz oxygène et hydrogène dans un rapport de 1 à 6 .

Sept ans après les recherches de Lavoisier, un an seulement après la publication de son *Traité élémentaire de chimie*, on peut considérer que l'enseignement donné aux collèges de Nantes et d'Angers est au plus près de la science en marche.

Sur l'objectif de ce texte, on peut dire qu'il s'agit d'un véritable cours de sciences physiques, nouveau dans son esprit. Un ensemble de connaissances scientifiques sont délivrées. Sans parti pris ostensible, on peut constater une volonté de présenter d'une part un corpus de valeurs sûres de la physique, à savoir la physique de Newton, et d'autre part les différentes idées du temps avec un vocabulaire pédagogiquement précis. La présence d'un texte d'exercice dans le cours du professeur est à ce titre un exemple de la volonté de celui-ci de se placer dans un cadre d'enseignement de la science tout en diffusant ses résultats les plus marquants. Nous pouvons enfin constater l'apparition d'un discours de l'expérience, englobant à la fois les résultats expérimentaux obtenus par les savants comme preuve de leurs théories et les descriptions des manipulations proprement dites, certaines de celles-ci étant visiblement réalisées pendant le cours. Nous ne sommes plus dans une physique qui enseigne des systèmes, mais des connaissances reliées à des expériences. Cet esprit est nouveau par rapport au cours donné vingt ans plus tôt. Il manque encore l'expérience conjointe à l'utilisation de la mesure mais on peut parler de l'émergence d'une référence expérimentale dans le cours de physique à côté de pratiques expérimentales.

Les conditions matérielles ont-elles limité les ambitions du professeur, ou bien le rôle de l'expérience dans l'enseignement des sciences physiques est-il encore à établir ?

1.4.5. Les conditions matérielles de l'enseignement des sciences physiques à Nantes

L'expérimentation dans l'enseignement des sciences physiques dépend grandement des conditions matérielles. Celles ci conditionnent même bien souvent la pédagogie pratiquée. Nous évoquerons donc successivement le laboratoire de sciences physiques, le matériel disponible, le cas très particulier des expériences avec des aérostats et enfin le rôle de la bibliothèque du

collège.

1.4.5.1. Le laboratoire de sciences physiques

Première condition à la réalisation d'expériences dans le cadre de l'enseignement des sciences physiques, l'existence d'un laboratoire. C'est le cas du collège de Nantes qui possède un cabinet et une salle de cours dédiée à l'enseignement des sciences physiques. Nous en avons la preuve par une description tardive, réalisée au cours d'une visite¹⁰⁵ d'officiers municipaux en 1793 :

Située au rez de chaussée avec les autres salles de cours dans la salle dite de physique, deux rangs de bancs autour d'icelle. Joignant les murs, une chaire, manquent quelques carreaux de vitres aux croisées, un cabinet à coté d'icelle et qui n'en est séparé que par une cloison de bois, garnis de tablettes contenant des instruments de physique.

Il y a donc un lieu spécifique pour enseigner les sciences physiques ainsi que des instruments de physique. Le professeur peut donc effectivement présenter s'il le souhaite des expériences devant sa classe car il dispose bien d'instruments pour cela. De quel matériel pouvait-il disposer et que pouvait-il leur montrer ?

1.4.5.2. Le matériel expérimental

Nous n'avons pas trouvé d'inventaire détaillé, objet après objet, de ce matériel expérimental comme il en avait été établi dans d'autres établissements à la Révolution. Plus exactement, le seul inventaire dont nous disposons est celui que nous avons évoqué précédemment¹⁰⁶. « Instruments de physique » donc. Pourquoi si peu de détails ? Nous n'avons pas de réponses à cette question, mais peut-être une hypothèse. Comme nous allons le voir un peu

¹⁰⁵ Archives départementales de Loire Atlantique, Q506 domaine nationaux, clergé séculier, inventaire des titres et de mobilier états de situation, pièce 87. Le 26 octobre 1793, deux officiers municipaux accompagné de l'architecte Mathurin Crucy viennent pour visiter le collège de l'Oratoire afin d'envisager sa transformation en hôpital militaire. Un commissaire du directoire du département assiste également à l'inventaire.

¹⁰⁶ Ce même inventaire est également visible aux Archives municipales de Nantes, R1, carton 47, dossier 1.

plus loin, ce matériel expérimental est un matériel très spécialisé et peut-être que le rédacteur du rapport ignore tout simplement le nom des instruments. Nous avons par exemple un inventaire très précis du matériel du Collège de France, mais il a été réalisé entre autres par Jean Nicolas Fortin, le très renommé fabricant d'instruments scientifiques. Il n'y avait pas de tels fabricants à Nantes. Plus étonnant par contre, le fait que dans le livre de compte¹⁰⁷ produit à chaque visite de 1765 à 1790 où l'on trouve les dépenses et recettes de la période examinée par le visiteur, ainsi qu'un avis de ce dernier, il n'y a aucune mention pour cette période de l'achat d'un matériel de physique expérimentale, alors que les comptes sont extrêmement détaillés. Mais heureusement, les appareils tombent en panne, et nous avons la trace des réparations effectuées. En croisant ces données avec des collections d'établissements similaires, nous allons pouvoir donner une image raisonnable des instruments disponibles au collège de l'Oratoire.

Il faut tout d'abord indiquer que se procurer du matériel de physique expérimentale dans une ville de province ne pose pas de problèmes majeurs. D'une part, l'abbé Nollet a édité en 1770 *L'Art des expériences* où l'on trouve tous les éléments nécessaires à la réalisation du matériel des expériences des *Leçons de physique expérimentale*. D'autre part, il existe des fournisseurs connus. On trouve ainsi mention dans les documents de la municipalité en 1766 de Charles Rabiqueau «*opticien du roi pour la lumière et démonstrateur de physique expérimentale*¹⁰⁸.» Cet avocat tient à Paris un cabinet de physique expérimentale qui est aussi une boutique¹⁰⁹. Autre possibilité, dans son *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, ou bien dans sa *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* Sigaud de Lafond indique où l'on peut se procurer les appareils nécessaires¹¹⁰, entre autres chez les frères Dumotiez¹¹¹.

¹⁰⁷ ADLA, pièce H346.

¹⁰⁸ AMN, pièce D377. Il s'agit d'un prospectus pour des lanternes «Rabiqueau» que la municipalité souhaite acquérir. Ce prospectus est très au point, car comment résister à son slogan sous forme de vers:

pour se mettre à la mode on veut un Rabiqueau,
cet auteur sait le mieux propager la lumière,
en génie inventif par son traité nouveau,
il éclaire aussi bien l'esprit que la matière...

¹⁰⁹ Voir TORLAIS J. *Un physicien au siècle des Lumières : L'Abbé Nollet*, Elbeuf : Jonas, 1987.

¹¹⁰ TORLAIS J. « La physique expérimentale » in TATON R. (dir) *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris : Hermann, 1964.

De quoi pouvait donc disposer le collège de l'Oratoire de Nantes ? Comme l'a montré Maurice Daumas, les instruments purement de physique restent rares dans les inventaires qui nous sont parvenus aussi bien pour les cabinets privés que les collections scolaires¹¹² et leur nombre varie énormément en fonction de l'établissement. Grâce à une facture de réparations effectuées en 1791 par Gabriel Merazi¹¹³, nous pouvons affirmer que le collège de l'Oratoire possédait au moins une machine pneumatique, une fontaine d'Héron, baptisée « Oron » par le réparateur, une machine électrique, une bouteille de Leyde, orthographiée « l'aide » par le même, décidément peu au fait du matériel utilisé en physique ou pour le moins de leur orthographe. Au collège d'Angers, un inventaire¹¹⁴ de 1792 relève la présence d'une machine pneumatique, d'une machine électrique, d'une fontaine de Héron pour la compression de l'air, de divers récipients en verre dont un pour pratiquer la distillation et d'une lanterne magique.

En croisant les diverses sources que nous avons trouvées, voici ce que pourrait être a minima la liste des instruments de physique au collège de l'Oratoire :

- une pompe à vide ;
- une pompe à feu :
- une fontaine d'Héron :
- une fontaine de compression
- une machine électrique ;
- une bouteille de Leyde ;
- les miroirs ardents.

On trouvera en annexe 2 cette liste avec l'inventaire du collège d'Angers et de l'école militaire d'Auxerre et que nous remettrons également en perspective avec d'autres collections. Sans doute le collège de Nantes possédait-il une collection similaire, permettant de montrer des phénomènes plus que de démontrer la validité des lois par des mesures avec une prééminence des phénomènes

¹¹¹ Les deux frères Dumotiez, Louis-Joseph et Pierre-François, font partie des fabricants de référence pour le matériel des collèges. C'est Pierre-François qui fera l'inventaire du célèbre cabinet de physique de Charles. Lui aussi devait connaître la dénomination précise des instruments à la différence de nos officiers municipaux nantais évoqués précédemment. Voir DAUMAS M. *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris : PUF, 1956.

¹¹² [DAUMAS, 1956]

¹¹³ AMN, R1, carton 47, dossier 1. Nous ne savons pas qui est Gabriel Merazi, sans doute un artisan, qui a facturé ses « racomodages » et ses « arangemens » le 10 octobre 1791.

¹¹⁴ Archives départementales du Maine et Loire, pièce 13 Q 13.

électriques.

Ce rôle de l'expérience en tant que présentation de phénomènes est confirmé par une série d'expériences à une plus grande échelle auxquelles est lié le collège: les aérostats.

1.4.5.3. Les ascensions en ballon à Nantes

Nantes est en effet le lieu de deux expériences de vol d'aérostat le 14 juin et le 6 septembre 1784. Cela fait pratiquement un an que les vols de ballon se succèdent dans différentes villes de France. Le côté spectaculaire de ces vols assure l'immense popularité de ceux-ci. En même temps, l'Académie Royale des Sciences profite des vols d'aérostats pour effectuer des expériences de recherche en physique portant sur les propriétés élastiques des gaz ainsi que l'étude du magnétisme terrestre en fonction de l'altitude¹¹⁵. A Nantes, deux équipes sont en compétition. L'une est une équipe d'initiative locale comportant dans ses rangs le professeur de physique de l'Oratoire, le confrère Joseph Mouchet, l'autre équipe, elle, est missionnée par l'Académie des sciences de Paris, et menée par Pierre Lévêque, professeur de mathématiques à l'école d'hydrographie de Nantes et membre correspondant de l'Académie des sciences. Ce sont également deux techniques qui sont en compétition. Les Oratoriens utilisent comme gaz plus léger que l'air pour faire monter le ballon l'air chaud selon la technique des frères Montgolfier et ont déjà procédé à un essai sans passager le 24 décembre 1783, essai où le ballon a malheureusement fini sa course en s'écrasant contre un toit. L'autre technique utilisée par le physicien Charles en 1783 en gonflant le ballon au dihydrogène¹¹⁶ a la préférence de l'Académie

¹¹⁵ Pour une description détaillée de ces expériences nantaises ainsi qu'une mise en perspective de celles-ci, on pourra consulter DHOMBRES J. (éd) *Un musée dans sa ville*, Nantes : Ouest éditions, 1990 ainsi que le livre tiré de la thèse de LE ROY T. *Les bretons et l'aéronautique*, Rennes : PUR, 2002.

¹¹⁶ Le dihydrogène est identifié par Henry Cavendish en 1765. C'était jusqu'alors un « air » qui se dégageait lors de la réaction entre le fer et l'acide sulfurique, tout comme la réaction des acides sur les carbonates produisait aussi un « air », le dioxyde de carbone. Alors que ce dernier prend le nom d'air fixe et qu'il est différencié de l'air atmosphérique, Cavendish constate qu'un mélange d'air atmosphérique et de dihydrogène est combustible et peut détonner. Il le baptise donc « air inflammable ». Il faut préciser que d'autres « airs inflammables » existent tel celui apparaissant lors de la réaction entre le zinc et l'acide chlorhydrique et comme l'indique Maurice Daumas dans [TATON, 1995]

Une certaine confusion persista encore quelque temps à leur sujet.

des sciences de Paris et celle de Pierre Lévêque. Lui aussi dispose d'un retour d'expérience locale car deux amateurs d'aérostation, de l'Aligant de Morillon et Gareau, ont construit eux-mêmes un tel ballon qui doit s'envoler devant le public nantais le 13 mars 1784. Ce ballon n'a pas un destin plus heureux que celui des Oratoriens : alors que son remplissage était terminé, la corde le retenant au sol est coupée par inadvertance et le ballon s'envole sans ses passagers. Il n'est retrouvé que le lendemain au sud de Nantes¹¹⁷. Finalement, le ballon prévu par Lévêque étant d'une taille trop importante et l'exigence des Oratoriens ne portant finalement que sur la présence de Mouchet comme passager¹¹⁸, un accord est trouvé. Au mois de juin, la construction d'un seul ballon prévu pour être gonflé à l'hydrogène, «le Suffren», est achevée. Il s'agit ensuite de produire le dihydrogène nécessaire à ce remplissage¹¹⁹. Il est obtenu par la réaction entre l'acide sulfurique et le zinc en utilisant un alliage de cuivre et de zinc¹²⁰. Nous n'entrerons pas ensuite dans le détail du récit déjà fait des deux essais qui ont eu lieu¹²¹ mais nous relèverons que des

¹¹⁷ Les expériences de l'Aligant de Morillon et Gareau sont racontées dans les *Affiches générales de Bretagne* du 19 mars et du 23 août 1784. Une chanson a même été écrite à ce sujet !

¹¹⁸ Il est accompagné d'une figure locale, Coustard de Massy, un mousquetaire qui a son fils à l'Oratoire. C'est bien plus l'exploit sportif que la physique qui le motive pour participer à l'expérience.

¹¹⁹ Avec le second vol du ballon à hydrogène de Charles le 1^{er} décembre 1783, l'Académie des sciences de Paris, qui a constaté que le ballon à hydrogène était supérieur à la montgolfière en terme de vitesse ascensionnelle et d'altitude atteinte, a lancé un programme de recherche qui porte sur deux points : la confection de tissus étanches au gaz et la préparation en grande quantité d'hydrogène. Ce dernier point est étudié par Meusnier de la Place et Lavoisier. Voir DAUMAS M. *Histoire générale des techniques : l'expansion du machinisme 1725-1860*, Paris : PUF, 1979 1^{ère} édition, réédition Quadrige 1996.

¹²⁰ Ce procédé a été longtemps utilisé dans les laboratoires de chimie des établissements d'enseignement avec l'appareil de Kipp qui permettait une fabrication continue de dihydrogène par action de l'acide chlorhydrique ou sulfurique sur du zinc. Le dihydrogène fabriqué passait dans un flacon de sulfate de cuivre qui retenait le sulfure d'hydrogène susceptible de se former par réduction de l'acide sulfurique par le zinc, et on prenait souvent l'habitude de déposer quelques gouttes de sulfate de cuivre sur le zinc, car le cuivre qui se déposait sur le zinc fabriquait une pile et favorisait ainsi l'attaque d'un zinc trop pur. Le principe du procédé mis au point par Lavoisier et Meusnier est différent. Il consiste à faire passer de l'eau sur du fer porté en rouge. Il se produit une réaction d'oxydo-réduction où l'eau réduite par le fer donne du dihydrogène et un oxyde de fer (FeO ou Fe₃O₄ selon la température à laquelle se produit la réaction). Lavoisier exploite cette technique pour ses expériences de décomposition et de recomposition de l'eau, voir DAUMAS M. *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Paris : PUF, 1955, ainsi que BENSUADE-VINCENT B. *Lavoisier, Mémoires d'une révolution*, Paris : Flammarion, 1993.

¹²¹ [DHOMBRES, 1990].

instruments de mesures tels qu'un hygromètre, un baromètre et un thermomètre sont emmenés. Donc ces appareils existaient à Nantes. Ne peut-on penser qu'ils appartenaient au collège ?

La présence du professeur de physique du collège de l'Oratoire ne doit pas pour autant nous laisser supposer que ces expériences sont aussi une sorte de projet pédagogique à grande échelle. Il est a priori peu probable que les élèves du collège ont participé de manière active à la réalisation de ces expériences de vol aérostatique¹²². D'abord, ils ne sont pas cités dans le procès verbal rédigé par le principal collaborateur de Lévêque, procès verbal qui crée d'ailleurs une polémique¹²³. De plus, nous pouvons supposer qu'il ne paraît pas possible d'associer de manière valable ces élèves à un travail de recherche qui préoccupe les savants de l'époque au plus haut niveau. Faire des mesures physiques, pour nous classiques maintenant, sont pour l'instant l'apanage des scientifiques, et les élèves, dépourvus de formation technique et de compétences expérimentales pratiques, ne peuvent même pas participer en tant qu'assistants à ce projet. On ne peut pas dire pour autant que cette forme très particulière d'expérience n'ait aucune retombée dans le cadre de l'enseignement des sciences. Ainsi, le principe de l'expérience est exposé dans un manuel à usage scolaire «*une vessie remplie d'un gaz plus léger que l'air qui enveloppe le globe terrestre, montera*¹²⁴. » De plus, les ascensions en ballon ont contribué à créer une image positive de la science¹²⁵, y compris pour des élèves ne se destinant pas à une profession scientifique, et, pour employer un terme moderne, ont dû motiver les élèves pour l'enseignement scientifique. Même si ceux-ci ne voient au cours de leur enseignement qu'un principe expérimental très simple exposé dans l'ouvrage des récréations physiques¹²⁶, ils sont néanmoins

¹²² Encore faut-il s'entendre sur le terme « de manière active ». Les élèves n'ont pas participé non plus de manière active aux expériences de le plan incliné.

¹²³ [DHOMBRES, 1990].

¹²⁴ GUYOT E-G. *Nouvelles récréations physiques et mathématiques*, Paris : Gueffier, 1769, un ouvrage utilisé dans le cadre des cours de physique des Oratoriens. Il connut 7 rééditions, et constitue un livre de « physique amusante », dans l'esprit des articles de Tom Tit dans *L'Illustration* à la fin du XIX^e siècle.

¹²⁵ Ainsi Népomucène Lemercier, écrivain et auteur de pièces de théâtre sous l'Empire et la Restauration, avait été marqué par la première ascension en ballon de Charles. Il fait partie de ces littérateurs qui ont glorifié la science. Voir DHOMBRES N. et J. *Naissance d'un nouveau pouvoir : sciences et savants en France 1793-1824*, Paris : Payot, 1989.

¹²⁶ Plus qu'une manière ludique d'intéresser les élèves faut-il voir une volonté de leur montrer par des expériences simples quelques principes physiques de base. L'opération *La main à la pâte* lancée en 1996 par Georges Charpak a montré le rôle indispensable de ces expériences dans la formation de l'esprit scientifique chez les jeunes élèves.

au plus près des préoccupations des scientifiques de l'époque grâce à leur professeur.

Cette proximité avec la science est confirmée par le contenu d'une bibliothèque scientifique de grande qualité.

1.4.5.4. La bibliothèque du collège

Il est de tradition dans tous les collèges de l'Oratoire d'avoir une bibliothèque avec un budget propre et dont le contenu est scrupuleusement répertorié dans un catalogue. Les élèves ont accès à cette bibliothèque, les meilleurs pouvant étudier des ouvrages leur permettant d'approfondir sérieusement leurs connaissances¹²⁷. A Nantes, la bibliothèque du collège de l'Oratoire est à l'origine de la bibliothèque municipale. Elle possède entre 10000 et 11000 imprimés ou manuscrits et elle est mise à disposition de la ville en 1753 en échange de l'entretien par celle-ci des locaux¹²⁸. Les ouvrages portent à l'encre rouge les armes de la ville et l'inscription « Bibliotheca publica civitatis namnetensis ». Le peu d'apports dû aux autres couvents au moment des nationalisations de 1789 ainsi qu'aux émigrés permettent de dire que le fonds ancien de la bibliothèque de Nantes est vraiment oratorien, bien que l'on ne possède pas de liste officielle des ouvrages provenant de l'Oratoire. Néanmoins, par le catalogue Péhant, le conservateur de la bibliothèque de 1848 à 1876, on peut retrouver à l'aide de la date les livres provenant de l'Oratoire.

Sans dresser une liste complète et détaillée des livres de la bibliothèque de l'Oratoire, dont on pourra trouver une sélection à l'annexe 1, une première catégorie d'ouvrages peut être distinguée. Tous les traités originaux des auteurs fondamentaux pour les sciences physiques sont présents. Aristote, Descartes, Galilée, Huygens, Newton, Boyle, Lavoisier, pour ne citer que les incontournables, apparaissent et permettent à la fois une approche historique des sciences physiques tout en suivant relativement l'actualité scientifique. Une deuxième catégorie peut être constituée avec les diffuseurs de Newton. Il y a les newtoniens français, Voltaire, la marquise du Châtelet, mais aussi les newtoniens de Hollande, à savoir s'Gravesande et Musschenbroek.

¹²⁷ Des ouvrages portant une mention latine indiquant qu'ils sont réservés aux bons élèves sont signalés par Pierre Costabel dans [COSTABEL, 1964].

¹²⁸ AMN, pièce BB93. C'est la nomination du R.P Giraud, prêtre de l'Oratoire comme premier bibliothécaire ainsi que le règlement de la bibliothèque, ces textes étant datés des 1, 13 et 18 avril 1753.

Jusque là, ce pourrait être la bibliothèque scientifique de n'importe quel esprit éclairé. Plus fondamental dans le cadre de l'enseignement des sciences physiques, on peut constater l'existence très tôt d'ouvrages de synthèse pouvant servir soit directement de cours soit de base de cours. La présence du traité de physique de Rohault dans son édition originale de 1671 et ses rééditions successives est significative de la volonté des Oratoriens de diffuser les sciences. Datant pourtant du XVII^e siècle, il reste une référence au siècle suivant. A cet effet, le rôle fondamental du livre chez les Oratoriens se retrouve dans la publication d'ouvrages rédigés par des Oratoriens pour l'enseignement des sciences. On peut citer le *Traité de mécanique* du P.Lamy, paru dès 1679, également auteur de *Entretien sur les Sciences* dans lesquels outre la méthode d'étudier, on apprend comment l'on doit se servir des sciences pour se faire

l'esprit juste et le cœur droit

paru en 1684. Ce dernier ouvrage qui comprend de nombreuses idées pédagogiques novatrices reflète le souci fondamental des Oratoriens de donner aux élèves le goût de la culture scientifique¹²⁹. Nous pourrions aussi constater que cette volonté s'affranchit du corporatisme car les ouvrages de grande qualité des professeurs jésuites sont présents. C'est ainsi que l'on peut relever par exemple le *Dictionnaire de physique* du Père Paulian ou *Les entretiens physiques d'Ariste et d'Eudoxe* du Père Regnault.

Nous pouvons également constater qu'il y eut très tôt semble-t-il les traités de base de la physique expérimentale. Bien évidemment les livres de l'abbé Nollet et de Sigaud de Lafond sont présents, mais il est intéressant de relever la présence de l'ouvrage de Pierre Polinière, un prédécesseur de Nollet dans l'enseignement de la physique expérimentale¹³⁰, même s'il s'agit d'une édition tardive de ses *Expériences de physique*¹³¹. De même, nous trouvons l'édition de 1719 du *Recueil d'observation sur la physique* du P.Bougeant¹³² et les deux tomes de 1726 et

¹²⁹ Par contre, il n'y a pas le traité de mécanique d'Euler, *Mechanica sive motus scientia analytice exposita* paru en 1736.

¹³⁰ De 1703 à 1734, Pierre Polinière faisait à la fin de l'année scolaire la tournée des collèges parisiens qui ne possédaient pas de matériel expérimental. Voir LACOEURE M., TER-MENASSIAN « Les universités » in TATON R. (dir), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.

¹³¹ Elles sont publiées pour la première fois en 1709, et le collège de Nantes dispose d'une édition de 1734.

¹³² Il s'agit d'extraits des compte-rendus des sociétés savantes afin d'éviter le coût trop important de leur achat et de faciliter également leur lecture par un public non spécialiste [TORLAIS, 1964].

1730 des *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique* du P.Grozellier qui continuaient l'ouvrage précédent. Les ouvrages clés de la physique expérimentale sont donc bien présents au collège de l'Oratoire. Ceci peut entre autres répondre à la question de la formation des professeurs du collège et surtout à l'actualisation de leurs connaissances. Le professeur de physique, après avoir été lui-même un élève de l'Oratoire peut à son tour enseigner, et il dispose des meilleurs ouvrages pour suivre l'évolution de la physique de son temps. Il en est de même en chimie, car là encore la bibliothèque possède les ouvrages indispensables que sont les *Eléments de chimie pratique* de Macquer ainsi que son *Dictionnaire de chimie*, la *Chimie expérimentale et raisonnée* de Baumé et la *Méthode de nomenclature chimique* de Lavoisier, Guyton de Morveau, Berthollet et Fourcroy. Ce profil d'enseignant est bien illustré par le cas de Fouché qui a suivi le parcours de formation classique d'un professeur de l'Oratoire comme nous l'évoquerons plus loin, et prépare l'évolution de la période révolutionnaire.

Nous venons donc d'évoquer le collège de l'Oratoire. Mais notre étude ne serait pas complète si nous ne prenions pas en compte l'environnement de ce collège car d'autres lieux de formation en physique étaient possibles, et nous allons voir de quelle manière ils ont également contribué à la diffusion de celle-ci.

1.5. D'autres espaces de formation : Académies, cours publics et physique de salon

La reconnaissance scientifique peut aussi passer par des académies de province, comme celle de Bordeaux qui dispose d'un prix de physique depuis 1714. Qu'en est-il à Nantes ?

1.5.1. « Nantes, où l'on ne respire que le commerce... »

Il semble bien que l'opinion de Gérard Mellier¹³³ sur l'université que nous avons évoquée précédemment se soit confirmée au delà de sa mandature et sur le mouvement académique global que connaissait alors la France. Ainsi, alors que l'on compte trente deux villes de province avec

¹³³ Gérard Mellier fut maire de Nantes de 1720 à 1729.

une académie à la veille de la Révolution¹³⁴, la ville de Nantes n'en possède pas. Ce mouvement, qui a débuté au milieu du XVII^e siècle et a continué au XVIII^e, s'est organisé en trois phases selon le type des académies¹³⁵ : une dizaine tout d'abord inspirées de l'Académie Française et donc littéraires jusqu'en 1715, puis une vingtaine lors de la grande période de 1715 à 1760 qui se réfèrent désormais aux lettres, aux sciences et aux arts, et enfin quelques créations tardives après 1760 qui marquent un essoufflement de ce mouvement au profit des associations privées ou des musées. Or à aucun moment la ville de Nantes ne s'est rattachée à cette vague.

Est-ce par manque d'intérêt ? Il semble que non, des savants fréquentent le salon de Jean-Joseph-Louis-Graslin que nous évoquerons plus loin, un armateur nantais comme Jean-Gabriel Montaudoin¹³⁶ est membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris ainsi que de l'Académie des belles-lettres, sciences et arts de La Rochelle. L'existence d'une école d'hydrographie à Nantes peut laisser supposer une correspondance avec l'Académie des sciences¹³⁷ et à comparer deux villes portuaires très semblables comme Nantes et Bordeaux, cette dernière dispose de l'Académie Royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux depuis 1712.

Peut-être faut-il voir à nouveau une autre spécificité nantaise, mais due à des contraintes extérieures : il y a clairement une politique d'encadrement monarchique de la vie intellectuelle¹³⁸ et on peut constater que les académies de province sont souvent des chefs-lieux de généralités, des sièges de parlements ou des métropoles religieuses. Nantes ne fait partie d'aucune de ces

¹³⁴ On pourra consulter sur le rôle du mouvement académique en France ROCHE D. *Le siècle des Lumières en province - Académies et académiciens provinciaux, 1680-1789*, Paris : Editions de l'EHESS, 1989.

¹³⁵ MICHAUX, G « Naissance et développement des académies en France au XVII^e et XVIII^e siècles », *Mémoires de l'Académie nationale de Metz*, 2007, p. 73-86.

¹³⁶ La famille Montaudoin est une des grandes familles d'armateurs nantais qui ont fait fortune avec le commerce d'esclaves. Leur imposant hôtel trône toujours place Foch à Nantes, pratiquement en face de la chapelle de l'Oratoire.

¹³⁷ Sur les écoles d'hydrographie, on pourra consulter BOISTEL, G (dir) et SAUZEREAU, O (dir) *Entre Ciel et Mer, des observatoires pour l'enseignement de l'astronomie, des sciences maritimes et le service de l'heure, en France et en Europe, de la fin du XVII^e au début du XX^e siècle : institutions, pratiques et cultures*, Cahiers François Viète, Série II, n°8-9, 2016.

¹³⁸ [MICHAUX, 2007]

catégories¹³⁹. Spécificité peut-être même bretonne car Rennes, pourtant siège du parlement de Bretagne, ne possède pas d'académie non plus¹⁴⁰.

1.5.2. Les cours publics de physique expérimentale à Nantes

À côté de l'université, il existe à Paris des cours publics dès le XVIII^e siècle destinés aux adultes sans condition d'entrée mais aussi sans diplôme de sortie ou certification¹⁴¹. Dans la décennie 1780, environ 120 de ces cours y sont ouverts chaque année et concernent les langues, la physique, les mathématiques, la médecine et la chirurgie. Tous enseignements confondus, Bruno Belhoste estime que ces cours attirent de 5000 à 6000 personnes à la veille de la Révolution, souvent de futurs professionnels. La publicité est assurée par des affiches puis de plus en plus par des annonces dans la presse et nombre de professeurs ont à la fois un cours dans une institution officielle et un cours public.

Les cours de physique expérimentale se sont multipliés à la suite des leçons de l'abbé Nollet. À Paris, c'est le cours de Sigaud de Lafond¹⁴² qui fait autorité et dans une moindre mesure celui de Brisson¹⁴³. Le cours de Sigaud de Lafond a lieu tous les deux mois, d'octobre à avril, lorsque le nombre de souscripteurs est suffisant. Persuadé du rôle pour la société de la

¹³⁹ L'Intendance de Bretagne tout comme le parlement sont à Rennes, et si Nantes dispose d'un évêque, elle ne se distingue guère des nombreux diocèses bretons et dépend comme eux de l'archevêque de Tours.

¹⁴⁰ Il semble que le profil culturel des nobles et des parlementaires bretons soit une des causes de l'absence d'académie à Rennes. Voir à ce sujet AUBERT, G. « La noblesse et la ville au XVIII^e siècle. Réflexions à partir du cas rennais », *Histoire urbaine*, vol. 4, no. 2, 2001, pp. 127-149.

¹⁴¹ Bruno Belhoste a étudié le développement de ces cours dans [AMALOU, NOGUES, 2013].

¹⁴² Né à Bourges en 1730, Joseph-Aignan Sigaud de Lafond est formé au collège des jésuites de la ville. Il se forme ensuite auprès de l'abbé Nollet pour devenir répétiteur de philosophie et de mathématiques, puis démonstrateur de physique expérimentale, au collège Louis-le-Grand. À partir de 1760, il devient à son tour le spécialiste de la physique expérimentale en France et en Europe. Auteur prolifique, ses *Leçons de physique expérimentale* et sa *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* sont des références. On pourra consulter sur Sigaud de Lafond le site http://s.bourdreux.free.fr/cabinet_Sigaud/index.htm.

¹⁴³ Tout d'abord naturaliste, Mathurin-Jacques Brisson, né en 1723 à Fontenay-le Comte, est lui aussi formé au collège des jésuites de sa ville. Apparenté à Réaumur, il devient conservateur de son cabinet de curiosité, mais l'inimitié de Buffon pour Réaumur fait qu'à la mort de dernier, Brisson doit se trouver une nouvelle fonction. Il sera le successeur de l'abbé Nollet au collège de Navarre puis héritera de sa collection d'instruments.

physique expérimentale, Sigaud de Lafond pratique son enseignement avec une volonté pédagogique affirmée reconnue par ses pairs et dont la qualité perdurera. Ainsi Ampère en 1802 fait encore grand cas de sa *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*.

Les cabinets de physique ont depuis longtemps fait l'objet d'études¹⁴⁴, mais on peut se poser la question de savoir s'il était possible pour un provincial de suivre des cours de physique expérimentale à Nantes sans monter à Paris ? Il semble que oui à au moins deux occasions.

Les Affiches Générales de la Bretagne¹⁴⁵ du 11 février 1774 nous annoncent que

Le sieur Louis Damoreau de la Brière, Démonstrateur de Physique Expérimentale & Maître de Mathématique, Elève de feu M. l'Abbé Nollet, offre au Public un Cours de Physique, composé de 12 leçons.

« Offre » est un peu exagéré. En fait, il en coûte 6 livres par personne, mais le cours traite des lois du mouvement, des principes de la mécanique, de la pesanteur, de la nature et des propriétés de l'air, de l'aimant de l'électricité des corps

le tout suivant les principes de MM. L'Abbé Nollet & Franklin

Damoreau de la Brière fait partie de ces professeurs de physique expérimentale itinérants à l'instar de François Bienvenu auquel Patrice Bret a consacré une étude¹⁴⁶. Il parcourt les grandes villes de France comme Angers, et ses talents de démonstrateur lui valent de Monsieur, frère du roi, le titre de « Démonstrateur de physique ordinaire ».

Une dizaine d'année plus tard, après que les Affiches Générales de Bretagne aient relaté abondamment les expériences aérostatiques que nous avons déjà évoquées, le numéro du 12 août 1785 nous informe que

Le sieur Millon, Démonstrateur de Physique Expérimentale, se propose de mettre sous les yeux des amateurs de cette ville plusieurs Phénomènes intéressants & diverses expériences nouvelles dont il est l'auteur, formant un ensemble rare, curieux et très utile sur l'électricité positive et

¹⁴⁴ [TORLAIS, 1964]

¹⁴⁵ ADLA, consultables en ligne sur le site https://archives.loire-atlantique.fr/jcms/chercher/archives-numerisees/presse/presse-consultable-en-mode-texte-fr-p2_9075?portal=c_5110

¹⁴⁶ BRET, P. « Un bateleur de la science : Le « machiniste-physicien » François Bienvenu et la diffusion de Franklin et Lavoisier », *Annales historiques de la Révolution française*, 338, 2004, p. 95-127.

négative, l'air proprement dit & les gaz ou fluides aériens, désignés sous le nom d'air fixes, atmosphériques, phlogistiqués, déphlogistiqués, inflammables

Charles Millon, pour lequel Bienvenu a travaillé¹⁴⁷, amène donc de la physique mais aussi de la chimie, car s'il parle d'aimant et de physique expérimentale, il présente aussi des acides et de l'éther vitriolique¹⁴⁸

& plusieurs autres articles très utiles dans la société

S'il se présente suffisamment de souscripteurs, Millon annonce qu'il fera de cette démonstration un cours. Et c'est effectivement le cas, car le numéro du 2 septembre 1785 nous indique que

M. Millon, encouragé par l'accueil flatteur qu'on lui a fait dans cette ville, se propose d'ouvrir le vendredi 9 septembre, un second Cours de Physique sur l'air proprement dit, les gaz ou matières aériformes & l'électricité.

Il y a même des resquilleurs. Millon donne des billets d'entrée aux souscripteurs, valables uniquement pour eux, afin d'éviter le désagrément

de la hardiesse d'un Domestique, qui peut, à l'insu de son Maître, s'emparer de son billet, et oser en faire usage pour lui, ce qui est arrivé dans le dernier Cours.

La physique expérimentale est donc populaire, puisqu'elle attire jusqu'aux domestiques. Mais ces cours finissent par s'achever rapidement car le 23 septembre 1785, Millon annonce ses deux dernières démonstrations pour les 25 et 26 septembre, composées

d'une suite d'expériences brillantes sur les gaz ou matières aériformes & sur les phénomènes les plus curieux de l'électricité.

Nous ne connaissons pas les raisons de ce départ. On peut toutefois observer que Millon parle pour finir de démonstrations et qu'il n'est plus questions de cours. Peut être que ceux ci, à raison

¹⁴⁷ *Ibid*

¹⁴⁸ Il s'agit du diéthyl éther, l'éther courant, fabriqué à l'origine par distillation d'un mélange d'acide sulfurique, d'où le terme « vitriolique » et d'éthanol.

de 24 livres, étaient jugés onéreux et n'ont pas attiré un public suffisant ou bien plus simplement Million avait-il fini son programme d'expériences à présenter.

Quoiqu'il en soit, s'il était donc possible de suivre des cours de physique expérimentale à Nantes, ceux-ci furent extrêmement rares. Deux mentions seulement pour la période de 1750 à 1789 dans les Affiches Générales de Bretagne et aucune mention de cours publics de chimie. La chimie doit d'ailleurs être distinguée de la physique expérimentale. Comme l'a montré Christine Lehman¹⁴⁹, la destination des cours de chimie a évolué au cours du XVIII^e siècle. Au début, ce sont des cours à vocation professionnelle pour les pharmaciens et les médecins. Chaque cours de chimie a sa spécificité : selon le lieu, le professeur et le public, les expériences, l'ordre de présentation des connaissances et le rôle des expériences diffèrent. Celles-ci font partie intégralement de l'exposé et du corpus car les étudiants observent, notent et rédigent le compte-rendu de l'expérience qui constitue le savoir. Mais à la fin du siècle, il coexiste des cours de chimie à buts professionnels et une chimie qui intègre la vie intellectuelle et mondaine, avec parfois un caractère ludique mais aussi des démonstrations qui justifient leur utilité pour le développement des arts. Cette émergence de la chimie qui est aussi un levier de réforme de l'éducation a eu lieu au collège. Mais un nantais désireux de s'instruire sur la physique expérimentale et la chimie ne pouvait guère compter sur l'existence de cours publics à côté de ceux de l'université.

Il existe toutefois encore un endroit où l'on peut voir des expériences, il s'agit du salon. Une ville comme Nantes, avec une bourgeoisie aisée, pouvait-elle offrir cette possibilité ?

1.5.3. La physique de salon

Si l'enseignement de la physique expérimentale a des racines incontestablement anglaises et hollandaises, racines constitutives du savoir de l'abbé Nollet lorsqu'il poursuit la tradition d'expériences publiques que Pierre Polinière avait en partie créée comme nous le verrons plus loin, il n'en est pas moins vrai que cet enseignement doit aussi en partie à ce que l'on a appelé avec un peu de condescendance la physique de salon.

¹⁴⁹ LEHMAN, Christine. « Les multiples facettes des cours de chimie en France au milieu du XVIII^e siècle », *Histoire de l'éducation*, 2011, 130.

Le salon est un élément prépondérant de la vie intellectuelle en France au XVIII^e siècle. Certains auteurs¹⁵⁰ considèrent qu'il constitue l'autre lieu de diffusion de la physique, en parallèle avec les lieux traditionnels d'enseignement que sont les collèges, les écoles d'ingénieurs et les universités. La coexistence du salon avec les sociétés savantes, qu'elles soient à Paris ou en province, fait qu'il s'inscrit dans un projet d'éducation ou tout au moins de vulgarisation scientifique pour les adultes. Quasiment aux débuts de la diffusion de la physique expérimentale, Pierre Polinière faisait à la fois ses expériences dans des cours publics et dans les collèges de l'université de Paris. Et s'il était dans la logique de l'honnête homme du XVIII^e siècle de lire les comptes-rendus des académies scientifiques qui concernaient toutes les sciences, des ouvrages ne traitant uniquement que de la physique avaient également très rapidement vu le jour comme les *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique, tirées des meilleurs écrivains* du P.Bougeant dès 1719.

Pour autant, le salon n'est pas exclusivement un lieu public d'exposition de la science. Le salon est une réunion privée où l'essentiel est de bien pratiquer l'art de la conversation. Il est le lieu de la vie mondaine où tous les grands esprits cherchent à plaire, et même le Diderot de l'Encyclopédie, s'il apprécie les « méditations solitaires » semble apprécier tout autant les salons qui sont bien les lieux où s'exposent les talents. Phénomène français et essentiellement parisien, le salon est aussi une affaire de femmes. S'il y eut quelques salons matrimoniaux, comme celui du duc et de la duchesse de Choiseul¹⁵¹, ce sont le plus souvent des femmes seules, par séparation ou veuvage, ou encore célibataires, qui reçoivent. Les plus célèbres salons sont tenues par des

¹⁵⁰ MORNET D. *La pensée française au XVIII^e siècle*, Paris : Armand Colin, 1936 qui est depuis longtemps une des grandes références sur le sujet, mais aussi plus récemment LILTI A. *Le monde des salons: Sociabilité et mondanité à Paris au XVIII^e siècle*, Paris : Fayard, 2005.

¹⁵¹ Etienne-François de Choiseul (1719-1785) a été l'un des principaux ministres de Louis XV, successivement ministre des Affaires étrangères, puis de la Marine et de la Guerre jusqu'à sa disgrâce en 1770. S'il perdit la guerre de Sept Ans, il fut aussi le réorganisateur de la Marine et de l'Armée comme nous le verrons dans l'histoire de l'École royale du Génie de Mézières. Il est l'un des principaux acteurs de la dissolution de l'ordre des jésuites en France, et c'est aussi un grand ami de Voltaire dont il apprécie le *Traité sur la tolérance*. Sa femme Louise lui amène en dot l'hôtel de Choiseul.

hôtesses remarquables comme Claudine Guérin de Tencin¹⁵² ou Julie de Lespinasse¹⁵³, pour ne citer que les plus connues, mais il y en eut beaucoup d'autres.

Les femmes qui tiennent salon sont donc les hôtesse, et à ce titre, elle déterminent la liste des invités. Or les questions de sciences présentent le double avantage d'être à la fois moins arides que des questions philosophiques ou littéraires et également de permettre aux femmes, exclues des institutions scientifiques, de se constituer une culture sur les préoccupations scientifiques de l'époque, elles qui n'avaient pour toute éducation que celle éventuellement reçue au couvent. Et en ce qui concerne particulièrement la physique expérimentale, la communauté scientifique masculine admet que c'est un enseignement qui sied bien aux femmes que l'on trouve ainsi dans les nombreuses illustrations des ouvrages de l'abbé Nollet, aussi bien comme spectatrices mais également en tant qu'actrice des expériences¹⁵⁴ :

¹⁵² Après une jeunesse agitée qui la voit abandonner son fils, lequel deviendra le d'Alembert de l'Encyclopédie, Madame de Tencin écrit des romans et commence à tenir un salon en 1718, appelé le « bureau d'esprit » afin d'y recevoir des hommes de lettres et des philosophes dont Montesquieu. « Un esprit supérieur » dira d'elle Marivaux.

¹⁵³ Le salon de Julie de Lespinasse a pu être considéré comme l'incubateur de l'Encyclopédie. Elle est la meilleure amie de d'Alembert, à tel point que Diderot a fait d'elle un personnage de son *Rêve de d'Alembert*.

¹⁵⁴ Sur ce rôle des femmes « salonniers » diffuseuses de science, on pourra consulter SCHIEBINGER L. *The Mind Has no Sex, Women in the Origins of Modern Science*, Cambridge: Harvard University Press, 1989.



Figure 4: Frontispice de l'Essai sur l'électricité des corps

Le salon est donc un lieu de science, et la physique expérimentale y est à la mode. Qu'en est-il à Nantes ? Peut-on discuter de la controverse entre Nollet et Franklin dans les hôtels particuliers des armateurs et de la bourgeoisie nantaise ? En tout cas, les moyens financiers ne feront pas défaut. La ville de Nantes est, de 1700 à 1792, dans « la période de prospérité triomphante¹⁵⁵ » et a fait l'objet de nombreuses études en tant que troisième port colonial mais

¹⁵⁵ BOIS, P. *Histoire de Nantes*, Toulouse : Privat, 1977.

aussi premier port négrier français.¹⁵⁶ La fortune des armateurs nantais, comme Montaudoin, que nous avons déjà mentionné, mais encore de La Villestreux, Grou, Deurbrouq pour ne citer que les plus connus, est visible par la simple présence de leurs hôtels particuliers. Dans le cas de Deurbrouq, son hôtel¹⁵⁷ construit en 1769 coûta la somme considérable pour l'époque de 500 000 livres dont on dit qu'elle ne fit qu'écorner sa fortune. La période est donc favorable à l'armement et à l'enrichissement.

Cette élite nantaise n'est toutefois pas uniforme. Sur l'exemple d'un armateur plus tardif comme Louis Drouin, Laure Pineau-Defois¹⁵⁸ montre que ce sont succédés deux types d'armateurs : une première vague d'armateurs jusqu'à la guerre de Sept Ans, qui, une fois la réussite acquise, et ayant obtenu leur anoblissement, ont acheté des châteaux et des terres hors de la ville et s'y sont retirés, ce en quoi ils ne sont guère différents de la noblesse d'origine qui voyait dans le commerce un moyen de se rétablir dans son état et une deuxième vague d'armateurs et de négociants, dont Louis Drouin est le représentant, également anoblis, mais qui deviennent rompus aux mécanismes économiques du capitalisme naissant et pour lesquels « la droiture » est préférée à la traite. Mais, quoiqu'il en soit, cette fortune reste construite pour partie sur le commerce triangulaire et il faut sans doute utiliser bien de la philosophie pour concilier charité chrétienne et rentabilité économique. Les discussions ne doivent pas manquer dans les salons du siècle des Lumières à Nantes.

Ce temps des Lumières à Nantes a fait l'objet d'un ouvrage¹⁵⁹ qui en donne une vision très complète et consacré à la personnalité de Jean-Joseph-Louis Graslin, nom célèbre à Nantes ne serait-ce que pour sa place et son théâtre. Nous n'en reprendrons que les points clés dans la perspective de notre étude.

¹⁵⁶ On pourra consulter à ce sujet PETRE-GRENOUILLEAU, O. *Nantes au temps de la traite des noirs*, Paris : Hachette 1998, et pour une mise en perspective de Nantes en tant que ville de l'Ouest atlantique SAUPIN, G. (dir). *Histoire sociale du politique. Les villes de l'Ouest atlantique français à l'époque moderne (XVI^e-XVIII^e siècle)*, Rennes : Presses universitaires de rennes, 2010.

¹⁵⁷ Situé sur l'allée de l'Île-Gloriette, dessiné par l'architecte Jean-Baptiste Ceineray, il accueille actuellement le siège administratif du CHU ainsi que le tribunal administratif.

¹⁵⁸ PINEAU-DEFOIS, L. « Un modèle d'expansion économique à Nantes de 1763 à 1792 : Louis Drouin, négociant et armateur. » In: *Histoire, économie et société*, 2004, 23^e année, n°3. p. 367-395.

¹⁵⁹ LE PICHON, P. (dir.), ORAIN A. (dir.), *Graslin, Le temps des Lumières à Nantes*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2008.

Jean-Joseph-Louis Graslin n'est pas un armateur nantais ni un négociant. Tourangeau d'origine, il est élève au collège de Beauvais¹⁶⁰ à Paris où il développe des compétences mathématiques remarquées. Après des études de droit, il achète en 1758 la charge de receveur général des fermes du roi à Nantes, charge qu'il occupera jusqu'à sa mort en 1790. L'image que l'on peut retenir de lui est qu'il est finalement le parfait représentant des Lumières, ni totalement philanthrope, ni totalement désintéressé de l'intérêt général, pour peu que le sien soit préservé. Comme l'indique Arnaud Orain¹⁶¹

Il est le fruit d'une stratégie familiale d'ascension des échelons de la société d'Ancien Régime.

Graslin peut donc être à la fois urbaniste, promoteur et un peu spéculateur, tout en étant membre de la Société d'agriculture des sciences et des arts de Tours¹⁶². C'est l'honnête homme cultivé transporté au XVIII^e siècle. Son hôtel particulier est le rendez-vous de la bonne société nantaise, mais si l'on connaît les noms d'un certain nombre d'habitues, écrivains, magistrats, fonctionnaires, peintres, militaires, dont Coustard du Massy, l'héroïque aéronaute, les noms des savants participants ne nous sont pas parvenus. Sa bibliothèque nous en apprend davantage sur le personnage : si elle est modeste par sa taille, et comprend des ouvrages de mathématiques et de physique¹⁶³, la nature des éditions montre que Graslin lisait effectivement ses livres et que sa bibliothèque n'était pas un simple objet de symbolique sociale. Mais l'inventaire de ses biens, assez considérables, et représentatifs de la fortune d'un Fermier général, ne mentionne pas un cabinet de physique. Visiblement, ce n'était pas une des activités de Graslin.

Graslin utilisait ses connaissances en mathématique et la méthode expérimentale afin d'analyser la doctrine économique des Physiocrates¹⁶⁴ qu'il critiquait dans son *Essai analytique*

¹⁶⁰ Un des collèges de plein exercice de l'Université de Paris.

¹⁶¹ [LE PICHON, ORAIN, 2008]

¹⁶² Créée en 1761, cette Société d'Agriculture a pour but d'améliorer l'agriculture par le défrichement des terres incultes ou le perfectionnement des méthodes culturales. Graslin a investi dans l'assèchement des marais de Lavau-sur-Loire, jusqu'alors considérés comme incultes.

¹⁶³ Mais en plus grand nombre des ouvrages de philosophie. La science occupe toutefois une place plus importante que les ouvrages sur le commerce et la finance.

¹⁶⁴ Les conceptions économiques des physiocrates considèrent entre autres que toute richesse vient de la terre et que seuls les agriculteurs sont productifs. Graslin, au fait des investissements industriels et du monde ouvrier présent à

sur la richesse et sur l'impôt, où l'on réfute la nouvelle doctrine économique qui a fourni à la Société royale d'agriculture de Limoges les principes d'un programme qu'elle a publié sur l'effet des impôts indirects paru en 1767. A ce titre c'est bien un financier de l'Ancien Régime, mais un financier cultivé qui réfléchit, publie et s'il est sans nul doute au fait des événements de son temps et des discussions et controverses y compris scientifiques comme tout à chacun de la bonne société, pour autant tout le monde ne s'adonne pas forcément à la pratique de la physique expérimentale. Mais il existe sans doute ailleurs que chez Graslin au moins des cabinets de curiosités, puisque certains d'entre eux ont constitué le fonds de départ des collections du Muséum d'histoire naturelle de Nantes à sa création en 1810¹⁶⁵. Et il faut d'ailleurs indiquer que parmi les projets de Graslin, figurait celui d'un Muséum¹⁶⁶ en 1787. À tout le moins, même sans cabinet de physique, Graslin se rattache finalement au siècle de la curiosité.

Car si le XVIII^e siècle est bien le siècle de la curiosité selon Charles Morazé¹⁶⁷, cette culture de la curiosité s'exprime par la création de cabinets du même nom qui remontent aux débuts de la Renaissance. Au départ, il s'agit de percer les secrets et les étrangetés de la Nature en collectionnant des objets rares, voire fantastiques, issus des trois règnes, végétal, minéral et animal. Puis à la suite des explorations, on se met aussi à collectionner ce qui vient des nouvelles contrées découvertes. Mais le progrès des sciences fait que la physique expérimentale devient à son tour objet de curiosité et le cabinet de curiosité devient alors parfois cabinet de physique. Parfois seulement, car les diverses études menées sur le sujet montrent une prédominance très nette des cabinets d'histoire naturelle. Dans son étude concernant les femmes et les cabinets de curiosité, femmes dont nous avons souligné le rôle clé dans cette science mondaine, Adeline Gargam¹⁶⁸ dénombre pour une trentaine de cabinets « féminins » sur Paris seulement deux de physique et de chimie pour vingt-deux d'histoire naturelle.

Le premier aspect de ces cabinets est celui de la collection que l'on montre à ses relations de la bonne société, générant un véritable commerce de la curiosité avec ses marchands et ses

Nantes ne pouvait que combattre ces idées. L'apparition du secteur secondaire de l'activité économique lui a donné définitivement raison.

¹⁶⁵ Les cabinets nantais sont tournés vers les sciences naturelles. Voir à ce sujet [DHOMBRES, 1990]

¹⁶⁶ [LE PICHON, ORAIN, 2008]

¹⁶⁷ [TATON, 1995]

¹⁶⁸ GARGAM A. « Savoirs mondains, savoirs savants : les femmes et leurs cabinets de curiosités au siècle des Lumières », *Genre & Histoire* [En ligne], mis en ligne le 04 janvier 2010, <http://genrehistoire.revues.org/899>.

clients, y compris par correspondance. Une collection peut même se vendre à la mort de son propriétaire mais c'est aussi par son réseau de connaissances que l'on enrichit celle-ci. Une collection se doit ensuite d'être classée méthodiquement, même si l'essentiel de son contenu porte très souvent sur les minéraux et les fossiles. Et au delà des simples échantillons, cartes et livres complètent le cabinet de curiosité, car s'il distrait avec son contenu exposé de façon ostentatoire, le cabinet se doit aussi d'instruire a minima.

Le deuxième aspect de certains cabinets est de peu à peu se rapprocher de la science, parfois par des entrées détournées. En effet, si certains cabinets s'intéressent à la pharmacopée, ce n'est pas avec une grande rigueur scientifique. Guérisseuses, alchimie, occultisme et poudre de momie se télescopent en flirtant avec le danger d'une condamnation en justice, ce qui n'empêche pas certaines femmes de faire évoluer leurs collections en objet d'étude intéressant le monde médical comme Mademoiselle Biheron avec son cabinet d'anatomie¹⁶⁹. L'électricité elle-même, au delà de ses aspects d'électrification amusante, pourrait avoir quelques vertus thérapeutiques liées au « magnétisme animal » comme se plaît à le croire Franz Anton Mesmer¹⁷⁰. De telles pratiques s'exportent en province puisque la ville de Nantes possède à la fin du XVIII^e siècle un cabinet que l'on pourrait qualifier d'électromédical constitué par Le Bouvier Desmortiers, un ancien magistrat, féru de tentatives de guérison par l'électricité¹⁷¹ dont certaines attestées par devant un notaire. Cela veut dire en tout cas que même en province, on peut s'équiper de fils conducteurs et de machines électriques de manière suffisamment conséquente pour attirer du public à des démonstrations scientifiques voire médicales. Ainsi, on trouve des annonces dans les Affiches Générales de Bretagne donnant les références de fournisseurs d'appareils comme Bianchi¹⁷².

C'est sans doute la contribution la plus marquante de cette physique dans le beau monde d'avoir permis l'essor des fabricants de matériel expérimental à vocation pédagogique. Car s'il

¹⁶⁹ [GARGAM, 2010]

¹⁷⁰ Le succès mondain, mais pouvant attenter aux bonnes mœurs, des pratiques de Mesmer fit que l'Académie des Sciences et le ministère public se penchèrent sur son cas. Voir DARNTON R, *La fin des Lumières, le mesmérisme et la Révolution*, Paris : Perrin, 1984.

¹⁷¹ [DHOMBRES, 1990]. Nous retrouverons le cabinet de Le Bouvier Desmortiers avec l'École centrale de Nantes.

¹⁷² Bianchi, démonstrateur de physique dont le magasin était situé au 55 rue Saint Honoré à Paris, avait la particularité de vendre des cabinets de physique complets, prêts à l'emploi, comportant les appareils nécessaires pour l'aérométrie, l'électricité, l'optique ainsi qu'un descriptif pour réaliser les expériences, comme l'indique le *Guide des amateurs et des étrangers voyageurs à Paris* paru en 1787.

est incontestable que la physique est devenue à la mode par le monde des salons, c'est ce même monde des salons qui peut financer et permettre le développement et la reconnaissance des constructeurs d'appareils. Nous reviendrons plus loin sur l'incontournable abbé Nollet et l'apport pédagogique et didactique de sa physique expérimentale, mais aurait-il fait une aussi brillante carrière s'il n'y avait eu une interaction constante entre son esprit mondain et son exceptionnelle habileté manuelle ?

Comme l'explique Anthony Turner¹⁷³, c'est bien grâce à sa position sociale de précepteur des enfants de la famille Taitbout¹⁷⁴, que Nollet, qui fait une carrière d'ecclésiastique d'ordre mineur somme toute classique pour des jeunes gens peu fortunés, peut dédicacer en 1728 un globe terrestre à la duchesse du Maine¹⁷⁵ et un globe céleste au neveu de cette dernière, le comte de Clermont¹⁷⁶. Mais c'est bien aussi la compétence technique de Nollet qui le fait remarquer de ces personnages puisqu'il est élu à la fin de cette même année 1728 à la Société des Arts.

¹⁷³ TURNER A ; « Les sciences, les arts et le progrès. Jean-Antoine Nollet : de l'artiste au savant » in PYENSON L., GAUVIN J.F. (dir) *L'art d'enseigner la physique. Les appareils de démonstration de Jean-Antoine Nollet 1700-1770*, Sillery (Québec) : Septentrion, 2002.

¹⁷⁴ Cette famille tient depuis le XVII^e siècle d'importantes fonctions pour la ville de Paris, entre autres dans le domaine financier et donc en lien avec les cercles mondains et académiques de Paris.

¹⁷⁵ Louise Bénédicte de Bourbon-Condé, duchesse du Maine, est la petite-fille du grand Condé. Elle accueille à Sceaux un salon fréquenté entre autres par Voltaire et Montesquieu. C'est une personnalité qui compte.

¹⁷⁶ Louis de Bourbon-Condé, comte de Clermont, aurait pu être seulement un abbé défroqué, un académicien par complaisance et un piètre général. Mais c'est aussi le fondateur de la Société des Arts, une sorte d'académie des Lumières de l'Encyclopédie, puisque les sociétaires peuvent y être aussi bien savant que technicien.



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Figure 5: Le globe céleste de Nolle dédié à la duchesse du Maine

Et le succès aidant, Nolle va développer une véritable entreprise de fabrication d'instruments scientifiques. Jean-François Gauvin¹⁷⁷ a ainsi analysé l'importante correspondance entre Nolle, Jallabert et Dutour, respectivement professeur de physique expérimentale à Genève et correspondant auvergnat de l'Académie des Sciences. Cette correspondance montre que si Nolle

¹⁷⁷ GAUVIN J.F. « Un entrepreneur au siècle des Lumières. La correspondance entre Jean-Antoine Nolle, Etienne-François Dutour et Jean Jallabert, 1739-1768 » in [PYENSON, GAUVIN, 2002]. Concernant Etienne-François Dutour, CRÉPEL P., EHRARD J. (dir) *Etienne-François Dutour de Salvert (1711-1789) Un physicien auvergnat du XVIIIe siècle*, Paris : L'Harmattan, 2014.

intervient régulièrement dans la fabrication des instruments scientifiques qu'on lui commande tels que télescopes, microscopes, thermomètres ou machines pneumatiques, il fait appel à des artisans, tant pour la fabrication du verre que pour les couleurs du vernis de ces appareils. En véritable chef d'entreprise, Nollet surveille l'ensemble de la fabrication de ses instruments, jusqu'au conditionnement nécessaire pour les expéditions. Il est vite dépassé par le succès et l'essor de l'enseignement de la physique expérimentale et laisse de plus en plus d'autonomie à ses collaborateurs qui auraient plutôt un statut de contractuels au regard de notre industrie actuelle. Mais a contrario, si les constructeurs français à l'époque de Nollet sont peu nombreux, une relève se prépare, peut-être formée quelque fois en exécutant les commandes de Nollet, relève qui sera à même dans les années 1780 de concurrencer les fabricants anglais qui avaient jusque là la prédominance comme l'a montré Maurice Daumas¹⁷⁸.

Cette physique de salon pratiquée essentiellement par des notables y compris des femmes, au delà de l'effet de mode et du peu de valeur scientifique de la plupart des cabinets, a permis l'essor de la construction et de la vente d'instruments de physique à usage purement pédagogique sur le modèle des appareils de l'abbé Nollet et non pas forcément réservés au chercheur. Le savoir technique associé à la demande d'une clientèle aisée a créé un marché et des produits utilisables à des fins d'enseignement. Sans ceux-ci, les dépôts révolutionnaires qui ont par exemple servi à la création de la collection d'instruments de physique de l'École polytechnique auraient été bien vides.

1.6. Quel bilan pour l'expérimentation au collège de l'Oratoire de Nantes jusqu'à la Révolution ?

Les différents éléments présentés nous permettent d'affirmer qu'il y a eu des pratiques expérimentales dans l'enseignement des sciences physiques chez les Oratoriens, pratiques qui n'ont cessé de progresser tout au cours du XVIII^e siècle. L'exposé du professeur a été appuyé par des expériences faites en classe par lui-même comme nous l'indiquent à la fois les notes de cours que nous avons présentées, la disposition de la salle de cours et le matériel visiblement en un seul exemplaire. Peut être même qu'au cours des exercices publics de physique de fin d'année, les élèves ont été capables de réaliser à leur tour une manipulation. C'est aussi probablement à un

¹⁷⁸ [DAUMAS, 1956].

nombre de plus en plus restreint d'élèves que cet enseignement s'adresse, de l'ordre d'une dizaine¹⁷⁹.

Il y a une grande absente dans cet enseignement, c'est la mesure. Les élèves savent qu'un ballon rempli d'un gaz plus léger que l'air s'élève dans celui-ci, et le choix d'une expérience aussi spectaculaire que le vol d'un ballon nous montre que nous sommes bien dans le cadre de la physique de la curiosité scientifique du XVIII^e siècle. Mais il n'y a aucune mesure de la vitesse ou de la force ascensionnelle de ce ballon. En l'état de la physique du moment, ce sont les chercheurs qui se préoccupent de la mesure. Ainsi, lorsque l'on cite dans le cours de 1789 les expériences de Lavoisier et Laplace sur la chaleur, il n'est pas envisageable de reproduire ces expériences dans une salle de cours pour une raison très simple que nous pouvons comprendre en lisant le descriptif des expériences car comme l'indiquent Lavoisier et Laplace

Les expériences de ce genre durent quinze, dix-huit ou vingt heures.

C'est beaucoup trop long pour être réalisé lors d'un cours de physique. Il n'est pas question non plus de mettre en place l'expérience, qui d'ailleurs demande également des conditions climatiques suffisantes qui ont parfois manqué à Lavoisier et Laplace, afin de revenir régulièrement suivre le déroulement de celle-ci. Une salle de cours de physique, ce n'est pas un laboratoire de recherche. Et puis quel aurait-été l'intérêt pédagogique d'une telle expérience à propos de l'ascension du ballon?

Il en est de même en chimie où une étude expérimentale même avec des moyens limités aurait pourtant pu être menée par les élèves. Ils auraient pu étudier par exemple la force respective de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique, discuter du choix du zinc ou bien du fer. Mais, comme à aucun moment on n'évoque le simple volume de gaz dihydrogène dégagé selon les conditions de l'expérience, il est évident que cette expérimentation reste incomplète.

Ce n'est sans doute ni le but ni le moment pour les Oratoriens de développer un enseignement des sciences physiques basé sur une pratique expérimentale. Ils ont eu déjà fort à faire pour financer leur activité et défendre leur statut et ils font déjà beaucoup, dans ces circonstances difficiles, en essayant d'éviter un enseignement des sciences physiques qui soit

¹⁷⁹ ADLA, pièce H346 : nous ne disposons pas des effectifs des classes à l'Oratoire de Nantes, seulement de ceux des pensionnaires, ce qui ne permet pas d'en déduire le nombre d'élèves. Mais en 1789, il n'y avait que 150 collégiens en tout, répartis dans les différentes classes.

uniquement livresque et magistral. Ce qui caractérise le mieux l'objectif de l'enseignement des sciences à l'Oratoire, c'est la volonté de donner aux élèves le goût d'une culture scientifique qui marque ainsi l'importance du rôle de l'Oratoire dans l'enseignement et la diffusion des sciences en France. Son implantation également hors des grandes villes lui a permis de toucher les milieux sociaux peu favorisés, et de former des hommes avec une certaine liberté de pensée. Le rôle de l'enseignement des sciences physiques chez les Oratoriens n'est pas très éloigné des idées des philosophes des Lumières, ce en quoi ils se distinguent des jésuites. Le jansénisme perdurait pourtant quelque peu chez les Oratoriens¹⁸⁰, ce qui n'en faisait pas des défenseurs de l'*Encyclopédie*, mais l'Oratoire constituait un lieu ouvert aux débats scientifiques du siècle, grâce en particulier à un corps enseignant souvent jeune dont les membres au cours du XVIII^e siècle devenaient de moins en moins attirés par la prêtrise. La formation qu'ils délivraient n'est sûrement pas étrangère aux conceptions de Gaspard Monge¹⁸¹ sur le rôle de la science et sur son brio à la diffuser auprès de ses élèves. Les Oratoriens étaient l'un des maillons indispensables dans la formation de ceux qui allaient d'une part construire une nouvelle physique et d'autre part réfléchir aux moyens les plus adéquats de son enseignement. Ainsi, comme l'a montré Claudette Balpe¹⁸², alors qu'il y avait coexistence entre autres à Paris de cours publics de chimie très expérimentaux, de cours publics de physique expérimentale et d'une physique des collèges restée philosophique, on peut constater que cette coexistence a lieu au sein même de l'enseignement des Oratoriens de Nantes. Dans l'introduction du tome 1 de l'*Histoire des sciences et des savoirs*¹⁸³, Stéphane Van Damme évoque l'idée d'un « ancien régime des sciences et des savoirs » mais aussi de la singularité d'un moment. C'est ce que l'on observe au collège de l'Oratoire de Nantes et au delà à la ville elle-même, grâce aussi à la bibliothèque. L'émergence d'un enseignement de la chimie est à ce titre remarquable : on diffuse des connaissances de chimie, alors que la tradition de l'alchimie est d'être secrète, on utilise ces connaissances pour créer un objet

¹⁸⁰ Voir à ce sujet FRIJHOFF W., JULIA D. « Les Oratoriens de France sous l'Ancien régime. Premiers résultats d'une enquête », *Revue d'histoire de l'Église de France*, t.65, n°175, 1979. p. 225-265.

¹⁸¹ Gaspard Monge est élève du collège de l'Oratoire à Beaune de 1756 à 1762. Ses qualités de pédagogue, de mathématicien mais aussi de chimiste, seront mises en valeur à l'École royale du Génie de Mézières.

¹⁸² BALPE Claudette. « L'enseignement des sciences physiques : naissance d'un corps professoral (fin XVIII^e - fin XIX^e siècle) », *Histoire de l'éducation*, n°3, 1997. p. 49-85.

¹⁸³ PESTRE D. (dir.) VAN DAMME S.(dir.) *Histoire des sciences et des savoirs I. De la Renaissance aux Lumières*, Paris : Seuil , 2015.

technique aussi performant qu'un aérostat et ainsi on commence à s'éloigner de la seule philosophie de la nature et de la physique amusante. Cette manière de penser l'expérimentation et l'enseignement des sciences physiques va se confirmer dans la période révolutionnaire.

2. LES CHANGEMENTS DE LA RÉVOLUTION : L'INSTITUT NATIONAL, PUIS L'ÉCOLE CENTRALE

2.1. Idées novatrices sur l'enseignement

De même que nous n'avons pas reconstitué l'histoire entière des collèges en France en renvoyant le lecteur aux auteurs spécialisés sur ce sujet, nous n'allons pas évoquer ici l'histoire et l'évolution des idées concernant l'enseignement et plus particulièrement l'enseignement scientifique. Nous allons donner les points clés des évolutions de la période révolutionnaire pour mieux voir leur impact sur le terrain local.

Avant la Révolution, un intérêt certain existe pour les questions d'éducatons. De nombreuses raisons sont évoquées pour expliquer cet engouement. Il y a le fait que l'enfant en tant que tel commence à être pris en compte, donc nécessairement son éducation et à cet égard, la publication en 1762 de *l'Emile* de Jean Jacques Rousseau se rattache à cette reconnaissance de l'enfance. Il y a aussi la suppression de l'ordre des Jésuites en France en novembre 1764 car il faut alors remplacer plus d'une centaine des collèges dont ils ont la direction. Cet intérêt se manifeste par de nombreux plans d'éducation résultant d'une réflexion sur l'instruction. Comme l'indique Daniel Mornet¹⁸⁴ :

il faudrait énumérer par dizaines les pédagogues qui demandent non pas des réformes de l'instruction, mais une réforme qui la renouvelle toute entière.

Parmi les idées proposées, certains envisagent même déjà le principe d'une uniformisation nationale. La Chalotais, avec son *Essai d'éducation nationale* paru en 1763, invente par la même une expression qui connaîtra un certain avenir. Guyton de Morveau publie en 1764 un *Mémoire sur l'éducation publique, avec le prospectus d'un collège suivant les principes de cet ouvrage*.

¹⁸⁴ MORNET D. *La pensée française au XVIII^e siècle*, Paris : Armand Colin, 1936.

Derrière ces propositions de réformes structurelles, on trouve l'influence d'Etienne Bonnot de Condillac et de ses conceptions sur la formation des idées. S'il est désormais acquis comme l'indique l'Encyclopédie qu'il faut :

devenir plus instruits afin de devenir plus heureux,

deux éléments de la philosophie de Condillac¹⁸⁵ sont encore plus fondamentaux pour l'enseignement des sciences physiques : d'une part la symbiose entre la qualité de la langue et la richesse de la science¹⁸⁶, et d'autre part le rôle fondamental de l'expérimentation et de son analyse comme source d'explication des phénomènes.

À partir de 1789, cet intérêt devient fondamental : les révolutionnaires légifèrent pour l'humanité comme en témoigne la *Déclaration des Droits de l'homme et du citoyen* et une instruction commune en vue d'assurer l'unité des citoyens est la condition nécessaire à l'unité des hommes. Plus que l'honnête homme de l'Ancien Régime, la Révolution veut former un citoyen actif. Dès lors, plus de réformes partielles mais des plans complets d'éducation ordonnés du haut vers le bas voient le jour sans être mis totalement en application. On peut citer ainsi les plans successifs de Talleyrand en 1791, de Condorcet en 1792 et de Daunou en 1795. Tous ces plans, avec leurs évolutions correspondantes à l'époque et la personnalité de leur concepteur et de son équipe, prévoient tous en tout cas un enseignement de niveau secondaire en lieu et place des collèges de l'Ancien Régime¹⁸⁷.

2.2. Changements à Nantes: du collège à l'Institut National

De 1789 à 1792, les idées nouvelles sont partagées par le personnel de l'Oratoire. Ainsi Fouché¹⁸⁸, chargé de la direction du collège pour l'année 1791-1792, propose un projet de

¹⁸⁵ CONDILLAC E. *Traité des systèmes*, Paris : Fayard, réédition 1991.

¹⁸⁶ A cet égard, le *Traité élémentaire de chimie* publié en 1789 par Lavoisier en est la parfaite illustration, ce dernier citant Condillac dans le discours préliminaire du traité.

¹⁸⁷ Au delà de l'éducation primaire, le plan de Talleyrand propose des écoles de district, celui de Condorcet des instituts et celui de Daunou des écoles centrales.

¹⁸⁸ Fouché, lui même ancien élève de l'Oratoire à Nantes, a été le professeur de la classe de physique pour l'année 1790-1791 à la suite de Jean Baptiste L'Etoile. Fils de capitaine de navire, il illustre le cas de ces régents provenant de la classe moyenne. Voir [NOGUÈS, 2006].

réforme du collège, mais la physique n'apparaît toujours qu'en dernière année comme l'indique le règlement¹⁸⁹ de 1791. Il faut dire que la loi du 12 octobre 1791 qui oblige en effet les établissements à conserver leur système de fonctionnement¹⁹⁰ ne permet guère de changement.

Fouché va toutefois tenter d'innover, ou pour le moins de faire évoluer l'enseignement. Nous l'avons laissé élève au collège de l'Oratoire de Nantes qu'il avait quitté afin de poursuivre sa formation à la Maison de l'institution de l'Oratoire à Paris en novembre 1781, sorte d'école normale pour tout futur enseignant de l'Oratoire. Il a ensuite, comme c'était l'habitude, enseigné dans différents collèges de l'ordre, et lorsqu'il revient à Nantes en août 1790, après avoir déjà enseigné la physique à Juilly, à Vendôme et à Arras, il est nommé régent de physique puis principal du collège. Son projet, forcément bridé, prévoit tout de même d'enseigner en français, rendant le latin facultatif, d'introduire les mathématiques dès la classe de 6^{ème}, de supprimer les châtiments corporels et d'instaurer un contrôle continu. Ce sont déjà des points d'évolution non négligeable, et si les sciences physiques restent à leur place dans le cursus, leur contenu va évoluer. Les archives municipales de Nantes gardent en effet la trace d'une commande qu'il fait en 1791 aux frères Dumotiez, commande réglée par la ville de Nantes¹⁹¹. A part un électrophore de Volta¹⁹², le reste de la commande a pour but de pouvoir expérimenter en chimie pneumatique, nom de l'époque pour la chimie des gaz, puisque l'on trouve entre autres une cuve hydropneumatique, qui permet de recueillir les gaz insolubles dans l'eau comme « l'air du charbon de terre », c'est à dire le dihydrogène. La liste est très précise; elle est l'œuvre de quelqu'un qui connaît visiblement parfaitement bien le matériel nécessaire et qui a pour but de présenter expérimentalement les expériences de Lavoisier.

Mais en juillet 1792, c'est la fin inéluctable du collège de l'Oratoire et de son modèle car le conseil général de la commune de Nantes décide de supprimer les traitements des professeurs. C'est une décision dans l'air d'un temps qui s'accélère et dont les raisons ne se limitent pas à

¹⁸⁹ AMN, pièce GG661.

¹⁹⁰ Le 26 septembre 1791, le projet de Talleyrand soutenu par les monarchistes mais critiqué par la gauche est ajourné par l'Assemblée Constituante. La dégradation du système scolaire contraint l'Assemblée à au moins maintenir le dispositif existant.

¹⁹¹ Archives municipales de Nantes, R1, Carton 47, dossier 1.

¹⁹² C'est un dispositif constitué d'une plaque diélectrique et d'une plaque de métal avec un manchon isolant qui permet de créer une charge électrique par frottement. Au sujet de l'électrophore, voir le site <http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/zoom/18e/machine/electrophore/electrophore.php>, consulté le 17/08/2016.

l'immédiat intérêt financier. En effet, depuis février 1792, le Comité d'instruction publique¹⁹³ discute le projet de décret que Condorcet, son président, a préparé et Condorcet le présente à l'Assemblée Législative les 20 et 21 avril 1792. Même si les circonstances du moment conduisent à ajourner la discussion, le projet est néanmoins imprimé. Ce projet ne propose ni plus ni moins qu'une « éducation nationale » que l'Etat doit garantir gratuite, laïque, mais non obligatoire. Dans la hiérarchie à cinq degrés que propose Condorcet, le troisième degré est constitué des instituts, à raison d'un dans chaque département, qui doivent préparer :

à remplir les fonctions publiques qui exigent le plus de lumières, [...] se livrer avec succès à des études plus approfondies¹⁹⁴.

Gratuité garantie par l'État, institut départemental, la municipalité se désengage donc très logiquement du rôle moteur que les villes ont joué pour les collèges de l'Ancien Régime.

Toutefois, la municipalité de Nantes est tout à fait consciente de la nécessité d'une instruction publique réformée. Or à Paris, les événements ne permettent pas d'instituer une nouvelle législation pour l'instruction publique¹⁹⁵ et légalement on ne pourrait donc a priori rien faire. Finalement, à la suite de la municipalité nantaise, le district de Nantes puis le directoire du département ressentent un devoir d'éducation qui aboutit à ce que le 24 octobre 1792 s'ouvre un nouveau collège appelé Institut National.

¹⁹³ Le Comité d'instruction publique, qui comprend entre autres parmi ces vingt quatre membres Romme, Arbogast et où est élu Lazare Carnot le 28 octobre 1791, fait partie des vingt deux comités spécialisés de l'Assemblée Législative.

¹⁹⁴ LELIEVRE C., NIQUE C. *Bâtisseurs d'école*, Paris : Nathan, 1994. Condorcet prévoit comme degré suivant de l'instruction neuf ou dix "lycées" qui regroupent nos actuels deuxième et troisième cycle universitaire. Ces établissements, dont l'implantation nécessairement régionale et proportionnelle à la population, sont un point de désaccord entre Carnot et Condorcet. Voir à ce sujet DHOMBRES N. et J. *Lazare Carnot*, Paris : Fayard, 1997.

¹⁹⁵ Le coût du projet de Condorcet est étudié. L'Assemblée réétudie le plan en août 1792, mais celui ci n'est pas appliqué. Les congrégations sont bien supprimées le 18 août, mais les membres enseignants peuvent continuer leur travail. D'autres sujets passent avant l'instruction car rappelons que le 10 août 1792, c'est l'assaut du palais des Tuileries. Finalement, malgré l'installation de la Convention le 21 septembre 1792, aucune autre décision n'est prise concernant l'instruction publique, et seules restent en suspens les idées de Condorcet alors que celui-ci souhaite ne plus se consacrer qu'à la préparation de la Constitution. Sa mise en accusation le 3 octobre 1793 et sa fin tragique le 29 mars 1794 laissent son projet en l'état.

2.3. L'Institut National

L'Institut National va fonctionner pendant quatre ans avant d'être supplanté par une école centrale. A la différence d'un premier projet présenté par Fouché en août 1792 qui gardait un professeur de physique et de mathématiques sur le modèle du collège de l'Oratoire, le projet présenté par Noyer, qui a remplacé au poste de directeur Fouché élu à la Convention le 7 septembre 1792, comprend un cours de physique et chimie expérimentale comme la première classe des instituts de Condorcet¹⁹⁶.

Nous n'avons pas retrouvé de traces écrites des cours de sciences physiques suivis par les élèves. Le niveau scientifique est en tout cas suffisamment bon pour que l'Institut ait admis à l'École centrale des travaux publics (Polytechnique), encore que l'on interroge les candidats uniquement en mathématiques. Durant ces quatre années, installé dans les locaux de l'Oratoire, un cours d'une heure et demie de physique et chimie expérimentale en français y est assuré tout d'abord par Depesret, l'ancien professeur de logique puis de physique de l'Oratoire de Nantes. Il sera ensuite remplacé pour cause de départ par Mazure, un autre oratorien¹⁹⁷. Pralon, le directeur¹⁹⁸ reçoit effectivement de l'argent pour l'achat de machines de physique en octobre 1795 et en décembre de la même année l'Institut récupère deux machines électriques de l'Oratoire¹⁹⁹. La bibliothèque quand elle dispose toujours de son bibliothécaire.

Il semblerait, à première vue, qu'il y ait eu une continuité totale du système éducatif secondaire du collège de l'Ancien Régime avec un nombre d'élèves diminué de moitié par rapport à cette période. En 1785 le collège comptait 300 élèves, et entre 120 et 150 en 1794. Au niveau de l'organisation, les élèves ne sont plus divisés en classes, mais suivent un enseignement

¹⁹⁶ BELHOSTE B., BALPE C., LAPORTE T. *Les sciences dans l'enseignement secondaire français*, t1 1789-1914, Paris : INRP-Economica, 1995.

¹⁹⁷ Depesret est signalé comme professeur de logique le 23 janvier 1791, Fouché étant le professeur de physique, sur la pièce GG661 des Archives municipales de Nantes. Le 29 juillet 1792, la pièce L616 des Archives départementales de la Loire Atlantique le mentionne comme professeur de physique alors que Fouché est le préfet. Les pièces L1051 page 57 et L1060 page 44 de ces mêmes Archives indiquent que Depesret part au Bureau de la guerre à Paris le 3 juillet 1793 et qu'il est remplacé par Mazure.

¹⁹⁸ Pralon, ancien oratorien, a remplacé en octobre 1795 Poirier, que l'on retrouvera au Lycée impérial, qui lui même avait remplacé Noyer en novembre 1794, ce dernier étant parti à la Commission de l'instruction publique. Voir [LAMANDE, 1988].

¹⁹⁹ ADLA, pièce H346. Les documents mentionnent également l'installation à l'hôtel d'Aux.

organisé en cours. C'est un changement d'organisation qui n'est pas minime. Par contre, les professeurs de sciences physiques restent des oratoriens et ils enseignent également les mathématiques. Quant aux conditions matérielles de l'enseignement, elle ne se sont pas améliorées, car si l'on peut citer des crédits alloués pour l'achat de quelques machines de physique, ces mêmes crédits servent à acheter des craies et du bois de chauffage²⁰⁰.

Mais en fait, lorsqu'on évoque les 120 élèves de 1794, on devrait au contraire s'étonner de l'importance relative d'un tel nombre. En effet, et particulièrement à Nantes, on ne peut ignorer la pire situation de crise qu'a dû affronter la Révolution. En 1793, c'est la levée des 300 000 hommes, c'est le Comité de Salut public. A Nantes, c'est la guerre civile, les Vendéens sont aux portes de la ville puis c'est une période de luttes politiques où s'illustre tristement Carrier. L'Institut doit quitter les locaux de l'Oratoire le 8 octobre 1793 car ceux-ci servent d'hôpitaux pour l'armée. Et pourtant la mission de service public d'une éducation pas encore nationale par des lois écrites continue avec efficacité. Comme l'indique le Directoire du département :

Tous les malheurs dont ont gémis nos pères sont nés de l'ignorance [...] l'instruction est le seul moyen de prévenir de tels maux.

On peut y voir l'influence des idées développées par Condorcet à savoir que la science est :

l'atout spécifique de l'homme pour l'aménagement de son avenir²⁰¹.

Si l'enseignement des sciences physiques ne semble pas avoir changé de l'extérieur, c'est sa signification même qui est bouleversée par la Révolution. Cette mutation de la physique amusante de salon à une véritable science indispensable à la formation du citoyen, si elle déjà sous jacente chez l'abbé Nollet et Sigaud de Lafond, est officialisée par la place qui lui est réservée au sein de l'Institut National, à une époque où de nombreuses raisons auraient pu la considérer comme un luxe inutile, survivance des « pratiques de salon des ci-devant aristocrates ».

Ce n'est sans doute pas un miracle nantais. Même s'il y a eu des initiatives, des discussions et des adaptations aux conditions locales, l'influence de Paris et de ses savants est une

²⁰⁰ ADLA, pièce L58 page 136.

²⁰¹ [DHOMBRES, 1989].

évidence. Politiquement, c'est :

dans une relation étroite avec la vie nationale et avec les événements parisiens que Nantes a traversé les années 1789-1799²⁰².

Or, si l'on examine la chronologie de l'enseignement révolutionnaire des sciences physiques, le 30 novembre 1794 voit l'ouverture de l'École centrale des travaux publics²⁰³, antichambre des écoles spécialisées, avec un instituteur de physique, Hassenfratz, et trois instituteurs de chimie, Fourcroy, Guyton de Morveau et Berthollet. Le décret de loi de la création de l'École centrale a également institué Nantes comme l'un des vingt deux centres d'examen. Ensuite, le 20 janvier 1795 débute le premier cours à l'École normale²⁰⁴ de l'an III où la physique est enseignée par Haüy, ancien élève de l'abbé Nollet au collège de Navarre, et la chimie par Berthollet. Enfin, le 25 février 1795 est promulgué le premier décret de création des écoles centrales, où il doit y avoir un professeur ainsi qu'un cabinet de physique et de chimie expérimentales. Comment pourrait-on encore imaginer à Nantes qu'il ne soit pas indispensable d'enseigner les sciences physiques quand on voit le soin et les noms que la Révolution propose à cet effet ? A cet égard, même si nous n'avons pas d'éléments sur la pratique expérimentale de l'enseignement des sciences physiques à l'Institut National, encore qu'il soit probable que de par leur formation, les professeurs n'ont dû guère faire évoluer ce qui se pratiquait déjà à l'Oratoire, l'Institut National a permis que l'enseignement des sciences physiques soit considéré désormais comme quelque chose de normal, voire même d'évident, dans la formation des élèves.

2.4. La création de l'école centrale

²⁰² MARTIN J.C. « Nantes-Paris, Paris-Nantes pendant la Révolution », dans *Nantes dans l'histoire de la France*, Nantes : Ouest éditions, 1991.

²⁰³ Qui sera rebaptisée École polytechnique en 1795.

²⁰⁴ Le décret de la Convention indique :

Il sera établi à Paris une École normale, où seront appelés, de toutes les parties de la République, des citoyens déjà instruits dans les sciences utiles, pour apprendre, sous les professeurs les plus habiles dans tous les genres, l'art d'enseigner.

Il s'agit de former les futurs professeurs des écoles centrales.

La loi sur l'organisation de l'instruction publique qui comprend l'organisation des écoles centrales est promulguée le 25 octobre 1795. Le Directoire du département souhaite une école centrale le 29 novembre 1795. Comme prévu par la loi, le 31 janvier 1796 voit la constitution du Jury d'instruction publique, nommé par l'administration du département, qui doit choisir les professeurs. Dans le cas de celui de la Loire Inférieure, il constitue de plus un groupe qui jouera un rôle actif dans la diffusion des sciences au niveau local. La composition de ce jury évolue, car des membres le quittent pour se porter eux mêmes candidats aux postes de professeurs²⁰⁵, mais un des membres qui nous concerne le plus, car c'est un passionné de physique et de chimie, Athénas²⁰⁶, reste examinateur.

Le concours est ouvert du 29 mars au 18 avril 1796. Les candidats présentent un programme écrit. Les meilleurs sont ensuite entendus par le jury. Nous disposons des mémoires envoyés par les candidats²⁰⁷ et nous allons nous intéresser à ceux qui concernent les sciences physiques pour nous permettre d'évaluer les connaissances d'un candidat à un poste de professeur en 1796 et surtout ce qu'il croit nécessaire d'enseigner à ses futurs élèves et de quelle manière.

2.4.1 Un mémoire de mathématiques

Afin de comprendre la partage des disciplines tel qu'il est établi à ce moment là, regardons tout d'abord le mémoire de mathématiques de Baret²⁰⁸, qui présente selon sa propre expression :

l'ensemble d'un cours élémentaire de cette science convenable aux écoles centrales.

²⁰⁵ Dont Darbefeuille, le futur professeur de physique et chimie expérimentale.

²⁰⁶ Pierre Athénas (1752-1829), né à Paris, est un ancien élève des oratoriens de Soissons, passionné de physique et de chimie. Ancien aide-apothicaire de Malherbe, il a également suivi les cours de Buffon et de Daubenton en particulier en minéralogie et en géologie. Il s'installe à Nantes en 1786 et crée une fabrique de soude extrait du sel marin au Croisic, une teinturerie à Nantes et une fabrique d'acide sulfurique. Ancien membre de la commission des salpêtres, au niveau local il se rattache à ces scientifiques passés au service de la République.

²⁰⁷ Archives départementales de la Loire Atlantique, pièce L619, mémoires des concurrents.

²⁰⁸ Jean Baret est un instituteur particulier enseignant les mathématiques. Il obtient effectivement la chaire de mathématiques à l'école centrale.

Son programme comprend arithmétique, algèbre, géométrie, géométrie sublime²⁰⁹, calcul infinitésimal mais également la mécanique, « *science du mouvement et de l'équilibre* » qui est partagée entre mécanique des solides et mécanique des fluides, l'optique, « *science de la vision et de la lumière* » partagée entre l'optique proprement dite qui traite de la description de l'oeil et de la propagation de la lumière, la catoptrique, qui traite de la lumière réfléchi et enfin de la dioptrique qui traite de la lumière réfractée. Baret, en tant que candidat, n'hésite pas à montrer les outils qu'il sait manipuler. Ainsi, en mécanique, s'il présente encore le lien entre les espaces parcourus et les nombres impairs lors de la chute des corps, on trouve maintenant une formulation quasi actuelle de grandeurs cinématiques:

si on représente par p la vitesse acquise pendant l'unité de temps et par t un temps quelconque, par e l'espace parcouru, par u la vitesse acquise pendant ce temps quelconque, on trouve pour les équations aux mouvements simplement variés :

$$de = udt \quad du = d(de/dt) \quad du = pdt \quad dde = pdt^2$$

De même trouve-t-on en mécanique des fluides et en optique des formules concernant la vitesse de l'eau en sortie d'un récipient ainsi que les formules des miroirs et des dioptries.

Statique et dynamique du solide, mécanique des fluides et optique géométrique sont des parties de l'actuel enseignement des sciences physiques. Mais en cette fin du XVIII^e siècle, nous pouvons constater que l'on utilise toujours la division des sciences annoncée dans le *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* rédigé par d'Alembert. Les « *sciences physico-mathématiques* » font partie des mathématiques et selon d'Alembert :

par l'application des calculs mathématiques à l'expérience, déduisent quelquefois d'une seule et unique observation un grand nombre de conséquences qui tiennent de bien près, par leur exactitude, aux vérités géométriques.

Ce qui est nommé « *physique générale et expérimentale* » est constitué d'un « *recueil raisonné d'expériences et d'observations* », autrement dit les parties de notre actuelle physique qui ne sont pas encore mathématisées à ce moment, à savoir la chaleur, la lumière, l'électricité et le magnétisme. Cette mathématisation est d'ailleurs l'enjeu de la physique française et la

²⁰⁹ « La géométrie sublime est la science des lignes courbes et des surfaces courbes. Une équation qui ne contient que deux variables exprime une ligne courbe, une équation qui contient trois variables exprime une surface courbe » précise Baret dans son mémoire.

séparation des sciences physiques entre une physique « sérieuse » parce que mathématique d'une part et une physique expérimentale d'autre part est un débat toujours d'actualité concernant son enseignement. De plus, les progrès de la chimie du moment brouillent les cartes de la division prévue par d'Alembert et le mariage entre la physique et la chimie pose déjà problème comme nous le verrons un peu plus loin.

Regardons maintenant les programmes des candidats à la chaire de physique et chimie expérimentales, ainsi que la discussion que cette discipline provoque au sein du jury.

2.4.2. Quels projets pour la physique et la chimie expérimentale?

Un peu plus d'un mois avant le concours, il y a une discussion sur le cours de physique et chimie expérimentales au sein du Jury. Dans un courrier²¹⁰ au ministre de l'Intérieur, le Jury explique que :

Resserrée entre les sciences physico-mathématiques [...] et la chimie qui pénètre jusqu'au derniers éléments des corps [...] l'ancienne physique n'existe déjà plus: la chimie moderne s'est emparé de son domaine.

Le Jury considère en fait la physique expérimentale uniquement sur l'aspect de la démonstration de salon, et à ce titre elle n'est pas une science « utile » au sens d'une science acceptable par la communauté scientifique²¹¹. Athénas s'oppose à cette idée et considère bien au contraire que la physique expérimentale est indispensable pour la formation des élèves, mais nous développerons plus loin ses arguments, sachant toutefois qu'il fut finalement entendu. Le Jury examine donc les mémoires qui suivent.

Nous avons le mémoire du citoyen Pierre Tienne, habitant à Nantes depuis vingt ans, qui dit avoir suivi pendant cinq ans dans la capitale les leçons de Nollet de physique expérimentale. Il commence par un vibrant plaidoyer historique et philosophique sur la physique, renforcé par les idées des législateurs des écoles centrales, la physique pouvant :

donner un nouvel appui à toutes les autres connaissances humaines.

²¹⁰ ADLA, L620.

²¹¹ Cet autre sens du mot utile appliqué à la science est expliqué plus en détail dans [DHOMBRES, 1989].

Puis, il propose en physique un cours présentant Copernic, Descartes, Newton. Une fois ce fond posé, il fera de la physique expérimentale, présentant dans l'ordre la théorie lointaine puis des expériences :

Comment rendre raison du son et des couleurs si l'on ne connaît pas les propriétés de l'air et la nature de ce fluide élastique et universel qui est le véhicule de la lumière?

Son mémoire présente ensuite un complément sur la chimie, où il explique qu'au départ il n'avait pas vraiment pensé présenter cette science dans son cours, mais que finalement associer physique et chimie n'est pas une mauvaise idée :

La chimie éclaire les expériences de la physique [...], on ne se contente plus de frapper les regards par des expériences [...] si on appelle l'expérience à son secours, ce n'est que pour découvrir par le raisonnement et par les faits [...] la physique repose maintenant sur deux bases également solides, les mathématiques et la chimie : les mathématiques lui apprennent à ne s'attarder rigoureusement qu'à l'évidence du raisonnement et à la démonstration des faits, la chimie préside aux expériences, en médite l'analyse et en calcule les résultats.

Pierre Tienne explique qu'en fait il a établi ses réflexions à partir des *Eléments de chimie* de Chaptal et que le contenu de son cours suivra sa présentation, des corps simples aux corps compliqués. Enfin il précise sa méthode pédagogique, le discours du maître :

la forme de discours qui m'a toujours paru le plus propre à former la jeunesse, les expériences ne seront employées que pour confirmer les vérités énoncées dans le discours.

Visiblement, car il n'a pas été reçu, son programme n'a pas convaincu. À sa lecture, on ne peut que constater qu'il s'agit d'un enseignement à la base conçu comme celui d'un collège de l'Ancien Régime avec l'exposé de systèmes. De plus, il utilise l'expérience à l'envers des habitudes de la physique générale et expérimentale, car son expérience ne sert qu'à prouver a posteriori que la théorie est exacte. Enfin, avouer à un Jury très « chimiste » qu'il n'a que pour seules connaissances en chimie ce qu'il a pu lire dans un livre, fût-il de Chaptal, n'a pas dû jouer en sa faveur. Nous n'avons pas d'autres précisions sur le passé de ce Pierre Tienne, en particulier sa formation. En tout cas, dans le cadre de notre étude, il est important de constater que c'est sans doute pour des raisons en partie pédagogiques, tant sur les connaissances que sur la pratique,

qu'un candidat au poste de professeur de physique et chimie expérimentale est refusé au concours.

Examinons maintenant le programme proposé par le lauréat, Lalande. Il propose un programme beaucoup plus précis : après quelques généralités sur la physique, la base du programme est constituée des lois générales de mouvement, de l'attraction et de la répulsion des corps, suivies des propriétés physiques de la matière. Les résultats de la statique et de la dynamique du solide sont appliqués aux machines, puis on trouve ensuite la mécanique des fluides. Pour la chimie, il prévoit de présenter l'affinité chimique, puis ensuite de passer à la chimie de Lavoisier, dont le nom est cité, à savoir la composition de l'air, la composition et la décomposition de l'eau, la théorie de la combustion suivie de l'étude de l'air atmosphérique. A ce sujet, il prévoit de présenter les instruments météorologiques que sont le thermomètre, le baromètre et l'hygromètre, en faisant pour chaque appareil un court historique, suivi de sa description et de son fonctionnement. Il revient ensuite à l'eau sous ses états solide, liquide et gaz, sur la présence de substances salines ou métalliques qui différencient les eaux. Il aborde également le feu, appelé le calorique, la chaleur spécifique des corps et sa mesure avec le calorimètre de Lavoisier et Laplace. Quittant la chimie, il prévoit de faire étudier la lumière, sa propagation en ligne droite, la réflexion, la réfraction et les couleurs. Enfin, il termine par l'électricité, avec

les plus brillantes expériences,

même si

elle ne se prête encore à aucune théorie pleinement satisfaisante.

Il s'agit d'expériences d'attraction, de propagation, de fabrication d'étincelles, du phénomène de commotion, où il cite les noms de Gray, Dufay, Musschenbroek. Il complète avec l'utilité du paratonnerre et le magnétisme.

Deux autres candidats au moins ont dû se présenter car l'on dispose, mais sans que les noms de leurs auteurs apparaissent, d'un programme de cours de physique et de chimie ainsi que d'un programme de physique interne, c'est à dire de chimie. Les intitulés des différentes parties sont analogues à celles proposées par Lalande mais on ne connaît pas le contenu détaillé car seuls les titres sont mentionnés sur les documents.

Comment évaluer le programme de Lalande et quelles sont les implications de celui-ci pour l'enseignement expérimental des sciences physiques? Pour la physique, si elle est solidement construite sur la physique newtonienne donc mathématique, il est révélateur que Lalande dans le cadre d'un cours de physique traite des machines et de la dynamique des fluides. Il donne ainsi un rôle pédagogique à l'enseignement de la physique expérimentale et la nécessité de la raccorder aux sciences physico-mathématiques, en accord avec ce qu'Athénas a recommandé au Jury :

Je crois que lorsqu'un professeur démontre à sa classe la puissance du levier, du treuil des poulies etc. l'équilibre des fluides dans des tuyaux correspondants, le jeu des siphons etc. et que ce professeur met ces machines même en mouvement sous les yeux des élèves, je pense, dis-je, qu'il leur enseigne des parties de la physique expérimentale et tout aussi bien fondée sur l'expérience que la chimie même.

Autre point intéressant, toujours dans les recommandations d'Athénas au Jury, lorsque celui-ci indique le programme sur lequel il convient d'interroger les candidats, il recommande le programme de l'École normale :

Ce qui doit faire règle à cet égard à mon avis, c'est le programme des écoles normales et avec d'autant plus de raison qu'il y avait un professeur de physique générale et un autre de chimie et que dans les écoles centrales au contraire ces deux parties sont réunies dans la même chaire²¹².

En ce qui concerne la chimie, le choix de Lalande de commencer son programme par l'affinité chimique est également un point à relever. A ce moment de l'histoire de la chimie, l'existence de forces d'affinités expliquant les principales réactions chimiques est admise. Cette théorie générale en accord avec la physique newtonienne ne peut que satisfaire les physiciens-chimistes français. Très logiquement, Lalande cite ensuite Lavoisier et le début du contenu de son *Traité élémentaire de chimie* comme suite du cours qu'il prévoit. Ce dernier ouvrage de Lavoisier publié en 1789 n'est-il pas le prototype du parfait manuel de l'enseignement de la chimie, contenant à la fois les bases de cette science et les éléments d'instruction nécessaires à la pratique

²¹² Athénas donne un résumé très précis du cours de physique de Haüy à l'École normale. Lalande y est extrêmement fidèle, depuis les propriétés générales des corps jusqu'au paratonnerre.

des opérations de laboratoire²¹³? Quand on songe enfin que Claude-Louis Berthollet, collaborateur de Lavoisier, ancien professeur de chimie de l'École normale, est à ce moment le professeur de l'École polytechnique²¹⁴ et futur cofondateur avec Laplace de la Société d'Arcueil²¹⁵ et de son programme newtonien de recherche physico-chimique, on ne peut que constater la très grande adéquation de Lalande avec ce qui se fait et se fera de mieux dans la diffusion des sciences.

Lalande est nommé professeur, mais c'est finalement Jean-Baptiste Augustin Darbefeuille qui occupera le poste²¹⁶ le 29 juillet 1796.

2.5. Le cours de physique et chimie de l'école centrale

2.5.1. Le professeur

Jean-Baptiste Darbefeuille²¹⁷ est un chirurgien nantais, ancien élève de l'Oratoire, qui a

²¹³ DAUMAS M. *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris : P.U.F, 1955. Maurice Daumas a montré que Lavoisier, en publiant cet ouvrage, souhaitait avant tout présenter dans un ordre logique la chimie dont l'enseignement était auparavant extrêmement confus.

²¹⁴ Même si Berthollet, remarquable chimiste, n'est par contre pas reconnu comme un grand pédagogue dans ses exposés.

²¹⁵ De 1805 à 1817, les fins de semaine, Berthollet et Laplace réunissent à leurs domicile à Arcueil de dix à douze jeunes savants. Dans un cadre mois formel qu'à l'Institut, on peut discuter sur les mémoires qui y seront présentés ou encore envisager des expériences à mener. Voir à ce sujet [DHOMBRES, 1989] et CROSLAND, Maurice. *The Society of Arcueil: A view of French science at the time of Napoleon I*. London : Heinemann, 1967.

²¹⁶ Lalande obtient le poste le 27 avril 1796, mais il démissionne. Ancien oratorien, il enseignait les mathématiques et la logique à l'Institut national et fonde avec quelques anciens de l'Institut qui ne se sont pas présentés au recrutement de l'école centrale une des futures écoles secondaires de Nantes, l'Institut des Amis réunis. *Les Étrennes nantaises* de l'an XII, un annuaire qui consigne les activités commerciales nantaises, nous apprennent que

Cet établissement, avantageusement connu à Nantes et dans les départements voisins, a succédé immédiatement à l'Institut qui avait remplacé le ci-devant collège de l'Oratoire : il soutient sa réputation depuis le mois de floréal an IV, époque où il fut mis en activité. Il a été nommé école secondaire par arrêté du gouvernement du 5 frimaire an XI.

Lalande a-t-il souhaité rester avec ses anciens collègues ? Nous n'avons pas d'autres indications sur la suite de sa carrière.

²¹⁷ On trouvera quelques références et une biographie résumée dans [LAMANDE, 1988].

parachevé avant la Révolution sa formation auprès de Pierre-Joseph Desault, considéré alors comme le meilleur chirurgien de Paris. Lorsque débute les cours à l'école centrale, il est à la fois le professeur de physique et de chimie expérimentales de l'école et le chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu à Nantes, deux domaines qui le passionneront toute sa vie²¹⁸.

On pourrait s'étonner de la compétence en physique et en chimie d'un chirurgien. S'il est vrai que leur formation est essentiellement médicale²¹⁹, les chirurgiens et les médecins²²⁰ font partie de ces savants de la Révolution ouverts à tout ce qui peut faire évoluer leurs savoirs. A cet égard, qu'un journal médical s'intitule *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts* est révélateur²²¹. De plus, Darbefeulle est persuadé du rôle fondamental de la physique et de la chimie en médecine et de leur complémentarité

Ubi desinit physicus, ibi incipit medicus²²²

Ce goût des sciences exactes et sa compétence reconnue en la matière font également que Darbefeulle est membre de la commission chargée de la comparaison des anciennes et nouvelles mesures²²³, une activité on ne peut plus fondamentale pour la physique.

Le professeur connaît donc son sujet. A quel public s'est-il adressé ?

2.5.2 Les élèves

²¹⁸ C'est ainsi qu'il deviendra successivement médecin en passant sa thèse de docteur en médecine en 1808 mais aussi licencié ès sciences en 1810.

²¹⁹ HUARD P. « L'enseignement médico-chirurgical » in [TATON, 1964].

²²⁰ En 1796, chirurgiens et médecins sont toujours deux professions distinctes. Mais le statut des chirurgiens, qui n'étaient pas docteurs en médecine et issus de la faculté, évolue tout au long du XVIII^e siècle, avec entre autres la création de l'Académie royale de chirurgie en 1731. Toutefois, il faudra attendre la loi du 19 ventôse an XI (10 mars 1803) pour voir chirurgiens et médecins regroupés dans la même formation.

²²¹ L'étude qu'a menée Claudette Balpe sur la physique et la chimie dans les écoles centrales montre que 45% des enseignants de physique et de chimie sont des naturalistes, comprenant de nombreux médecins, pharmaciens ou officiers de santé. BALPE C. « Constitution d'un enseignement expérimental : La physique et chimie dans les écoles centrales ». *Revue d'histoire des sciences*, 1999, t.52 n°2. pp. 241-284.

²²² « Là où finit la physique commence la médecine » dit-il à l'ouverture de son cours de médecine en 1807.

²²³ Darbefeulle est cité comme membre de cette commission le 21 mai 1798. Archives départementales de la Loire Atlantique pièce L70.

Le titre II de la loi Daunou sur l'organisation de l'instruction publique avait organisé l'enseignement dans les écoles centrales en trois sections. Dans la première, où les élèves étaient admis après l'âge de douze ans, étaient enseignés le dessin, l'histoire naturelle, les langues anciennes et éventuellement les langues vivantes. La deuxième section, pour laquelle il fallait avoir quatorze ans accomplis, comprenait un cours d'éléments de mathématiques et un cours de physique et chimie expérimentales. La troisième section enfin comprenait la grammaire, les belles-lettres, l'histoire et la législation. Les âges d'admission aux différentes sections laissent supposer que celles-ci duraient environ deux ans, et ce sont donc à des élèves relativement plus jeunes que ceux des collèges de l'Ancien Régime qu'était sensé s'adresser le cours de physique et chimie expérimentales.

En fait dans le cas de Nantes, les études menées²²⁴ montrent que le cours a été suivi par un auditoire comportant à la fois des élèves de l'âge « normal » officiellement inscrits et des élèves plus âgés souvent non inscrits, en particulier des futurs médecins. En regardant les inscriptions, on peut parler d'un net succès des cours scientifiques, y compris pour le cours de physique chimie, ce qui marque une rupture avec l'enseignement de l'Ancien Régime. Mais il ne faudrait pas pour autant imaginer la mise en place d'une filière scientifique analogue à la nôtre. Beaucoup d'élèves choisissaient des cours sans suivre l'organisation des sections, et en particulier les deux cours les plus suivis furent ceux de dessin et de mathématiques.

Nous venons d'évoquer le professeur et ses élèves. Dans quelles conditions matérielles a eu lieu l'enseignement de physique et chimie expérimentales ?

2.5.3. Des conditions matérielles difficiles

L'article 4 du titre II sur les écoles centrales prévoit la mise en place d'un cabinet de chimie et physique expérimentale, ainsi qu'une bibliothèque publique, un jardin et un cabinet d'histoire naturelle. L'école centrale ouvre ses portes le 19 juin 1796, mais ne disposant pas d'une salle ni d'instruments, Darbefeuille doit attendre l'été 1797 pour commencer son cours. Les travaux d'aménagement de la salle de physique et de la salle de collection attenante sont toutefois parmi les premiers réalisés, l'école centrale ayant toujours eu une installation provisoire durant

²²⁴ [LAMANDE, 1988].

les six années de son existence. Mais si le local est finalement créé, la constitution d'une collection d'instruments va être bien plus difficile. En septembre 1797, Darbefeuille indique que

La classe de physique chimie était dans un dénuement entier des appareils des plus simples et des plus usités pour les expériences élémentaires du cours dont je suis chargé ²²⁵.

Darbefeuille se procure comme il le peut de quoi constituer son cabinet : auprès d'un apothicaire les produits chimiques, quelques matériels de l'ancien cabinet de l'Institut National qu'il faut réparer etc. Ses demandes de crédits sont entendues car le département lui alloue une somme pour acheter et réparer les appareils du cabinet de physique et de chimie²²⁶. Mais souvent Darbefeuille doit avancer ses propres deniers sans être toujours remboursé. Et le cabinet reste pauvre et malheureusement il ne va pas bénéficier d'une opportunité fort intéressante. Nantes possédait en effet avant la Révolution le cabinet de physique de Le Bouvier Desmortiers consacré à l'électricité que nous avons évoqué précédemment. Or, en tant que royaliste, le nom de Le Bouvier Desmortiers avait été porté sur la liste des émigrés, et il avait été envisagé que sa collection serve pour le cabinet de l'école centrale. Le matériel de son cabinet est même transporté au couvent des Ursulines, local de l'école. Mais en 1798, le nom de Le Bouvier-Desmortiers est rayé de la liste des émigrés, et il récupère le matériel de son cabinet. C'est une occasion ratée pour l'école centrale²²⁷, toutefois, ces problèmes matériels ne sont pas fondamentaux²²⁸ : ce n'est pas tant les instruments que la manière de concevoir l'enseignement expérimental qui conditionne celui-ci, et à cet égard c'est bien la démarche de Darbefeuille qui mérite d'être regardée.

²²⁵ ADLA, L626.

²²⁶ ADLA, L74.

²²⁷ Finalement, Le Bouvier-Desmortiers vend son cabinet en 1802, cabinet qui fut effectivement acheté par Darbefeuille, et qui l'utilisa pour créer un cours privé de physique car, entre temps, le 1^{er} mai 1802, les écoles centrales sont abolies mais le lycée de Nantes n'est pas encore créé. Nous y reviendrons.

²²⁸ Ces problèmes matériels ne sont pas propres à l'école centrale de Nantes. Dans l'étude consacrée aux écoles centrales des départements réunis, l'actuelle Belgique, alors territoire de la République française, Marie Thérèse Isaac et Claude Sorgeloos rapportent le manque d'instruments relevé par le Conseil d'Instruction publique de février 1800 malgré la présence d'enseignants de qualité. ISAAC, M.T., SORGeloos, C. « Les écoles centrales » in BOUDON, Jacques-Olivier. (dir) *Napoléon et les lycées*, Paris : Nouveau Monde éditions, 2004.

2.5.4. Le contenu des cours et la place de l'expérimentation

Le contenu des cours et les horaires ont subi plusieurs modifications. Néanmoins, on peut dégager les généralités suivantes concernant les conditions d'enseignement des sciences physiques. La physique et la chimie sont enseignées sur une moyenne de six heures par semaine, ce qui est considérable par rapport à l'Institut National précédent, et le contenu des cours nous est partiellement connu par le compte rendu rédigé par Darbefeuille de son enseignement²²⁹. La physique y est divisée en deux parties : la physique externe et la physique interne.

La physique externe, qui étudie la nature par ses phénomènes observables et désormais ses lois, comprend les propriétés générales des corps et leurs mesures (telles que masse, densité etc.), la mécanique basée sur les lois de Newton, donc une forme de système du monde, et la présentation de diverses machines telles que leviers et treuils à la manière ancienne des « Mécaniques » du XVII^e siècle. Elle comprend également des domaines relativement récents que sont les propriétés physiques de l'air, l'acoustique, l'optique géométrique et enfin les phénomènes magnétiques. Même si Darbefeuille indique qu'il n'a pas suivi de manuel pour établir son cours, on retrouve un plan assez similaire à celui du *Traité élémentaire ou principes de physique* de Mathurin Jacques Brisson²³⁰ publié en 1789.

La physique interne, plus précisément l'étude de la nature par ses phénomènes et propriétés internes, comprend le calorique, la matière de la lumière, la matière de l'électricité et la chimie. Darbefeuille présente différentes théories sans plus se prononcer sur la nature réelle du calorique et de la lumière que Laplace et Lavoisier dans leur travail sur la calorimétrie. Pour l'électricité, il présente la distinction entre conducteurs et non-conducteurs, les propriétés de l'électricité par diverses expériences²³¹ et enfin pour la chimie, sans en énumérer le détail qui serait fastidieux ici et que l'on peut retrouver dans son compte-rendu, il présente l'ensemble des travaux de Lavoisier depuis la décomposition et la recombinaison de l'eau, qui était réalisée, jusqu'à l'expérience de l'oxydation du mercure.

²²⁹ Archives Nationales F¹⁷ 1344¹

²³⁰ L'abbé Nollet avait proposé à Jacques Mathurin Brisson (1723-1806), d'abord naturaliste, de se consacrer à la physique. Brisson prit la suite de Nollet au Collège de Navarre et sera lui même professeur à l'école centrale des Quatre Nations à Paris. Voir à ce sujet [BALPE, 1999].

²³¹ Entre autres l'effet de pointe, la bouteille de Leyde, et assez logiquement les applications médicales de l'électricité.

Même si nous ne possédons qu'un résumé du contenu du cours, on peut dire qu'il est d'un niveau juste en dessous des cours de Haüy à l'École normale²³², cours que nous évoquerons plus loin, lesquels balayent l'ensemble de la physique de l'époque et au plus près des travaux de Lavoisier pour l'ensemble de la chimie. Athénas avait d'ailleurs recommandé au Jury d'instruction publique d'interroger les candidats à la chaire de physique et chimie sur le programme de l'École normale. Autre point à noter, la référence permanente à l'expérience dans la présentation du cours qu'a donné Darbefeulle.

2.6. Quel bilan pour l'expérimentation lors de la période révolutionnaire à Nantes?

Lorsque le Jury d'instruction publique recherchait un professeur de physique et chimie pour l'école centrale, il recherchait en fait au départ un chimiste. Il y a donc une distinction entre d'une part une physique de type mathématique, comprenant la mécanique et l'optique géométrique qui constituent les sciences physico-mathématiques, et d'autre part la chimie qui devient une science utile en tant que science applicable dans le quotidien. On peut donc constater directement l'influence de l'École normale de l'an III sur l'enseignement des sciences physiques car ce qui fait l'originalité de l'enseignement de celles-ci est justement la présence de l'expérience. Darbefeulle, le professeur de physique-chimie à Nantes évoque la notion de méthode expérimentale pour caractériser l'enseignement des sciences physiques. Ces termes méritent d'être interrogés.

Le chimiste Michel-Eugène Chevreul a défini en 1856 la notion de méthode expérimentale comme la validation d'une hypothèse par le contrôle de l'expérience. Ces termes ont été depuis revisités dans le cadre de l'enseignement de la physique et de la chimie tel que l'envisagent les didacticiens de ces disciplines. La particularité des sciences physiques telles que nous les concevons maintenant est qu'elles sont à l'intersection de différentes démarches, mathématiques, expérimentales, théorique et depuis l'avènement de l'ordinateur la démarche de simulation. Dès lors, enseigner les sciences physiques, c'est enseigner des modèles adaptés aux problèmes que l'on souhaite résoudre en classe. La méthode pour y parvenir est qualifiée

²³² Darbefeulle ne mentionne pas la cristallisation ni la capillarité, et ne cite pas Coulomb. Mais il est vrai aussi que son manuscrit n'est qu'un résumé de son cours.

aujourd'hui de méthode expérimentale, termes a priori contradictoires et qui décrivent en fait la méthode pédagogique qui consiste à ce qu'en un temps forcément limité, les élèves et le professeur formulent un problème, que les élèves émettent des hypothèses, conçoivent alors une expérience vérifiant cette hypothèse, la réalisent éventuellement et interprètent leurs résultats. Or l'idée de la méthode expérimentale était visiblement présente dans la conception des cours de physique de l'École normale²³³, ainsi que chez l'enseignant d'un établissement scolaire secondaire de province au même moment. Il faudra pourtant deux siècles pour que les didacticiens repensent à nouveau ainsi l'enseignement de la physique²³⁴. Pour Darbefeuille, c'est même cette méthode expérimentale qui lui permet de différencier l'histoire naturelle de la physique. Visiblement, le professeur a pris le temps de réfléchir à son enseignement.²³⁵.

C'est d'ailleurs l'occasion de préciser les termes liés à l'expérience. Nous venons de mettre en perspective la « méthode expérimentale », il faut nous intéresser à « l'expérimentation »

Ainsi, alors que les conditions matérielles de l'enseignement des sciences physiques restent assez similaires à celles des collèges de l'Ancien Régime²³⁶, voire même plus difficiles dans le cas de Nantes, et qu'en particulier ces conditions ne permettent pas la mise en place de travaux pratiques²³⁷, la place des sciences physiques et la conception de leur enseignement ont été

²³³ Haüy, dans le programme des cours de l'École normale précisait :

le physicien, par le rapprochement des faits observés, parvient à les lier ensemble dans une même théorie

²³⁴ ASTOLFI J.P., GIORDAN A., GOHAU G., HOST V., MARTINAND J.L., RUMELHARD G. et ZADOUNAÏSKY G. *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?*, Paris : PUF, 1978.

²³⁵ GRAU H. « L'enseignement des sciences physiques fut-il révolutionnaire ? La physique expérimentale à Nantes, du collège oratorien à l'école centrale », *Annales historiques de la Révolution française*, 2000, 320.

²³⁶ Claudette Balpe a montré que les collections des écoles centrales étaient largement basées sur l'ouvrage de Sigaud de Lafond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* paru en 1775, ouvrage qui incluait la chimie. Voir BALPE C. « Expérience, démonstration et instrumentation dans les lycées au XIX^e siècle ». *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 2002, 845, p. 1131-1146.

²³⁷ Même s'ils ne sont pas liés à la physique, les enseignements autour de la gnomonique et des cadrans solaires ont disparu des cours de l'école centrale, alors qu'ils se prêtent à l'expérience. Le cours d'astronomie (jusqu'en 1830) et de cosmographie (à partir de 1830) fait officiellement partie du cours de mathématiques. De plus l'école centrale ne prépare pas spécifiquement à des carrières dans la Marine, où cet enseignement avait tout son intérêt.

établies lors de cette période révolutionnaire. Mais la création des lycées va tout remettre en question.

3. LES SCIENCES PHYSIQUES VICTIMES DU LYCEE IMPERIAL

3.1. Une période de transition difficile

Lorsque le régime du Consulat remplace le Directoire, le Premier consul est vite convaincu de la nécessité d'une réforme de l'enseignement. Même si Nantes a vu la fréquentation de son école centrale régulièrement augmenter, sur l'ensemble du territoire national les écoles centrales n'ont pas su trouver leur public²³⁸. La loi du 1^{er} mai 1802²³⁹ supprime celles-ci et les remplace par des écoles secondaires à la charge des communes et par des lycées qui sont entretenus par l'État. Ce sont ces lycées qui vont focaliser toute l'attention de l'État et montrer sa volonté de prendre en main le système scolaire.

Trente deux villes doivent accueillir ces nouveaux lycées, et dès le 19 mai 1802, le préfet du département propose la candidature de Nantes. La ville ne manque pas d'atouts, mais selon son habitude la municipalité refuse d'investir dans un établissement sur lequel elle n'aura aucun pouvoir alors qu'elle devra y contribuer financièrement, et par deux fois, en novembre 1802 puis en 1805, le gouvernement abandonne la création du lycée de Nantes. Il faut attendre 1808 pour que le lycée soit créé, sur l'injonction de l'Empereur relayée par Fourcroy, devenu directeur de l'Instruction publique.

Pendant cette période de transition, Nantes voit la création de six écoles secondaires au sens de la loi du 1^{er} mai 1802, seuls établissements comparables par le niveau enseigné à l'école centrale, car il y avait également de nombreux établissements privés, mais le contenu des cours des écoles secondaires devait être validé par l'État qui y envoya ses sous-préfets vérifier la conformité des enseignements. En effet, une école secondaire se devait d'enseigner latin, français, histoire, géographie et mathématiques... mais pas la physique expérimentale. Et concrètement, sur ces six écoles, seules deux donnèrent, et quelques années seulement, un cours de physique élémentaire, y compris à l'école Bon Pasteur, créé par Darbefeuille, le professeur de

²³⁸ Voir JULIA D. « La fréquentation des écoles centrales. Quelques hypothèses ». *Sciences et Techniques en Perspective*, 1983, 2.

²³⁹ 11 floréal an X.

physique et de chimie de l'école centrale qui avait racheté à cet effet le matériel du cabinet de Le Bouvier Desmortiers, matériel qui lui avait manqué précédemment. Il faut dire que la majorité de ces écoles laissaient le choix des enseignements aux élèves et à leurs parents, et que la demande sociale a surtout porté sur les matières commercialement utiles, telles que le dessin ou l'anglais²⁴⁰.

La création du lycée impérial affaiblit la fréquentation de ces écoles secondaires, mais les sciences physiques n'en tireront pas avantage.

3.2. Les sciences expérimentales sont les grandes oubliées du lycée impérial

Le Consulat a jugé que les écoles centrales ont été un échec, entre autres à cause de la multiplication des institutions privées redonnant au latin le rôle fondamental qu'il avait dans les collèges de l'Ancien Régime. Concrètement, dans les lycées, on enseignera le latin et les mathématiques, comme l'annonce l'article 1 de la loi du 10 décembre 1802 qui régit l'enseignement des sciences dans les lycées. La répartition est la suivante : il y a six classes de latin, le terme classe correspondant à celui de cours et non pas à un groupe d'élèves de la même classe d'âge, les six classes de latin étant ordinairement parcourues en trois années. Les mathématiques sont de même organisées en six classes réparties sur trois années, mais un élève doit avoir fait la cinquième classe de latin avant d'entrer en classe de mathématiques, c'est à dire qu'il n'étudie les mathématiques que lors de sa deuxième année de lycée en parallèle avec le latin. Ces six classes de mathématiques sont prolongées par deux années de mathématiques transcendantes.

Que sont devenues les sciences physiques dans cette nouvelle organisation ? Tout d'abord, il n'y a plus de professeur de physique ni de chimie, c'est le professeur de mathématiques qui est chargé de cet enseignement. Ensuite, le temps consacré est extrêmement réduit : « *les principaux phénomènes de physique* », sans autres précisions, sont vus lors de la quatrième classe de mathématiques, la physique ne réapparaissant que dans les classes de mathématiques transcendantes dans le cadre de la mécanique et de la mécanique des fluides la première année et en deuxième année on donne « *les principes généraux de la haute physique, spécialement de l'électricité et de l'optique* ». La chimie est encore moins bien lotie, elle

²⁴⁰ [LAMANDE, 1988].

n'apparaît que dans la seconde classe de mathématiques, sous forme de principes généraux. Dernier point enfin, essentiel, il n'y a même pas de manuel de sciences physiques au moment de la promulgation de la loi²⁴¹, la commission pour les mathématiques²⁴² chargeant Haüy²⁴³ d'écrire un manuel de physique et Adet²⁴⁴ un manuel de chimie.

Comment a-t-on pu en arriver là avec un chimiste de haut niveau comme Fourcroy directeur de l'instruction publique ? Peut-être faut-il relativiser notre jugement. S'il est vrai que les sciences expérimentales disparaissent pratiquement du cursus du lycée impérial, il y a quasi parité entre le latin et les mathématiques. Or, sous l'Ancien Régime, on en était très loin. D'autre part, le rôle du lycée impérial n'est pas de former des scientifiques, le latin et l'étude des auteurs anciens apparaissant comme les bases nécessaires d'une formation. On retrouve d'ailleurs des références constantes à Rome dans les titres, les costumes et le mobilier du Consulat puis de l'Empire. Enfin, il n'y a pas de sciences physiques au concours d'entrée à l'École polytechnique comme il n'y en avait pas à l'École royale du Génie de Mézières ainsi que nous le montrerons plus loin. La domination des mathématiques à ce concours associée à l'idée qu'un apprentissage préalable des mathématiques est nécessaire pour comprendre la physique explique sans doute cette disparition des sciences expérimentales au lycée au bénéfice des mathématiques conjointement au retour des humanités. Nous retrouverons cette question du rapport entre physique et mathématiques plus loin.

Le nouveau plan d'études des lycées du 19 septembre 1809 renforce le recul des sciences expérimentales par rapport aux écoles centrales. Ce plan rétablit des classes annuelles qui retrouvent les noms des classes des collèges de l'Ancien Régime, à savoir deux classes de grammaire, deux classes d'humanités, une de rhétorique et une de philosophie. Un cursus de six

²⁴¹ Alors qu'il y a les différents traités de Lacroix pour les mathématiques, déjà réédités.

²⁴² Elle est composée de Monge, Laplace et Lacroix.

²⁴³ Après l'École normale de l'an III, René-Just Haüy est devenu professeur de cristallographie à l'École des mines en 1795. Il enseigne la minéralogie au Muséum national d'histoire naturelle à partir de 1800 et son cours est publié en 1801. Le texte précisait que s'il ne pouvait écrire les traités de physique,

le citoyen Biot serait indiqué pour faire ce travail.

Biot fut professeur de physique mathématique au Collège de France. Nous le retrouverons dans la partie consacrée à cet établissement.

²⁴⁴ Pierre-Auguste Adet a été l'un des préparateur de Lavoisier. Il est préfet de la Nièvre en 1803.

années donc, complété par une classe de mathématiques spéciales. Les sciences physiques sont à nouveau seulement enseignées dans l'année de philosophie²⁴⁵. Par contre, une chaire de sciences physiques est créée, et son occupant fait partie du deuxième ordre des professeurs, à égalité avec le professeur de mathématiques spéciales²⁴⁶. Ce professeur de sciences physiques donne deux leçons de deux heures chacune par semaine où il enseigne « *les éléments de la physique et de la chimie* », il doit assurer également un cours d'histoire naturelle de deux leçons de deux heures dans la classe de mathématiques spéciales, et il a la charge des collections relatives aux sciences, sans autres précisions. Il n'y a en effet pas d'indications sur la composition de ces collections, ce qui suppose qu'il s'agit de gérer l'existant, à savoir ce qui pouvait provenir de l'établissement secondaire correspondant au lycée, collège ou école centrale.

Quatre heures de sciences physiques dans la seule classe de philosophie, à comparer aux cinq heures de mathématiques déjà données dans les classes d'humanité, et surtout aux dix heures de mathématiques de la classe de mathématiques spéciales. De plus, alors que le plan d'étude donne quelques grands titres aux notions mathématiques qui doivent être étudiées, telles que « *la trigonométrie plane* », ou encore « *les sections coniques et la statique*²⁴⁷ », le programme de sciences physiques s'en tient aux éléments de ces sciences. Et ce sont bien des éléments, car l'optique et l'astronomie sont enseignées par le professeur de mathématiques transcendantes aux élèves de l'année de philosophie, à raison de deux leçons de deux heures par semaine. Ce seront donc les manuels qui détermineront le programme et ces manuels sont imposés par le plan d'étude des lycées. En physique :

²⁴⁵ Les mathématiques aussi reculent : elles disparaissent des classes de grammaire. L'empereur a nommé Louis Marcellin de Fontanes en 1808 grand maître de la nouvelle université impériale. S'il a très méthodiquement organisé celle-ci, en particulier sur l'aspect centralisé de l'enseignement associé à un monopole de l'Etat, Fontanes est également un littéraire, il a enseigné les lettres dans une école centrale, et de surcroît il est royaliste. Ce n'est pas un homme de la Révolution.

²⁴⁶ Il y a trois ordres en tout, qui déterminent le traitement et le rang de chacun. Le premier ordre est celui du professeur de mathématiques transcendantes, chaire qui n'existe que dans les lycées des chefs-lieux d'académie. Ce professeur est rattaché depuis 1808 à la faculté des sciences.

²⁴⁷ La mécanique, discipline mathématisée, reste donc enseignée par le professeur de mathématiques, tout comme l'optique.

D'après la Physique élémentaire de M.Haüy²⁴⁸,
La Physique mécanique de Fischer²⁴⁹,

et pour la chimie :

D'après la chimie de Lavoisier²⁵⁰,
Le système des connaissances chimiques de Fourcroy²⁵¹,
La Philosophie chimique du même²⁵²,
La statique chimique de M.Berthollet²⁵³.

Cela fait au final un ensemble copieux de connaissances. Mais quelle place ces différents ouvrages laissent-ils à l'expérimentation ?

3.3. L'expérimentation dans les manuels du lycée impérial

À la suite de la commission pour les mathématiques, c'est le Premier consul en personne qui avait demandé à René-Just Haüy d'écrire le manuel de physique du lycée impérial. Comme l'a montré Nicole Hulin²⁵⁴, le *Traité élémentaire de physique*, dans son édition de 1803, s'inspire très directement des leçons dispensées à l'École normale de l'an III qui constituent la trame de l'ouvrage constitué de deux volumes, l'un pour la cinquième classe de mathématiques, l'autre pour la classe de mathématiques transcendantes. Il y a ajouté la théorie du galvanisme et celle de la lumière et explique dans l'introduction de son traité quelle place il donne à l'expérience dans l'enseignement de la physique :

²⁴⁸ HAÜY R.J. *Traité élémentaire de physique*, Paris : Delance et Lesueur, 1803. Il s'agit du manuel écrit par Haüy suite à la demande de la commission mathématique.

²⁴⁹ FISCHER E.G. *Physique mécanique*, Paris : Bernard, 1806.

²⁵⁰ LAVOISIER A.L. *Traité élémentaire de chimie*, Paris : Cuchet, 1789.

²⁵¹ FOURCROY A.F. *Système des connaissances chimiques et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*, Paris : Baudoin, 1801.

²⁵² FOURCROY A.F. *Philosophie chimique ou vérités fondamentales de la chimie moderne disposées dans un ordre nouveau*, Paris, 1792.

²⁵³ BERTHOLLET C.L. *Essai de statique chimique*, Paris : Firmin Didot, 1803.

²⁵⁴ HULIN N. « René-Just Haüy: Des leçons de l'an III au *Traité élémentaire de physique* », *Revue d'histoire des sciences*, 1997, vol. 50, n° 3, p. 243-263.

Nous n'avons cité qu'un petit nombre d'expériences, choisies parmi les plus décisives, et nous avons donné aux conséquences qui s'en déduisent tout le développement convenable

C'est donc une place réfléchie qu'occupe l'expérience dans le cours de Haüy. Cette évolution que nous avons déjà signalé lorsque Darbefeuille parlait de méthode expérimentale, Jean-Baptiste Biot la constate dans la préface adressée à Berthollet de la *Physique mécanique* de Fischer où il reconnaît l'avancée que le manuel de Haüy représente par rapport à l'enseignement de la physique:

ce qui a nui au progrès de la physique en France, c'est qu'on en a fait une science d'exposition plutôt que de recherche. On s'est contenté d'offrir au public une certaine série d'expériences brillantes, au lieu de s'attacher à fixer exactement les lois des phénomènes et à déterminer leurs rapports.

Or, effectivement, dans son manuel, Haüy intègre l'expérience comme élément de sa démonstration. Si l'on prend par exemple le chapitre intitulé « *De la loi que suivent les actions électriques en raison de la distance* », Haüy commence tout d'abord par indiquer que cette loi avait déjà été pressentie par plusieurs physiciens et en particulier Aepinus dont il cite les travaux à ce sujet. Il expose ensuite le principe de la balance de Coulomb, basée sur la proportionnalité entre l'angle de torsion du fil et la force de torsion qu'il subit, puis en fait une description précise. Il poursuit en donnant les résultats expérimentaux obtenus par Coulomb pour conclure:

d'où l'on voit que les forces répulsives suivent le rapport inverse du carré de la distance.

Il complète en prenant soin d'expliquer quelques causes possibles d'imprécisions des mesures dues à la constitution de la machine. Nous voyons donc sur cet exemple que dans l'exposé d'Haüy, l'expérience n'est pas le point de départ d'une fulgurance de pensée d'un scientifique l'amenant à trouver ensuite une loi, mais plutôt un élément de la démonstration de son objectif pédagogique : convaincre l'élève de la réalité de loi d'action à distance entre les charges électriques, y compris sans lui cacher les écarts obligés entre le modèle et les résultats expérimentaux. Nous sommes bien loin de l'électricité spectacle et comme l'a indiqué Christine

Blondel²⁵⁵, cela correspond à l'évolution de Haüy, dont le traité est aussi la parole d'un groupe constitué de Laplace, Biot, Lagrange et Berthollet, qu'il a consulté pour sa rédaction.

Ainsi retrouvons nous la présentation des expériences de Lavoisier et Laplace consacrées à la détermination des chaleurs spécifiques. Simplement évoquées dans le cours de physique de l'Oratoire de 1789, dans le *Traité élémentaire de physique* de Haüy quatorze ans plus tard le discours de l'expérience a évolué. Haüy présente d'abord des définitions précises comme celle de la chaleur latente

On a donné le nom de chaleur latente à celle qui est uniquement employée à faire passer un corps d'un état à un autre, et dont l'effet devient nul par rapport au thermomètre

Puis il décrit le calorimètre de Laplace et Lavoisier et explique simplement la manière de déterminer les chaleurs spécifiques

Donc si un kilogramme d'une autre substance ne fond qu'un demi-kilogramme de glace en passant à la température de zéro, nous en concluons que sa chaleur spécifique est à celle de l'eau comme 0,5 est à l'unité.

L'expérience n'est donc pas en tant que telle l'élément majeur de la démonstration de Haüy, elle est par contre expliquée de manière rigoureuse en appui d'un discours faisant appel à la compréhension du lecteur. Comme l'a écrit Christine Blondel²⁵⁶ a propos des réserves de Haüy sur les expériences

Un traité de physique ne doit faire appel qu'à l'intelligence et au raisonnement. Le physicien-professeur ne veut plus courir le risque d'être confondu avec un physicien-homme de spectacle. Le statut et les règles de la démonstration expérimentale étaient en jeu.

Haüy lui même est un acteur de l'interaction entre l'expérience et la science théorique. Dans le supplément au livre X du *Traité de mécanique céleste* de Laplace, consacré à la capillarité, celui-ci indique la réalisation par Haüy d'expérience assez délicates à mener sur des

²⁵⁵ BLONDEL C. « Haüy et l'électricité : de la démonstration-spectacle à la diffusion d'une science newtonienne » *Revue d'histoire des sciences*, 1997, vol. 50, n° 3, p. 265-282.

²⁵⁶ BLONDEL, C. René-Just Haüy. "D'un manuscrit de cours pour l'École normale de l'an III au "Traité élémentaire de physique" : le physicien et le charlatan. » *Genesis (Manuscrits -Recherche - Invention)*, 2003, n°20, p.185-205.

tubes capillaires très fins. Or avec la théorisation du phénomène de capillarité, nous sommes en plein dans le projet laplacien de la création d'une physique mathématique, et qui plus est avec des mathématiques de bon niveau. L'équation aux dérivées partielles du modèle théorique demande une bonne pratique de l'analyse mathématique, bien supérieure à de simples considérations sur la proportionnalité entre grandeurs. Laplace sut également revenir régulièrement à la physique²⁵⁷ et les expériences menées par Haüy, ainsi que celles de Gay-Lussac, cité également dans le texte, y ont contribué. Cette vision de l'expérience participant à la construction de connaissances, nous la retrouverons lorsque nous évoquerons Louis Lefèvre-Gineau et sa participation aux cours de Haüy à l'École normale de l'an III.

L'autre ouvrage destiné à l'enseignement de la physique au lycée impérial, la *Physique mécanique* de Fischer place l'expérience de manière similaire. Laissons à nouveau Biot présenter la démarche de ce livre dont il a rédigé les notes :

M. Haüy a pensé avec raison, que les lois générales de l'équilibre et du mouvement des corps devaient être indiqués dans son ouvrage, mais que les phénomènes particuliers à la statique et à la mécanique des corps, soit solides, soit fluides, devaient être renvoyés à ces deux sciences et exposés à part d'une manière plus mathématique. C'est ce que ce que M.E.G. Fischer de Berlin avait cherché à faire depuis plusieurs années dans l'ouvrage dont nous publions aujourd'hui la traduction ; et il a exécuté ce plan d'une manière si simple, en procédant si bien des principes aux expériences, et des expériences aux théories, que celles-ci, quoique géométriques, sont cependant accessibles aux personnes les moins exercées.

Plus mathématique que le traité d'Haüy²⁵⁸, le livre de Fischer qui comporte en plus de nombreuses données expérimentales telles que des températures de changement d'état ou encore des chaleurs spécifiques, garde néanmoins la place de l'expérience au milieu de l'élaboration d'un savoir en physique. L'expérience y est une étape de la constitution des connaissances sur un sujet donné.

En ce qui concerne la chimie, on peut s'étonner du fait que la liste du plan d'étude des lycées soit constituée d'ouvrages qui ne soit pas à proprement parler des manuels scolaires.

²⁵⁷ Sur le projet mathématique de Laplace et sa réalisation sur la théorie de la capillarité, on pourra consulter DHOMBRES, J. « La théorie de la capillarité selon Laplace, mathématisation superficielle ou étendue ? » *Revue d'histoire des sciences*, 1989, volume 42, n°1, pp. 43-77.

²⁵⁸ Le traité de physique d'Haüy comporte très peu de mathématiques, et c'est Biot qui l'a aidé pour les calculs.

Certes Lavoisier a fait œuvre de pédagogie dans son *Traité élémentaire de chimie* comme il le dit lui-même dans le discours préliminaire :

Je me suis imposé la loi de ne procéder jamais que du connu à l'inconnu, de ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences et des observations, et d'enchaîner les faits et les vérités chimiques dans l'ordre le plus propre à en faciliter l'intelligence aux commençants.

Mais s'il s'agit très certainement du premier manuel de chimie moderne, on le qualifierait de nos jours d'ouvrage pour l'enseignement supérieur. Il en est de même des ouvrages de Fourcroy. Comme l'a indiqué Emmanuel Grison²⁵⁹, Fourcroy fut un excellent chimiste, mais ni un grand savant ni un grand professeur. Et enfin, en ce qui concerne *l'Essai de statique chimique* de Berthollet, qui, pour sa part, a effectivement enseigné la chimie à l'École normale de l'an III, c'est un ouvrage bien difficile à lire pour un lycéen, que l'on en juge par cet extrait concernant la réaction acide-base :

Lorsque plusieurs acides agissent sur une base alcaline, l'action de l'un des acides ne l'emporte pas sur celle des autres de manière à former une combinaison isolée, mais chacun des acides a dans l'action une part [...] déterminée par sa capacité de saturation et par sa quantité.

Étonnamment, le plan d'étude ne fait pas mention du manuel effectivement écrit par Pierre-Auguste Adet à l'intention des lycées²⁶⁰ comme le lui avait demandé la commission en 1802. L'ouvrage est clair, progressif, présente un glossaire des termes employés, c'est clairement un manuel de chimie à la portée d'un lycéen. Adet a pris soin de citer dans son avant-propos tous les « savants remarquables » grâce auxquels il a pu rédiger cet ouvrage, il n'y a donc a priori aucune raison de l'écarter. Peut-être, même s'il n'est pas en disgrâce car préfet de la Nièvre, ne fait-il plus partie du cénacle parisien des chimistes.

En tout cas, après avoir parcouru ces différents ouvrages, même s'ils ne peuvent tous être qualifiés de manuels à destination des lycéens, ils comportent tous un abondant corpus

²⁵⁹ GRISON E. « Fourcroy », dans *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, vol. 23, avril 2000.

²⁶⁰ ADET P.A. *Leçons élémentaires de chimie à l'usage des lycées*, Paris : Dentu, 1804.

expérimental décrit avec précision et donc reproductible pour peu que l'on en ait les moyens. Qu'en a-t-il été pour les lycées nantais ?

3.4. Le vécu de l'expérience en sciences physiques au lycée de Nantes

Nous disposons d'un témoignage de l'enseignement reçu par les élèves en sciences physiques pour l'année 1809 par le biais des exercices publics²⁶¹. A la suite du rapport sur les mathématiques effectué par Charles Dubois, un élève interne, Chéri Roux expose les leçons données sur les sciences physiques au cours de l'année scolaire. Il commence tout d'abord par indiquer que les sciences physiques comportent trois branches, l'histoire naturelle, la chimie et la physique et que cette année, c'est la minéralogie qui a constitué l'enseignement d'histoire naturelle. Après avoir présenté cet enseignement, qui est essentiellement consacré à la formation de la Terre et à sa structure, c'est ensuite la chimie qui est abordée, en présentant une nomenclature d'un certain nombre de substances, comme l'hydrogène ou le cobalt par exemple. Mais plus qu'une classification basée sur la réaction chimique, c'est plutôt un catalogue de substances, en citant toutefois la composition de produits utiles, comme la poudre ou le plâtre, ou bien des utilisations pratiques comme celle de l'arsenic :

ce violent poison d'autant plus dangereux qu'il se présente à nous sous la forme d'un aliment agréable [...] ne soit employé dans l'art de la teinture, de la peinture et dans la formation des verres.

Cette notion des sciences physiques, et en particulier la chimie, vues comme science utile, était d'ailleurs présente dans le discours du professeur de sciences physiques lui même, qui insistait sur les services que les sciences physiques rendaient aux hommes :

C'est surtout aux manufactures que s'appliquent avec le plus d'avantages les sciences dont nous parlons.

Enfin Chéri Roux aborde la physique en commençant par l'électricité :

²⁶¹ *Règlement sur l'enseignement, la police et l'administration du lycée de Nantes*, Nantes : Mellinet-Malassis, 1812. Ce document est consultable à la médiathèque de Nantes, en section d'histoire locale, sous la cote 94665.

Nous avons étudié tous les faits relatifs à ce fluide ; nous les avons constaté par des expériences, que nous a permis de faire un cabinet de physique bien choisi, dont nous sommes redevables aux soins de M.^r le Proviseur du Lycée.

Il explique que, grâce à ce qu'il nomme le système de Haüy²⁶², on peut expliquer diverses expériences comme le carillon électrique, mais également la bouteille de Leyde et l'effet de pointes. Sa présentation de l'électricité se termine en citant les découvertes de Galvani et Volta de façon extrêmement succincte, reposant sur le contact entre deux métaux différents. Pour le magnétisme, qui clôt cette présentation, seule est citée le fait qu'une aiguille aimantée indique le nord, que deux aimants présentent des phénomènes d'attraction et de répulsion analogues à ceux de l'électricité, et qu'au delà de l'infinité de tours:

qui surprennent les ignorants.

seule la boussole mérite l'intérêt du physicien.

Finalement, la physique enseignée au lycée est essentiellement l'électricité et le magnétisme. Chéri Roux n'est pas dans la classe de mathématiques transcendantes, et ne fait pas d'optique et encore moins de mécanique dans le cadre de l'enseignement de la physique. L'ensemble des sciences physiques, elles, sont finalement dominées par la minéralogie et surtout la chimie. Quant à l'expérience, elle évite l'écueil de l'expérience spectacle, mais garde une place limitée. S'il s'agit certes de promouvoir une physique sérieuse, il y a sans doute plus prosaïquement, encore et toujours, des soucis matériels qui font que l'on renonce à expérimenter. En effet, à l'ouverture du lycée le 1^{er} avril 1808, les classes d'histoire naturelle, de chimie, de physique et d'astronomie ont été ajournées, faute de cabinet, de laboratoire et d'instruments²⁶³. Il n'y avait même pas de mobilier prévu, et c'est le proviseur, Jean-Baptiste Mas, qui a dû acheter ce mobilier sur ses propres deniers²⁶⁴. Peut être en a-t-il fait autant pour une partie du matériel de

²⁶² Pour Haüy, la loi fondamentale de l'électricité est la loi de Coulomb, il ne fait plus référence aux effluves de Nollet, tout en restant prudent sur l'existence de fluides électriques.

²⁶³ ADLA, cote 113T1 pièce 1.

²⁶⁴ BARREAU J. GUIFFAN J. LITERS J.L. *Un grand Lycée de province : le Lycée Clemenceau de Nantes dans l'histoire et la littérature depuis le 1er Empire*, Thonon-les bains : L'Albaron, 1992. Les archives municipales de Nantes ont gardé une trace de la fourniture de quelque chaires et bancs : Archives municipales de Nantes, R1, carton 47, dossier 11.

physique, ce qui expliquerait les remerciements de Chéri Roux. Pourtant, un rapport²⁶⁵ présenté par Fourcroy au ministre de l'Intérieur en novembre 1808 faisait état d'une subvention de 1200 francs pour le matériel de chimie et de 3770 francs pour les instruments de mathématiques et de physique. Mais nous n'avons retrouvé aucune trace d'achat ou de commande dans les archives du lycée, et même si cette subvention était effectivement parvenue jusqu'au lycée, elle n'aurait pas permis un équipement très conséquent : un premier prix pour un télescope était de l'ordre de 200 francs, il fallait compter environ 600 francs pour une machine d'Atwood, en se basant sur les prix pratiqués par quelques fournisseurs d'appareils de physique de l'époque comme Pixii-Dumotiez.

Les difficultés matérielles ne s'appliquent d'ailleurs pas uniquement aux collections de sciences physiques. Un état de la bibliothèque daté d'août 1808 indique la présence de dix-sept livres dans la catégorie mathématiques et physique, et absolument aucun en chimie²⁶⁶ alors que le catalogue de la bibliothèque d'un lycée se devait de comporter plus d'une centaine de titres pour les seules mathématiques et physique²⁶⁷. Le professeur se devait donc d'exposer un cours, unique moyen pour les élèves d'acquérir des connaissances, en le copiant ou en prenant des notes. La pratique expérimentale dans l'enseignement de la physique a finalement peu évolué, il n'est évidemment pas question de travaux pratiques par exemple, mais par contre, la place de l'expérience dans cet enseignement est confirmée malgré des conditions difficiles. Spécificité nantaise sans doute, le peu d'entrain de la ville conjugué avec la concurrence des établissements catholiques²⁶⁸, alors qu'au lycée impérial de Périgueux on dispose dès l'ouverture d'un cabinet de physique et de chimie assez complet en provenance de l'École centrale²⁶⁹.

²⁶⁵ ADLA, cote 113T2

²⁶⁶ ADLA, cote 113T1 pièce 47.

²⁶⁷ *Catalogue des livres qui doivent composer la bibliothèque d'un lycée conformément à l'article XXVII de l'Arrêté du 19 frimaire an XI*, Paris : imprimerie de la République, an XII. On pourra à ce sujet consulter le texte de Jean Dhombres et Dominique Julia, « Les repères d'une culture mathématique vers 1800: le témoignage de deux listes de livres », *Rivista di Storia della Scienza*, ser. II, vol. 2, n. 1, 1993, p.1-83

²⁶⁸ Le petit séminaire de Nantes accueille ainsi des élèves qui ne se destinent pas forcément à la prêtrise et à l'entrée au grand séminaire. Cette tendance se développe dans d'autres régions restées favorables, tout comme l'Ouest, au royalisme à tel point qu'un décret impérial du 15 novembre 1811 s'opposera à cette expansion des petits séminaires. Voir à ce sujet BOUDON J-O. « Des concurrentes aux lycées impériaux ? Les écoles secondaires ecclésiastiques » in BOUDON J-O. (dir.) *Napoléon et les lycées*, Paris : Nouveau Monde éditions, 2004.

²⁶⁹ GIRES F. (dir.) *Physique impériale, cabinet de physique du lycée Impérial de Périgueux*, Niort : ASEISTE, 2004.

4. UN LENT RETOUR DES SCIENCES PHYSIQUES AU SEIN DU COLLEGE ROYAL

4.1. Les paradoxes de la Restauration

Deux Restaurations, entrecoupées par la période des Cent Jours, auraient pu mettre à bas tout ce qui avait été établi par la Révolution et le régime impérial. Finalement, les alternances politiques entre ultras et libéraux et la volonté d'une reprise en main de l'enseignement par l'Église ne vont pas modeler un nouveau lycée. Certes, les lycées impériaux deviennent des collèges royaux, et un nouveau règlement des études est adopté en septembre 1814, règlement qui restera en application jusqu'en 1821. L'enseignement scientifique demeure :

Les leçons de sciences physiques du jeudi seront communes à la troisième, à la seconde et à la rhétorique ; le professeur y fera connaître alternativement, en trois années, les principaux objets de l'histoire naturelle, leurs propriétés les plus remarquables, et l'emploi qu'on en fait dans les arts. Il traitera une année, des animaux et des végétaux ; une année, des minéraux et de la chimie ; une année de la physique expérimentale.

Dans la classe de philosophie, c'est le professeur de mathématiques spéciales qui complète par quatre leçons de mathématiques et de statique, et le professeur de sciences physiques par deux leçons de physique mathématique. Il n'y a pas de programme, mais à nouveau une liste de livres indiqués pour chaque classe. En physique, ce sont toujours les traités de Haüy ou de Fischer, et pour la chimie, un seul livre est indiqué, le traité de Thénard²⁷⁰. Pour les sciences physiques, le collège royal est bien dans la continuité du lycée impérial.

Deux étapes importantes vont faire évoluer l'enseignement des sciences physiques. C'est tout d'abord l'établissement d'un programme national pour les cours de sciences physiques dans les collèges royaux en 1819. La raison d'un tel programme est simple : la Commission de l'instruction publique²⁷¹ l'a indiquée dans un premier projet de circulaire:

La Commission voit avec regret que cette partie des études classiques, si essentielle aux progrès de l'industrie, est depuis longtemps négligée dans la plupart des collèges. Elle n'ignore pas que

²⁷⁰ THENARD L.J. *Traité élémentaire de chimie élémentaire théorique et pratique*, 4 vol; Paris: Crochard, 1813.

²⁷¹ Depuis 1815, la fonction de Grand Maître de l'Université et le Conseil ont été supprimés et remplacés par la Commission de l'instruction publique.

la cause de ce relâchement tient à ce que les connaissances physiques n'ont pas été comprises jusqu'à ce jour dans les examens des aspirants à l'École polytechnique²⁷².

Et pour compléter ce programme, alors que les textes régissant le lycée impérial n'avaient pas imposé l'existence d'un cabinet de physique et de chimie, un catalogue indicatif des instruments de physique qui doivent équiper les cabinets des collèges royaux est publié en janvier 1821, suivi de son équivalent pour la chimie en août de la même année. Et toujours en 1821, le statut des collèges royaux, s'il marque une volonté d'un retour aux pratiques de l'ancien Régime, entre autres par le rôle éminent des langues anciennes et par le fait de reléguer l'enseignement des sciences en deuxième année de la classe de philosophie, conforte paradoxalement l'enseignement des sciences qui sont introduites à l'examen du baccalauréat es lettres et qui sont accompagnées de la présence d'un cabinet de physique et d'un laboratoire de chimie au sein du collège royal.

D'autres textes suivront, sans toutefois régler le problème constaté par le ministère de l'Instruction publique, que beaucoup d'élèves sortaient du collège sans les connaissances jugées comme les plus élémentaires et les plus indispensables. Pourtant le programme était relativement conséquent. Comment expliquer ce paradoxe ?

4.2. La présence de l'expérience ne constitue pas un enseignement expérimental

Le programme de 1819 détaille le contenu des cours de physique et de chimie du collège royal. Sans entrer dans l'énumération des sujets abordés, la lecture de ce programme montre qu'il y est constamment fait lien entre la notion étudiée et l'expérience. Ainsi, lorsque le programme cite : « *De l'élasticité et de la pesanteur de l'air* ».

Le texte est immédiatement suivi de :

Expériences à ce sujet, et explication des phénomènes qui s'y rapportent immédiatement

On peut ainsi multiplier les exemples :

²⁷² [BELHOSTE, BALPE, LAPORTE, 1995].

Considération générales sur l'équilibre. Mesures des forces. De la balance et du dynamomètre [...] De la chaleur. Explication détaillée de la construction des thermomètres [...] Théorie des pompes. Description de la machine pneumatique. [...] Description des machines électriques [...] Loi des attractions et répulsions magnétiques. Des moyens de mesurer l'inclinaison, la déclinaison et l'intensité de la force magnétique [...] Vitesse du son déduite du calcul et de l'observation[...] Des principaux instruments d'optique.

C'est un programme très complet, et il en est de même pour la chimie, qui est déjà partagée entre chimie minérale, chimie végétale et chimie animale, qui traite par exemple de l'analyse des corps gazeux au moyen de l'eudiomètre²⁷³, de la fermentation alcoolique, jusqu'à l'analyse du beurre.

Les catalogues des instruments reprennent point par point le programme. On retrouve ainsi un ballon à peser l'air, des aiguilles d'inclinaison et de déclinaison, un eudiomètre etc. les catalogues indiquant même le nom des fabricants comme Pixii ou Fortin par exemple.

Le programme a donc été réfléchi, et son illustration avec du matériel adapté est donc possible. Et pourtant ça n'a pas fonctionné, à tel point que le Conseil de l'instruction publique doit rappeler en 1826 l'obligation faite aux élèves des deux années de philosophie de suivre les classes de physique. Deux raisons majeures peuvent expliquer cet échec : le caractère finalement très rhétorique de cet enseignement, et l'absence de la physique au concours d'entrée à l'École polytechnique.

4.2.1. Un enseignement rhétorique et trop savant de la physique

Alors que nous avons montré l'émergence d'une nouvelle conception de l'enseignement de la physique au moment des écoles centrales, conception influencée par l'École normale de l'an III, le programme de sciences physiques voulu en 1819 est sans doute trop ambitieux et n'est pas accompagné d'une réflexion sur l'enseignement des sciences. Au fond, ce sont des expériences savantes qui servent à appuyer le discours du professeur. Lorsque la Commission de l'instruction publique adresse son programme aux Recteurs des universités, chargés de le diffuser auprès des proviseurs, elle indique que, pour constituer leurs cours, les professeurs :

²⁷³ L'eudiomètre est une éprouvette graduée qui permet de mesurer les variations de volume des gaz lors d'une réaction chimique.

trouveront les secours les plus abondants et les plus dignes de confiance dans les ouvrages qui ont été publiés depuis peu par MM. Biot et Thenard, ouvrages qui ont l'avantage de présenter la science, pour l'ensemble comme pour les détails, dans l'état où l'ont fait parvenir les derniers travaux des savants²⁷⁴.

C'est bien la Science, avec un grand « S », que l'on présente à l'élève. Dès lors, celui-ci est invité à admettre ce savoir incontestable, sans que nécessairement le professeur ne fasse d'expérience, et l'élève encore moins. Ainsi, nous avons déjà évoqué le cas de la balance de Coulomb, élément constitutif du traité de physique d'Haüy, qui reste dans cette première moitié du XIX^e siècle la référence et au sujet duquel nous avons évoqué les précautions prises par ce dernier quand il s'agit de la place de l'expérience. Cette balance fait partie du catalogue des instruments de physique de 1821, mais il est permis de douter qu'elle ait jamais servi de manière convaincante. Les tentatives de réplique des mesures pour obtenir la loi de Coulomb ont montré que cette expérience est extrêmement délicate²⁷⁵ et peu de professeurs ont dû prendre le risque de se lancer dans une telle démonstration, surtout dans le temps imparti à un cours. Sans doute que montrer le dispositif est suffisant à leurs yeux pour institutionnaliser le résultat. De plus, la formation des professeurs est très inégale. Si certains professeurs des collèges royaux sont d'anciens professeurs des lycées impériaux, eux mêmes anciens professeurs des écoles centrales, d'autres n'ont aucune formation pédagogique²⁷⁶, et parfois même scientifique²⁷⁷. Dès lors, cette forme de démonstration

²⁷⁴ Nous avons déjà évoqué le traité de Thénard. Pour Biot, il s'agit du *Traité de physique expérimentale et mathématique*, paru à Paris en 1816. Thénard et Biot sont tous les deux professeurs au Collège de France.

²⁷⁵ Voir à ce sujet PROVOST S. « Charles Coulomb. La précision de l'ingénieur » in DHOMBRES J. (dir) *Aventures scientifiques. Savants en Poitou-Charentes du XVI^e au XX^e siècle*, Poitiers : Les éditions de l'Actualité Poitou-Charentes, 1995.

²⁷⁶ L'expérience de l'École normale de l'an III s'était arrêtée le 19 mai 1795. Napoléon avait bien créé par décret en 1808 un « pensionnat normal » au sein de l'université, mais jusqu'en 1818, il n'y a pas de concours d'entrée. Les élèves sont choisis par les inspecteurs d'académie en fonction des résultats scolaires au lycée. Ce pensionnat, considéré comme un foyer libéral, est supprimé en 1822.

²⁷⁷ Jules Simon, futur ministre de l'Instruction publique en 1870, a ainsi rapporté que son régent de physique au collège de Vannes en 1829, totalement ignorant en cette matière, avait acheté un exemplaire des *Leçons de physique expérimentale* de l'abbé Nollet et qu'il avait dit à ses élèves :

Je ne le comprends pas, mais nous le lirons ensemble, et peut-être en nous aidant mutuellement, parviendrons nous à savoir ce qu'il veut dire.

scolaire, si elle évite la physique spectacle, ne constitue pas une véritable démonstration par l'expérience.

4.2.2. L'influence du concours d'entrée à l'École polytechnique et du baccalauréat

Promulgué le 28 février 1800, le programme du concours d'admission à l'École polytechnique va rester en application sans grandes modifications jusqu'en 1853. Or ce programme, à l'exception d'éléments de statique, ne comporte pas de physique et de chimie. En 1818 :

on a cependant égard aux connaissances élémentaires de physique et de chimie qu'ils possèdent

et en 1828, il est exigé des candidats un certificat de leur professeur de sciences physiques attestant qu'ils ont bien suivi son cours. Mais concrètement, il n'y a pas d'épreuve de sciences physiques à Polytechnique²⁷⁸.

Les contraintes du baccalauréat, elles, ont évolué. Le baccalauréat ès sciences est rendu obligatoire pour l'inscription dans les facultés de médecine à compter de 1823, mais ce bac comprend désormais deux options : un baccalauréat ès sciences mathématiques, comme son prédécesseur, et un baccalauréat ès sciences physiques, destiné aux étudiants de médecine qui ont assez mal accueilli cette nouvelle exigence.

Cette création est tout à fait significative de la question des rapports entre physique et mathématiques. Au sein même du Conseil de l'Instruction publique, s'opposent Poisson, tenant d'une physique mathématisée et associant la chimie à l'histoire naturelle, à Thénard, qui, au contraire, prône un rapprochement de la physique et de la chimie au titre de leurs aspects expérimentaux. Et finalement, plus qu'une réflexion sur l'intérêt de l'expérimentation dans l'enseignement secondaire, ce sont les enjeux de celui-ci, baccalauréat ou concours, qui

La suite, selon Jules Simon, montra qu'ils n'y parvinrent pas... Voir à ce sujet COMPERE M.M. *Du collège au lycée*, Paris : Gallimard, 1985.

²⁷⁸ Cette interrogation orale sera dédoublée sous la Monarchie de Juillet. Les quelques épreuves sur table qui viennent progressivement s'ajouter à l'interrogation ne joueront longtemps qu'un rôle secondaire. Voir BELHOSTE B. « La préparation aux grandes écoles scientifiques au XIX^e siècle: établissements publics et institutions privées », *Histoire de l'éducation*, 2001, 90.

déterminent son contenu. Mais des initiatives se font jour car pour certains, les sciences physiques ne peuvent pas être vues uniquement comme un contenu lié à des exigences académiques, et c'est Nantes qui est à l'origine d'une de ces initiatives.

4.2.3. Les cours spéciaux de Nantes et le retour en province

En 1824, l'abbé Demeuré, le proviseur du collège royal de Nantes, crée des cours préparatoire pour l'École polytechnique, l'École spéciale militaire de Saint-Cyr et le Collège royal de la Marine. Un arrêté du 21 octobre 1828 consacre « l'école préparatoire de Nantes²⁷⁹ ». Les deux classes créées comprennent quarante-trois élèves, dont trente internes, pour un total de quatre cents élèves au collège. L'année suivante, un budget spécial permet de rémunérer deux professeurs de mathématiques, dont un qui enseigne également l'histoire et la géographie, les statistiques et le droit commercial, trois professeurs de langues, anglais, allemand et espagnol, deux professeurs de français et un professeur de physique et de chimie. D'autres établissements vont suivre cet exemple, et de nombreux cours spéciaux, soit préparatoires aux écoles, soit intitulés de « commerce et d'industrie » apparaissent dans les collèges royaux en France. Ce que l'université n'avait pas réussi à trancher concernant l'enseignement de la physique et de la chimie, à savoir qui est prééminent entre les mathématiques ou l'expérience, ce sont la nécessité d'un savoir de l'ingénieur et les contraintes industrielles qui vont rendre cette question caduque. D'ailleurs, toujours à Nantes, en 1828, on trouve la mention de cours payants de chimie générale assurés par les docteurs Cox et Pihon-Dufeillay, et nous retrouvons Darbefeuille chargé d'un cours de physique, d'électricité et d'astronomie. Un an plus tard, c'est le célèbre docteur Guépin qui donne à son tour un cours public de chimie appliquée aux arts²⁸⁰. Le lycée, par le biais du baccalauréat permet l'entrée à l'université ou la préparation du concours de l'École polytechnique pour lesquels la physique et la chimie ne sont pas nécessaires.

Pourtant, au delà de ces rudiments que constituent la préparation au baccalauréat ou à l'entrée à l'École polytechnique, le monde de l'industrie a très vite perçu le rôle de la chimie comme savoir utile pour les ingénieurs et en ce qui concerne la physique, il est clair qu'un physicien expérimental est aussi un peu ingénieur. Or les Arts ont besoin de ces nouveaux

²⁷⁹ AN, F/17/7905.

²⁸⁰ LIBAUDIERE F. *Histoire de Nantes sous le règne de Louis Philippe 1830-1848*, Nantes : Mellinet, 1900.

savants que l'on ne sait pas encore former dans l'enseignement classique. La République avait finalement besoin de savants, et l'industrie d'ingénieurs « hommes de l'Art ». Et alors qu'une tendance à nouveau encyclopédique de l'enseignement de la physique se fait jour, c'est une initiative locale qui redonne une place à l'enseignement de la physique et de la chimie pour préparer des concours d'entrée à des écoles d'ingénieurs militaires. Car même si on les interroge quasiment exclusivement en mathématiques, on admet qu'ils ne peuvent être ignorants dans le domaine de la physique et de la chimie pour leur aspect utile au métier des armes.

Cette tendance, tout d'abord locale pour les futurs officiers, donc un peu ingénieurs militaires, nous la retrouvons au niveau national pour les civils avec la création de l'École centrale des Arts et Manufactures, fondée en 1829 sur une initiative privée d'Alphonse Lavallée, un homme d'affaires actionnaire du journal *Le Globe*, qui s'est entouré de trois scientifiques : Jean-Baptiste Dumas, Eugène Pécelet et Théodore Olivier. Elle a pour but de former des ingénieurs civils pour l'industrie, « les médecins des usines et des fabriques ». Et, bien au delà d'amener une culture scientifique aux élèves, voire de montrer la science, ce lien avec le monde de l'ingénieur est sans doute ce qui est le plus constitutif des sciences physiques et de la place de l'expérimentation dans son enseignement comme nous allons le voir avec un tout autre établissement, l'École royale du Génie de Mézières et l'École polytechnique.

PARTIE II

SCIENCES PHYSIQUES ET EXPERIMENTATIONS A L'ECOLE ROYALE DU GENIE DE MEZIERES ET A L'ECOLE POLYTECHNIQUE : UN MODELE PERENNE POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES EN FRANCE OU UNE MODE PASSAGERE ?

Que ce soit au collège de l'Oratoire puis au lycée de Nantes, nous avons laissé les élèves à la fin de leur scolarité secondaire, prêts à entrer dans l'enseignement supérieur qui est à l'origine du domaine exclusif de l'université. Nous avons montré que c'est finalement le savoir nécessaire à un ingénieur qui a constitué la place de l'expérimentation dans l'enseignement des sciences physiques. Et c'est justement de formation d'ingénieur dont il est question maintenant.

Originalité française, les grandes écoles d'ingénieurs apparaissent aux alentours de 1750. La sclérose générale de l'enseignement universitaire, incapable de répondre aux besoins de formation liés aux nouveaux besoins techniques du royaume au XVIII^e siècle, obligea à la création d'écoles à finalités professionnelles. L'action de l'Etat est particulièrement visible dans sa volonté de créer des institutions originales capables de former les corps des techniciens de manière non empirique et plus encore de créer des filières uniformes. Michelet, qui considère que le XVIII^e siècle est le grand siècle pour la France, estime que cette rationalisation administrative caractérise le dernier siècle de l'Ancien Régime²⁸¹. Autant il était nécessaire de préciser les structures et parfois l'historique des vénérables collèges, autant par leur nouveauté les écoles techniques et militaires paraissent simples en comparaison. Et nous savons pourquoi ces écoles apparaissent à peu près toutes au même moment. Pour Michel Antoine, ces créations simultanées :

témoignaient des besoins généraux que l'avancement des sciences et des techniques suscitait à l'Etat et à la société autour de ces années 1740. Jusque là, des ingénieurs de grande capacité et de grand talent s'étaient maintes fois distingués [...] après s'être formé de manière quasi initiatique[...]. A cet empirisme, on visait maintenant à substituer un enseignement scolaire où

²⁸¹ MICHELET J. *Histoire de la Révolution française*, Paris : Chamerot, 1847.

les élèves, [...], recevraient à la fois connaissances pratiques, culture théorique et réflexes administratifs. Pédagogie nouvelle, grosse de conséquence²⁸².

Au sein de cette formation organisée par l'Etat, et avec cette pédagogie nouvelle, quelle place occupent les sciences physiques, et en particulier à l'École royale du Génie de Mézières, école emblématique par ses élèves et ses professeurs, et que d'aucuns considèrent comme l'ancêtre de l'École Polytechnique ? Ces cours de sciences physiques pour les ingénieurs ont-ils été un modèle repris par la suite ? Et quelle a été la nécessité de ces cours ?

1. REPÈRES CHRONOLOGIQUES

L'École royale du Génie de Mézières, qui a fonctionné de 1748 à 1794, n'est pas née par hasard. On trouvera en annexe 5 une mise en perspective historique de l'apparition d'une école pour les ingénieurs du Génie militaire qui rappelle également qui sont ces derniers et leur origine en tant que corps constitué de l'armée. Concernant notre sujet, si les sciences physiques apparaissent à l'école, nous montrerons que c'est parce que celle-ci est installée dans la société du XVIII^e siècle et non pas en marge. Nous avons l'avantage pour ce travail de disposer des recherches des nombreux auteurs qui ont écrit sur l'histoire de la fortification et sur le corps du Génie.

1.1. L'École du Génie de 1749 à 1794

On peut distinguer plusieurs phases dans l'histoire de l'école.

1.1.1. La première phase de 1749 à 1765 de la mise en place de l'École du Génie

L'année 1749 voit l'officialisation progressive de l'idée d'une école pour le génie à Mézières. Le programme d'instruction comprend l'arithmétique, la géométrie, la statique et l'hydraulique.

²⁸² ANTOINE M. *Louis XV*, Paris : Fayard, 1989, p.328.

En 1751, c'est la nomination de Chastillon comme commandant de l'école et du chevalier de Lescouet comme second. On trouve trace dans les archives du génie d'un état du personnel civil à l'école dont Nicolas Savart, futur laborantin de l'abbé Nollet, ainsi que d'une préparation à Paris²⁸³ où il est intéressant de signaler que Nollet donne des leçons de physique, alors qu'il n'enseigne pas encore à l'école²⁸⁴. D'ailleurs d'Argenson insiste sur le cours de mathématiques, qui doit être parfaitement connu par les élèves²⁸⁵. Nous essaierons plus loin d'imaginer en quoi Nollet pouvait-il bien préparer les futurs candidats à l'examen d'entrée.

En 1754, le règlement proposé par Chastillon est approuvé par le roi, avec un programme d'instruction identique quand à son contenu théorique au précédent. Il s'appuie essentiellement sur les *Eléments de mathématiques* de Camus.

Mais l'année suivante voit la réunion de l'artillerie et du génie pour trois ans, réunion due au directeur général de l'artillerie et du génie, Joseph-Florent de Vallières, fils du fondateur des écoles régimentaires d'artillerie et artilleur passionné lui même, voyant assez bien une absorption du génie par l'artillerie. Sur le modèle de Mézières est créée en 1756 l'École des élèves à La Fère, en quelque sorte une classe préparatoire militaire où les candidats, entrés après examen, passaient à nouveau après deux années de formation et un an de stage un examen de sortie, les meilleurs allant à Mézières, les autres dans les régiments d'artillerie. Nous y retrouvons l'abbé Nollet qui donne un cours de physique une fois par an à La Fère à partir de 1757.

C'est le maréchal de Belle-Isle²⁸⁶ qui séparera à nouveau le génie de l'artillerie en 1758. Cette même année, l'École de Mézières accueille Jean Charles de Borda qui bifurquera ensuite vers une brillante carrière dans la marine, puis en 1760 c'est Charles-Augustin Coulomb qui y entre à son tour.

En 1761, l'abbé Nollet donne un cours de physique expérimentale à Mézières de quelques semaines, en parallèle avec celui de La Fère, à la belle saison. Cette même année, c'est désormais

²⁸³ Thuilier, maître de mathématiques à Paris, est payé par le Génie de 1751 à 1755.

²⁸⁴ Voir TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

²⁸⁵ *Ibid.* René Taton cite une lettre de Camus à Fourcroy qui précise cette volonté et qui donne un renseignement intéressant sur le cours d'hydraulique: Camus était chargé d'un cours de mathématiques regroupant les quatre matières citées précédemment, et n'ayant pas rédigé la partie d'hydraulique de son cours, il avait été autorisé à utiliser le traité sur le mouvement des eaux de Mariotte de 1684 et le traité de Varignon compilé par l'abbé Pujol en 1725.

²⁸⁶ D'Argenson avait été disgracié par Louis XV en 1757. Son neveu, le marquis de Paulmy lui avait succédé de 1757 à 1758, et le maréchal de Belle-Isle avait pris la suite. C'était un ennemi personnel de Vallières.

Choiseul qui cumule parmi ses nombreuses fonctions celle de Secrétaire d'état à la Guerre.

En 1762, on augmente les promotions: de 30 élèves on passe à 50, car Choiseul a élevé le nombre des ingénieurs du corps de génie de 300 à 400. Il nous faut ici préciser la situation nationale et internationale qui n'aura décidément cessé d'agir sur l'École de Mézières. Les traités de Paris et d'Hubertsbourg de février 1763 consacrent la défaite de la France dans la guerre de Sept ans. Elle perd à peu près toutes ses colonies au bénéfice de l'Angleterre et sa position de chef de file en Europe au bénéfice de la Prusse. Ce bilan montre que des réformes sont nécessaires et c'est pourquoi des centaines d'ordonnances réorganisent l'armée et l'instruction militaire: les régiments sont de véritables écoles d'instruction, le collège de la Flèche, privé des Jésuites²⁸⁷, devient une école préparatoire à l'École militaire, Choiseul rappelle Gribeauval qui dote l'armée de la meilleure artillerie d'Europe et l'École royale du Génie de Mézières est ouverte aux meilleurs élèves de l'École d'Artillerie de La Fère. En fait, à ce moment le développement et la qualité scientifique et technique de l'enseignement à Mézières sont dus à une volonté essentiellement politique de créer des armes savantes et de constituer un corps d'ingénieurs et d'officiers hautement compétents appelés à servir les intérêts de la France²⁸⁸. Cette volonté de former une élite est toutefois tempérée par un des maux de l'Ancien Régime car la naissance qui conditionne la lettre d'examen et les appuis de personnages de la cour modulaient le classement des candidats proposé par l'examineur.

Mais la grande période de l'École de Mézières se prépare néanmoins car d'une part on assiste au début de la rédaction des premiers cours pour les élèves plus nombreux²⁸⁹ et d'autre part 1764 voit l'arrivée de Monge à l'école d'appareilleurs et de conducteur de travaux des fortifications, le centre d'apprentissage pour les futurs employés techniques du service des fortifications.

1.1.2. La grande période de l'École de Mézières : 1765-1775

²⁸⁷ Un édit royal de 1764 a proscrit la Compagnie de Jésus de France.

²⁸⁸ On envoie par exemple l'ingénieur Coulomb fortifier la Martinique, mal protégée comme on avait pu s'en rendre compte lors des attaques anglaises de 1759.

²⁸⁹ Bossut publie son *Traité élémentaire de mécanique statique et de dynamique* en 1763 et Chastillon écrit son *Traité des ombres dans le dessin géométral* la même année.

A la mort de Chastillon en 1765, la nomination de Ramsault de Raulcourt comme commandant de l'école ouvre une période de continuité autorisant pour l'école comme l'indique René Taton²⁹⁰ :

une réorganisation progressive qui permettra de résoudre une partie des difficultés et des contradictions qui s'opposaient au plein essor de son enseignement.

A cette époque, les examens de fin de scolarité sont en juin, et portent sur les mathématiques, l'hydraulique, le dessin. Ensuite succèdent immédiatement les cours de physique expérimentale de Nollet et Bossut, qui ne sont pas évalués²⁹¹.

Le 1 janvier 1766, le plan d'instruction²⁹² pour l'école de Ramsault comprend la mécanique, la dynamique, et les principes du calcul différentiel et du calcul intégral. Une nette volonté d'élever le niveau d'enseignement transparaît. La même année, dans un mémoire demandant un calendrier précis pour les examens, le cours de physique est cité comme se déroulant en juillet avec les levées de fortification immédiatement après les examens de juin de Camus²⁹³ à Mézières. Toujours en 1766, on peut considérer que des pratiques dignes d'un centre de recherche s'établissent à Mézières puisque Bossut met au point un cours d'hydrodynamique en réalisant à Mézières des expériences et des mesures.

En 1768, Camus, malade, ne peut plus être examinateur. C'est l'abbé Bossut qui le remplace, et lui-même est remplacé par Monge comme répétiteur de mathématiques. Il est officiellement nommé à ce poste par Choiseul²⁹⁴ un an plus tard et en 1770 il succède à Nollet,

²⁹⁰ TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

²⁹¹ Nous n'avons retrouvé aucune mention d'interrogations sur ces cours aux Services Historiques de la Défense (SHD). La mécanique et l'hydrodynamique, elles, étaient comprises avec les mathématiques tant au niveau du cours que de l'examen.

²⁹² Sources: SHD. article 18, écoles destinées à former...section 1 école du génie établie à Mézières et Metz, §1 matériel et personnel carton 1 1748- 1783, pièces 26 et suivantes.

²⁹³ Camus, depuis la réforme qui avait regroupé Artillerie et Génie, était l'examineur de ces deux corps, et l'était resté après la séparation.

²⁹⁴ Choiseul sera disgracié en 1770, mais son successeur à la Guerre, le marquis de Monteynard, aura soin de ne pas défaire le travail de Choiseul concernant le Génie.

décédé, comme professeur de physique²⁹⁵.

1772 voit l'écriture du *Tableau des objets d'instruction à suivre pour les lieutenants en second de l'École du Génie*²⁹⁶ qui cite comme théorie les traités de dynamique et d'hydrodynamique de Bossut et le cours de physique expérimentale de Nollet. En 1775, c'est un titre officiel pour Gaspard Monge de « *professeur royal de mathématiques et de physique* » qui vient récompenser le zèle de ce dernier.

1.1.3. Le déclin : 1776-1788

Pour l'école proprement dite, un certain déclin s'amorce avec la mort de Ramsault de Raulcourt en 1776, puis avec les réformes brutales du comte de Saint-Germain. Certes, le *corps royal du génie* est fondé cette même année, et ses ingénieurs ont enfin rang d'officier, c'est-à-dire qu'ils peuvent commander. Mais la structure du corps évolue mal. Les effectifs sont diminués, donc l'école va moins recruter, et de plus elle est placée sous l'autorité du directeur des fortifications du Hainaut et de Champagne, l'ingénieur et maréchal de camp Caux de Blacquetot. En prime, les élèves devront effectuer à leur sortie de l'école un long stage de six ans dans l'artillerie, le génie et l'infanterie avant d'être nommés lieutenant en second.

Cela dit, ces problèmes n'empêchent pas la mise en place en 1777 d'un règlement complet et du premier programme d'instruction détaillé. Louis XVI en personne a conseillé Caux de Blacquetot sur le contenu, en particulier pour la chimie: dans une lettre²⁹⁷, il charge Bossut de mettre en place l'étude d'un cours de physique avec :

les notions principales des bons principes de la chimie.

L'examen d'entrée se déroule entre le 1er novembre et le 15 décembre. Il correspond au cours de l'abbé Bossut. Les heureux admis entrent en janvier à l'école, et les cours de physique,

²⁹⁵ Ramsault a préféré Monge à Bézout qui assurait l'enseignement de physique expérimentale en alternance avec Nollet. Savart est nommé « aide à la physique » Ajoutons enfin que Lazare Carnot entre en janvier 1771 à l'école. Il en sortira en janvier 1773 comme lieutenant.

²⁹⁶ SHD. pièce 39. Le texte se trouve également dans TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

²⁹⁷ SHD. pièce 50.

chimie et histoire naturelle²⁹⁸ se déroulent en été. Les élèves seront interrogés sur ces cours en octobre de l'année suivante.

De 1778 à 1784, un laboratoire de chimie va se constituer, non sans péripéties, renforcé par l'arrivée en 1783 de Jean-François Clouet, préparateur de physique et de chimie et assistant de Monge.

Mais en décembre 1784, Monge quitte l'école. Depuis 1780, il était déjà à Paris six mois de l'année, et c'était son frère Louis jusqu'en 1781, puis Claude Joseph Ferry, qui complétaient à Mézières son service. Nommé le 25 octobre 1783 examinateur des élèves de la marine en remplacement de Bézout, décédé, Monge ne peut concilier son poste de professeur à Mézières avec son nouveau rôle pour des raisons temporelles et après l'impossibilité d'arriver à un arrangement d'emploi du temps et des courriers violents de Caux au ministre, Monge tourne une page de vingt ans de sa vie à Mézières. C'est ainsi que l'école perd Monge, alors qu'elle est de plus confrontée à des problèmes de recrutement. La lourde exigence²⁹⁹ de désormais quatre quartiers de noblesse pour les candidats et la suppression lors de certaines années de l'examen d'entrée pour cause d'un trop petit nombre de postulants³⁰⁰ à une école au prestige amoindri diminuent la qualité de ses élèves.

En ce qui concerne la chronologie scientifique de l'école, Clouet succède à Monge pour la chimie ainsi que la théorie des machines et oriente ses recherches vers la métallurgie. Ferry pour les mathématiques et la physique puis Hachette en 1789 constitueront l'équipe d'enseignants scientifiques des dernières années de l'école.

1.1.4. La fin de l'École royale du Génie de Mézières

Les soubresauts de la période révolutionnaire achèvent de désorganiser l'enseignement de l'école. En juillet 1791, Monsieur de Villelongue, le directeur, les professeurs et les élèves ont prêté serment de fidélité. Mais, en 1792, les tensions s'aggravent car les élèves, nobles, s'opposent aux professeurs engagés politiquement comme Ferry ou Hachette. Certains élèves démissionnent, certains désertent. Monsieur de Villelongue, épuisé, se retire. Son successeur, Lecomte, est à son

²⁹⁸ Les premiers volumes de l'*Histoire naturelle* de Buffon paraissent depuis 1749.

²⁹⁹ Depuis l'édit royal du 22 mai 1781, tout candidat officier est soumis à cette exigence.

³⁰⁰ Ou devant la qualité de la naissance de certains candidats...

tour dépassé, et se suicide. Dès lors, devant cette situation chaotique, le ministère de la guerre décide de transférer l'école. Elle est recrée à Saint Arnould de Metz. C'en est terminé de l'École royale du Génie de Mézières, dont les bâtiments sont de nos jours la préfecture de Charleville-Mézières, ornée sur un pilier d'une courbe méridienne de temps moyen réalisée à titre de travaux pratiques par Monge et ses élèves³⁰¹.

1.2. Les questions que pose la création de l'enseignement des sciences physiques à Mézières

Cette étude historique nous montre la mise en place progressive à Mézières d'un enseignement des sciences physiques. Nous avons vu tout d'abord la création d'un concours d'entrée auquel il est difficile de déroger, dont la suppression est liée aux mauvaises années de l'école, et qui comprend de la mécanique. En ce qui concerne le contenu de l'enseignement délivré à l'École royale du Génie, au fil du temps il est de plus en plus marqué par la physique et la chimie ainsi que par un programme de formation qu'il est hors de question de ne pas respecter.

Comment situer cet enseignement des sciences physiques par rapport aux autres écoles techniques et militaires ? Quels sont le rôle et le statut des enseignants de physique et de chimie à l'École royale du Génie de Mézières, et quelle est l'évolution du contenu des cours en liaison avec l'évolution des sciences au XVIII^e siècle, telles sont les questions qui vont constituer la suite de notre étude.

2. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES A L'ECOLE ROYALE DU GENIE DE MEZIERES : CONFORMITE A L'ESPRIT DU TEMPS OU ORIGINALITE ?

C'est au sein des écoles techniques et militaires que l'on trouve au XVIII^e siècle un enseignement moderne, scientifique et pratique. Parmi ces nombreuses écoles, un enseignement significatif des sciences physiques a eu également lieu à l'École royale des Ponts et Chaussées, à l'École des Mines et dans les écoles d'Artillerie. Nous allons donc tout d'abord évoquer cet

³⁰¹ TATON R. *L'oeuvre scientifique de Gaspard Monge*, Paris : P.U.F, 1951.

enseignement dans ces différentes écoles, puis à l'École royale du Génie de Mézières. Le plan d'étude consistera à chaque fois à relever le temps consacré aux cours de sciences ainsi que leur place dans la scolarité, en particulier s'il existe une évaluation et la forme de celle-ci, puis nous poursuivrons avec les enseignants, leur qualité, leur recrutement, leur rôle dans la science. Ensuite nous regarderons le contenu et la forme des cours, les moyens d'enseignements disponibles, s'il existe des laboratoires, et avec quel statut, s'il y a la présence d'une bibliothèque, pour enfin établir la raison et le bilan d'un tel enseignement.

2.1. L'enseignement des sciences physiques à l'École royale des Ponts et Chaussées

Créée à Paris en 1747 sous le nom de Bureau des dessinateurs, cette école évolue pour devenir une véritable école d'ingénieurs à partir de 1775. Elle recrute des élèves stagiaires qui sont présentés et recommandés par des personnes attestant de leur éducation et de leur mœurs, il n'y a donc pas de concours d'entrée. Il existe toutefois l'école de l'architecte Blondel, un cours privé d'architecture et de dessin pour préparer de futurs élèves de l'École des Ponts et Chaussées³⁰².

L'enseignement scientifique comprend des cours obligatoires de mathématiques à l'école, en partie donnés par les trois premiers de la classe, et des cours facultatifs de physique et de chimie chez des professeurs particuliers en dehors de l'école. La mécanique et l'hydraulique sont enseignées dans le cadre du cours de mathématiques. Les sciences physiques n'apparaissent pas dans les épreuves des concours auxquels devaient participer les élèves pour leur évaluation.

Nous avons donc un enseignement des sciences physiques extrêmement réduit à l'École des Ponts et Chaussées, sans enseignants dans un cadre institutionnel, et dépourvu de tout moyen d'enseignement. Ce n'est pas pour autant qu'il faille méjuger le niveau de l'école. Le programme d'enseignement est en fait très dense et la formation théorique s'accompagne d'une formation

³⁰² On trouvera de plus amples détails sur la mise en place de l'École des Ponts et Chaussées ainsi que sur le nombre des élèves (une vingtaine dans les débuts, 60 à partir de 1775) dans SERBOS G. « L'École royale des Ponts et Chaussées » in [TATON, 1964] ainsi que dans la très riche étude de PICON A. *L'invention de l'ingénieur moderne. L'École des Ponts et Chaussées 1747 – 1851*, Paris : Presses de l'École nationale des Ponts et chaussées, 1992.

pratique sur le terrain orienté vers les applications³⁰³.

2.2. L'enseignement des sciences physiques à l'École des Mines

Tout comme l'École des Ponts et Chaussées, l'École des Mines subit une très longue évolution, partant d'un cours de minéralogie quantitative pour aboutir à une école d'ingénieurs. La nécessité d'un enseignement des sciences physiques, en particulier la chimie qui nous semble évidente pour connaître la nature des matériaux, n'est toutefois pas à l'origine de l'École des Mines. C'est en fait la conjonction de l'intérêt des amateurs d'histoire naturelle et des nécessités économiques qui crée d'une part un enseignement de la minéralogie en France³⁰⁴, axé au fur et à mesure sur la cristallographie, et d'autre part un corps d'inspecteurs des mines en 1781. Après l'essai d'une formation à l'École des Ponts et Chaussées complétée par les cours de chimie expérimentale de l'apothicaire Laurent Charles de Laplanche et de coûteux voyages d'étude, le Conseil d'Etat du Roi prend un arrêt le 19 mars 1783 portant établissement d'une École des Mines, englobant la chaire de minéralogie docimastique³⁰⁵ de Sage créée en 1778 à l'Hôtel des Monnaies. Sage, dans un mémoire d'observations sur l'inspection des mines de 1781 avait estimé que l'inspecteur des mines :

doit être en même temps phisicien, métallurgiste, architecte, mécanicien [...]. Il faut qu'il connoisse les loix de l'hydrique et qu'il ait une profonde théorie de la mécanique...

L'arrêt sur l'École des Mines prévoit un enseignement des sciences physiques partagé entre deux professeurs, l'un de chimie, minéralogie et docimasie, l'autre de physique, géométrie souterraine, hydraulique et techniques des mines. Chaque professeur donne 9 heures de cours par semaine et la scolarité dure trois ans. Il semble donc y avoir un enseignement des sciences physiques consistant à partir de cette date.

³⁰³ Les élèves pratiquent sur le terrain la levée de plan ou les techniques de tracé routier par exemple. On leur enseigne même l'équitation, bien utile pour des hommes appelés à faire de nombreuses visites de chantier.

³⁰⁴ Pour l'enseignement de la minéralogie, voir BIREMBAUT A. « L'enseignement de la minéralogie et des techniques minières » et sur le rôle des cabinets d'histoire naturelle dans la diffusion des sciences, voir LAISSUS Y. « La curiosité scientifique au XVIII^e siècle: Cabinets et observatoires » in [TATON, 1964].

³⁰⁵ La docimasie est l'analyse quantitative des minerais métalliques.

Mais en fait, lorsque l'on regarde la qualité des enseignants, le bilan n'est pas si simple. Le premier poste de professeur est tenu par Sage qui s'occupe exclusivement du cours de minéralogie docimastique. Or Balthazar-Georges Sage, s'il est très apprécié de ses élèves et de Louis XVI est aussi un des chimistes français restés indifférents à la révolution chimique de Lavoisier. Membre de l'Académie royale des Sciences depuis 1770 en qualité d'adjoint chimiste, nommé rapporteur de l'Académie pour le *Mémoire sur la nécessité de réformer la nomenclature chimique* lu par Lavoisier en 1787, il restera un dernier partisan français de la théorie du phlogistique jusqu'à sa mort³⁰⁶.

Domage pour les futurs ingénieurs, Sage ne sera pas le Monge de l'École des Mines. Le deuxième poste d'enseignant est d'abord occupé par Duhamel mais il n'enseigne qu'un cours de techniques minières au demeurant de très grande qualité. C'est Calonne qui donne des instructions en 1785 pour qu'il y ait des cours de physique expérimentale, donnés par l'excellent physicien Charles³⁰⁷ dans son cabinet, puis par Hassenfratz³⁰⁸ l'année suivante.

Cet enseignement assez tardif des sciences physiques ne semble pas avoir bénéficié d'un laboratoire spécifique pour des expériences. Sage dispose d'un cabinet de minéralogie avec un appareillage de chimiste et surtout du matériel pédagogique pour la cristallographie tel que modèles et goniomètres. Pour la physique, Arthur Birembaut précise bien que les cours se passent chez Charles. Il n'y a pas non plus de bibliothèque.

L'École des Mines qui a connu de nombreuses difficultés à partir de 1786 a néanmoins formé une quarantaine d'ingénieurs des mines, dont certains ont eu de très belles carrières, avec un enseignement gratuit délivré par des professeurs spécialisés. Mais pour les sciences physiques, la place dans la chronologie de l'École des Mines la fait figurer après l'École des Ponts et Chaussées et l'École royale du Génie de Mézières. La personne de Sage l'a de plus empêchée de jouer un rôle majeur dans la diffusion de la révolution chimique de Lavoisier, et l'inexistence de moyens d'enseignement des sciences physiques a affaibli la diffusion de celle-ci.

³⁰⁶ Voir TODERICIU D. « Balthazar-Georges Sage (1740-1824), chimiste et minéralogiste français, fondateur de la première École des Mines (1783) » dans *Revue d'histoire des sciences*, t.37, n°1, 1984. p. 29-46.

³⁰⁷ Jacques-Alexandre-César Charles établit qu'à volume constant l'accroissement de pression d'un gaz est proportionnel à l'élévation de sa température et à son volume, loi connue sous le nom de loi de Gay-Lussac en France, mais de Charles'law en Angleterre.

³⁰⁸ Jean Henri Hassenfratz, ancien élève des Mines avant la création de l'École, s'il n'est pas aussi renommé que Charles, est néanmoins un membre de l'équipe Lavoisier à partir de 1786.

Ce n'est donc pas dans les grandes écoles civiles françaises que l'on trouve un enseignement des sciences physiques notable. Nous allons maintenant examiner ce que l'armée proposait quant à elle.

2.3. L'enseignement des sciences physiques dans les écoles militaires et d'artillerie

Comme l'indique Roger Hahn³⁰⁹, les rapports entre la science et le métier des armes sont assez évidents, en particulier dans l'instruction. L'Académie royale des exercices de guerre, fondée par Richelieu en 1636, comprenait déjà dans son programme des mathématiques et quelques notions élémentaires de physique. A partir du XVII^e siècle, il coexiste deux modes de formation pour les futurs officiers. D'une part les académies militaires, la plupart privées, et d'autre part une pratique qui consiste à accueillir au sein de chaque compagnie des jeunes nobles dont la formation sur le terrain est complétée par des leçons données par un maître de mathématiques. Le XVIII^e siècle voit selon les termes de Roger Hahn :

l'épanouissement du rôle des sciences dans l'enseignement militaire, le déclin du nombre des institutions privées, la croissance des écoles militaires d'État, et enfin un nivellement des programmes, des textes, et des connaissances.

Afin de mieux évaluer le niveau des écoles militaires, nous pouvons répartir celles-ci en trois groupes: les écoles militaires élémentaires concernant l'infanterie et la cavalerie, les écoles de préparation à l'entrée dans les corps savants à savoir la marine, l'artillerie et le génie et les écoles proprement dites de ces armes savantes.

2.3.1. Les écoles militaires élémentaires

Les jeunes nobles qui se destinent à une carrière militaire y reçoivent un enseignement rudimentaire jusqu'à l'âge de 15 ou 16 ans, âge auquel ils rentrent dans un régiment d'infanterie

³⁰⁹ HAHN R. « L'enseignement scientifique aux écoles militaires et d'artillerie » in [TATON, 1964].

ou de cavalerie. Ce sont les académies d'équitation, certaines liées à la famille royale³¹⁰, mais la plupart sont privées. L'enseignement scientifique est uniquement constitué de leçons de mathématiques qui portent sur l'arithmétique et la géométrie³¹¹.

2.3.2. Les écoles de préparation à l'entrée dans les corps savants

Afin de passer avec succès le concours d'entrée à l'École royale du Génie de Mézières, à partir de 1748 de nombreux établissements³¹² avec des structures différentes préparent les élèves à l'examen. Il y a des pensions, la plus connue étant la pension Berthaud où Lazare Carnot fit ses études, mais également des collèges religieux qui rajoutent le qualificatif de « royal » au titre de collège ou encore des écoles royales militaires. Mais aucun de ces établissements n'est dirigé par le gouvernement.

Seule l'École royale Militaire, créée en 1751, est un établissement officiel. Elle est complétée pour les plus jeunes élèves par l'École de la Flèche en 1764 après l'expulsion des Jésuites. Elle est fermée en 1776 par le ministre de la Guerre, le comte de Saint-Germain, qui lui reproche son manque de résultats, 40 élèves seulement sur 300 sortis ayant pu intégrer les écoles d'artillerie et du génie, c'est à dire les armes savantes. Il désigne donc 11 collèges³¹³ de province tenus par des congrégations pour recevoir en plus de leurs élèves une cinquantaine de pensionnaires destinés à une carrière militaire, collèges qui ainsi deviennent des écoles royales militaires.

Dans les établissements privés, on ne trouve pas trace d'un enseignement de physique et de chimie, ce qui est logique dans la mesure où le concours d'entrée de Mézières n'a jamais comporté de sciences physiques³¹⁴. Ce sont les mathématiques qui sélectionnent les élèves. Il en

³¹⁰ Les plus connues sont l'école des pages de la grande écurie, l'école des pages de la petite écurie.

³¹¹ On y rencontre comme enseignants Guillaume Leblond, François Chevallier et Joseph Sauveur.

³¹² Une liste non exhaustive de ces établissements est donnée par HAHN R. in [TATON, 1964].

³¹³ 6 collèges bénédictins : Sorèze, Tiron, Rebais, Beaumont-en-Auge, Pontlevoy, Auxerre ; 3 collèges oratoriens : Vendôme, Effiat, Tournon ; 1 collège des Minimes : Brienne (avec un pensionnaire promis à un brillant avenir...) ; 1 collège des chanoines de Saint-Sauveur : Pont-à-Mousson ; le projet d'établissement des écoles militaires en province de 1776 les a préférés à d'autres collèges où l'enseignement était restreint à l'étude des langues mortes.

³¹⁴ Il y a toutefois un problème à ce sujet concernant la préparation au concours de Mézières de Thuillier, car René Taton a retrouvé dans les états de paiement du corps du génie un traitement pour Thuillier, mais également pour

est de même des autres établissements, à l'exception de deux d'entre eux qu'il nous faut citer.

Tout d'abord, le collège oratorien d'Effiat qui fait venir de Paris à partir de 1784 des professeurs de physique et de chimie :

Le programme de physique, dès lors définitivement arrêté, comprit les matières ci-après : la nature, le mouvement, l'hydrostatique, l'eau, l'air, le feu, la lumière, l'électricité³¹⁵.

Le contenu détaillé de ces cours ne nous est pas connu, mais nous avons déjà évoqué l'enseignement des sciences physiques dans les collèges de l'Oratoire.

L'autre exception concerne le collège bénédictin de Sorèze où l'enseignement des sciences physiques est beaucoup plus à la pointe que dans les autres collèges bénédictins. En 1765, on trouve des « *machines donnant la philosophie expérimentale* » venues de Paris pour un cabinet de physique permettant l'étude des poulies et des leviers, de l'optique, de l'électricité, des propriétés physique de l'eau et ces expériences se retrouvent citées dans les *Exercices* de Sorèze dont les titres nous montrent la modernité de cet enseignement : *Du feu et de la lumière, propagation de la lumière selon Newton. Electricité. Optique. Airs et fluides, pression, pompes, vibration et son, cordes vibrantes*³¹⁶. En 1788, on enseigne à Sorèze la « *physique particulière* », c'est à dire la chimie, avec les découvertes les plus récentes puisque l'on y trouve les expériences de Lavoisier et l'étude des gaz.

Toutefois, précisons à nouveau que ces deux établissements sont bien des exceptions et que :

l'abbé Nollet. Nous avons pu consulter ces documents au S.H.A.T de Vincennes, Archives de la Guerre X^e 3 et 4, et dans un autre document financier, il est bien écrit qu'en 1752 Nollet a donné des leçons de physique. Or il ne commencera au Collège Mazarin qu'en 1753 et ses cours à Mézières semblent avoir commencé 8 ans plus tard. Jean Torlais ne parle pas de ces mystérieux cours dans son ouvrage sur Nollet. Une recherche est à faire sur ce sujet, en particulier sur son contenu. Les termes « leçons de physique » signifient bien qu'il ne s'agit pas de mathématiques ni de mécanique. Nollet faisait il une sorte de mise à niveau pour les élèves n'ayant pas eu d'enseignement de physique au cours de leur scolarité?

³¹⁵ BAGES capitaine G. « Histoire de l'école royale militaire d'Effiat », *Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne*, 1902, p.129-130. Disponible sur :

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k229303d.image.f131.langFR>. [Consulté le 20 avril 2010].

³¹⁶ LEMOINE R. « L'enseignement scientifique dans les collèges bénédictins » in [TATON, 1964].

Pour les futurs militaires, c'était surtout les heures passées avec les grands manuels officiels de mathématiques qui comptaient³¹⁷.

2.3.3. Les écoles des armes savantes: marine et artillerie

Dans son étude consacrée à l'enseignement scientifique des gardes de la marine³¹⁸, Roger Hahn qualifie celui-ci de médiocre à cause de multiples facteurs. On n'y trouve que de la mécanique, encore faut-il attendre le *Traité élémentaire de statique à l'usage des collèges de la marine* de Monge en 1788 pour avoir un ouvrage de référence. Il n'y a donc pas encore d'enseignement de la physique et de la chimie dans cet établissement.

Il en est tout autrement pour l'artillerie. Nous avons déjà évoqué les cinq écoles régimentaires, en place depuis 1720, ainsi que l'influence de leur structure sur le projet du chevalier de Chastillon. Jusqu'en 1756, l'enseignement comporte de la mécanique et de l'hydraulique dans l'école de théorie, et enseignée par un professeur de mathématiques.

Mais tout change à partir de 1756, qui voit la réunion provisoire de l'artillerie et du génie avec la création de l'École royale des élèves, située à La Fère³¹⁹, où existe déjà une école régimentaire d'artillerie. Après un examen assuré par Camus portant sur l'arithmétique, la géométrie et la mécanique, les élèves pour l'artillerie et le génie sont formés pendant deux ans, avant de rejoindre Mézières pour les meilleurs et les régiments d'artillerie pour les autres. C'est dans ce cadre que l'abbé Nollet est officiellement nommé professeur de physique en 1757, pour un cours annuel. Ce cours continue à La Fère, école de l'artillerie, après la séparation des corps du génie et de l'artillerie en 1758, puis à Bapaume où est transférée l'école à partir de 1765. Etienne Bézout assiste Nollet de 1762 à 1765, le remplace à sa mort en 1770 jusqu'en 1772, année où est supprimée l'école, victime de la lutte entre les partisans de Gribeauval et ceux de Vallières, alors que demeurent les écoles régimentaires. Les sciences physiques ne disparaissent pas pour autant dans l'artillerie. On trouve trace, grâce aux Archives de la Guerre à Vincennes, de cours annuels de physique et de chimie dans ces écoles régimentaires.

Hormis Nollet et Bézout, il n'y a pas de professeur attiré enseignant uniquement les

³¹⁷ HAHN R. « L'enseignement scientifique aux écoles militaires et d'artillerie » in [TATON, 1964].

³¹⁸ HAHN R. « L'enseignement scientifique des gardes de la marine au XVIII^e siècle » in [TATON, 1964].

³¹⁹ Actuellement dans le département de l'Aisne, au sud de Saint Quentin.

sciences physiques. Dans les écoles régimentaires, on fait appel à un intervenant extérieur³²⁰, ou bien ce sont les professeurs de mathématiques de l'école qui donnent ces cours comme Prébuisson à Douai, Arbogast à Strasbourg et Lacroix à Besançon³²¹. Ces deux derniers, s'ils ne sont pas connus pour leurs apports aux sciences physiques, sont néanmoins des mathématiciens de haut niveau, attestant de la qualité de l'enseignement scientifique.

Nous n'avons pas retrouvé de trace du contenu des cours de sciences physiques dans les écoles d'artillerie et il n'a pas été édité de manuel de sciences physiques pour les artilleurs³²². En ce qui concerne la physique à la Fère, le cours de Nollet puis de Bézout a sans doute été une présentation d'expériences, ce qui était après tout la spécialité de l'abbé Nollet. Pour corroborer cette hypothèse, les Archives de la Guerre possèdent la liste³²³ des 240 appareils du cabinet de physique de l'abbé Nollet à Bapaume, qui fut transféré à Douai en 1772. Prébuisson utilisait d'ailleurs ce matériel pour ces cours de physique et de chimie. Il s'agit du matériel correspondant aux *Leçons de physique expérimentale*.

Les écoles d'artillerie possèdent donc des moyens d'enseignement des sciences, complétés par des bibliothèques qui possèdent des ouvrages scientifiques. On pourra se rendre compte de la qualité de ces bibliothèques en consultant les annexes de *L'enseignement scientifique aux écoles militaires et d'artillerie*. Roger Hahn donne quelques inventaires des bibliothèques des écoles régimentaires, et on peut y trouver pêle-mêle le *Journal de Physique*, les *Mémoires de l'Académie Royale des sciences*, les ouvrages de Nollet, et de quoi débattre dès 1785 en chimie car on trouve aussi bien le *Dictionnaire de chymie* de Macquer, les *Expériences et observations sur les différentes espèces d'air* de Priestley avec les *Opuscules physiques et chimiques* de Lavoisier et les *Principes de chimie* de Fourcroy.

³²⁰ Comme à Metz où c'est un médecin de Nancy, Dutenclar, qui vient donner un cours de chimie

³²¹ Roger Hahn donne les références aux Archives de la Guerre des pièces Xd 250, 251, 255 où nous avons pu trouver les preuves de ces cours de sciences physiques. Il rapporte également le fait que Lacroix eut la permission de suivre des cours de physique et de chimie à Paris avant de partir enseigner à Besançon en 1788.

³²² Il y avait par contre pour les mathématiques le cours de Camus, dont les deux premiers volumes devaient être connus par le candidat à l'examen d'entrée, et les deux autres étudiés pendant la scolarité à l'école. Les critiques sur cet ouvrage, qui amenèrent à l'édition en 1770-1772 du *Cours de mathématiques à l'usage du corps royal d'artillerie* en 4 volumes de Bézout, portaient entre autres sur l'absence de la dynamique, de l'hydrostatique et de l'hydraulique dans le cours de Camus. Les auteurs de ces critiques demandaient également la publication d'un cours de physique et de chimie.

³²³ SHD, Archives de la Guerre, pièce Xd 250. Nous reviendrons plus loin sur cette liste.

Cet intérêt pour la chimie ainsi que la physique se retrouve dans les titres des sujets techniques présentés aux conférences des capitaines tels que « fabrication de poudre », « canon de fonte », « résistance de l'air », et correspond à une véritable union des sciences et de la pratique. Les écrits des scientifiques de l'époque donnent des exemples liés aux techniques des artilleurs et à l'inverse ceux ci se tournent vers les savants pour mettre leurs connaissances en pratique.

Le bilan de l'enseignement scientifique dans les écoles d'artillerie consiste donc en l'établissement d'une tradition scientifico-militaire pour reprendre le terme de Roger Hahn. Les élèves reçoivent en priorité un enseignement uniformisé de mathématiques appuyé sur des savants de l'Académie des Sciences. Les sciences physiques, si elles sont présentées à leurs débuts à La Fère comme dans les salons, peut être par nécessité pédagogique d'ailleurs, apparaissent ensuite comme indispensables dans la formation des élèves de l'artillerie et doivent être étudiées sérieusement. C'est ce que dit le duc de Choiseul :

des expériences de physique ne sont qu'un vain spectacle si elles ne sont précédées de l'étude de cette science.

Notre panorama de l'enseignement des sciences physiques dans les écoles techniques et militaires s'achève ici et il va nous permettre de comparer point par point cet enseignement à celui délivré aux futurs ingénieurs du génie.

2.4. L'enseignement des sciences physiques à l'École royale du Génie de Mézières

Afin d'établir un bilan précis de l'enseignement des sciences physiques à l'École royale du Génie de Mézières, nous allons à nouveau suivre le plan d'étude que nous avons adopté précédemment, à savoir l'existence de cours de sciences, les enseignants, le contenu des cours et les moyens d'enseignements.

2.4.1. L'existence d'une chaire de physique expérimentale

Avant même la création de cette chaire, la mécanique et l'hydrodynamique sont

enseignées par le jeune abbé Charles Bossut, nommé professeur de mathématiques à l'école du génie le 1^{er} janvier 1753. Il réussit, selon les termes de René Taton³²⁴ :

à élever le niveau de l'enseignement de Mézières [...] en insistant sur des conceptions plus modernes de la dynamique et de l'hydrodynamique.

Il y a donc à Mézières, quasiment dès les origines, un enseignement d'une science liée d'une part à des aspects mathématiques et d'autre part aux exigences techniques du métier d'ingénieur.

Lorsque l'abbé Nollet est chargé d'un cours de physique expérimentale à Mézières, c'est la troisième chaire de ce type qu'il occupe en France³²⁵. La première est celle du Collège de Navarre depuis 1753, la seconde celle de La Fère en 1757 qui concerne déjà les futurs ingénieurs du génie, réunis à ceux de l'artillerie. Pourquoi l'école de Mézières, qui retrouve avec le génie son autonomie en 1758, doit elle attendre 1761 pour voir apparaître son propre cours de physique expérimentale? Nous ne disposons d'aucune réponse formelle à cette question, mais deux hypothèses sont plausibles. La première est que Nollet est peut être tout simplement débordé. Dans l'ouvrage que lui a consacré Jean Torlais³²⁶, on se rend compte que les années 1757-1761 sont particulièrement denses: il remplace son ami Réaumur, décédé le 17 octobre 1757, à l'Académie des Sciences le 14 décembre 1757, Académie où il avait déjà une activité considérable et dont il est directeur en 1761 et 1762, il est nommé par le Roi « *maître de physique et d'histoire naturelle des Enfants de France* » le 1^{er} mai 1758, et il est sollicité par Robert Symmer de la Royal Society, empêtré avec la couleur de ses bas de soie. A cette époque, il n'est sans doute pas simple d'aller de Paris à Versailles en passant par La Fère et Mézières³²⁷. La deuxième hypothèse concerne le matériel. Nous avons retrouvé au S.H.A.T une pièce égarée, un mémoire du 29 avril 1761. Ce mémoire explique qu'il manque des instruments pour le cours de La Fère et qu'il n'y en a aucun à Mézières. Aussi est-ce l'abbé Nollet qui propose de céder à ces deux écoles tous les instruments qui lui appartiennent. Nollet, professeur de physique

³²⁴ TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières in [TATON, 1964].

³²⁵ Nous supposons ici que seul Nollet pouvait être chargé d'un tel cours. Dans le chapitre consacré aux enseignants de sciences physiques, nous reviendrons sur cette hypothèse.

³²⁶ TORLAIS J. *Un physicien au siècle des Lumières : l'Abbé Nollet*, Elbeuf :1987.

³²⁷ De nos jours, je l'ai testé, ce n'est toujours pas simple!

expérimentale ne pouvait pas enseigner sans matériel aux élèves du génie, et ce mémoire arrive juste à temps pour le démarrage des premiers cours de l'été 1761.

Quoiqu'il en soit, cette création d'une chaire de physique expérimentale à l'École royale du Génie fait de celle-ci un des lieux marquants où l'on enseigne cette science. Les autres créations de telles chaires sont postérieures³²⁸, aussi bien dans les collèges que dans les écoles d'ingénieurs. Seul Sorèze peut constituer un point de comparaison. De plus, cet enseignement sera continuellement assuré: de 1761 à 1770, par Nollet aidé de Bézout, le cours se déroulant en juillet après les examens de juin pour les élèves de première année, puis par Monge de 1770 à 1784, relayé par Clouet et Ferry jusqu'à la fin de l'école. Ce cours, inscrit dans le « *Tableau des objets d'instruction à suivre pour les lieutenants en second de l'École du Génie* » de 1772 de Ramsault, par sa création rapide, sa qualité et sa continuité, constitue une des originalités de l'enseignement des sciences physiques à Mézières.

2.4.2. Les maîtres de sciences physiques

Nous pouvons comparer les enseignants de Mézières aux enseignants des autres établissements, leur évolution en tant qu'enseignants de sciences physiques étant l'objet du chapitre suivant.

La dénomination de ces maîtres est importante. Les professeurs de Mézières ont le titre de professeurs de mathématiques ou de sciences physiques. Ce ne sont pas des philosophes qui font de la physique comme dans beaucoup de collèges. Leurs postes sont clairement définis à la manière des autres écoles d'ingénieurs et rémunérés en tant que tels. Or pour cette époque, l'existence de vrais postes de professeurs est rare³²⁹.

La qualité des maîtres est encore plus importante. Clouet, Ferry et Hachette sont de bons scientifiques mais les « pères fondateurs », à savoir Bossut, Nollet et Monge sont des membres de l'Académie des Sciences et des savants de tout premier ordre dont les noms et les travaux restent liés à une branche des sciences: à Bossut on peut associer la mécanique des fluides, à Nollet l'électricité et à Monge la géométrie descriptive. C'est un palmarès scientifique brillant, nourri des

³²⁸ Jean Torlais cite celles des collèges de Caen en 1762, de Pont-à-Mousson et Draguignan en 1765.

³²⁹ Voir à ce sujet les pages 173 à 179 de DHOMBRES N. et J. *Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France 1793-1824*, Paris : Payot, 1989, consacrées aux postes disponibles pour les scientifiques avant 1795.

recherches les plus récentes du XVIII^e siècle en mathématiques, physique, et chimie et inégalé dans les autres établissements. Ce palmarès se double de la publication d'ouvrages majeurs. Pour Bossut ce sont deux traités, le *Traité de mécanique statique et de dynamique* en 1763 et le *Traité élémentaire d'hydrodynamique* en 1771 ainsi qu'un cours complet de mathématiques qui détrône le cours de Camus publié entre 1772 et 1775. Pour Nollet, ce sont les *Leçons de Physique expérimentale* en 1743 ainsi que *l'Art des expériences* en 1770. En se limitant au simple aspect de la physique expérimentale, pour résumer en quelques mots le niveau des maîtres à Mézières, au XVIII^e siècle, il y a un maître de physique expérimentale qui aura de nombreux disciples, c'est l'abbé Nollet, et il enseigne à l'École royale du Génie.

Seconde originalité de Mézières, les enseignants de sciences physiques sont non seulement de remarquables diffuseurs des sciences, ce en quoi il ne se différencieraient pas des professeurs de l'Oratoire, mais des chercheurs à la pointe des sciences de leur temps.

2.4.3. Le contenu des cours et son évaluation

Malgré nos recherches, nous n'avons retrouvé pour l'instant aucun cahier de cours d'élève de Mézières pour les sciences physiques. Nous en sommes réduits aux hypothèses, hypothèses que nous présenterons dans la partie consacrée à la pédagogie des sciences physiques. Pour l'instant, disons que les cours de Nollet devaient être au moins à leurs débuts une présentation d'expériences comme à La Fère, mais pour ceux de Monge, il sera plus difficile d'établir leur forme exacte.

Mais nous avons trouvé une particularité de ces cours: Mézières est une école technique qui évalue les connaissances de ses élèves en sciences physiques. En effet, les documents retrouvés au S.H.D.³³⁰ montrent qu'à l'examen de juin, les élèves de première année sont évalués en mécanique et en hydraulique et qu'à l'examen de sortie on interroge les élèves sur les sciences

³³⁰ Article 18, écoles destinées à former...,section 1, école du génie établie à Mézières et Metz, §1 matériel et personnel, carton 1 1748-1783: la pièce 24, une lettre de du Vignau au Ministre datée de mars 1765 « quelques articles à régler de manière définitive concernant le service, les exercices... », la pièce 49, un relevé de notes d'examen d'entrée pour les 9 élèves de 1776 qui cite parmi les matières la physique, la chimie et l'histoire naturelle mais ces matières ne seront examinés qu'à la fin de la seconde année; la pièce 64 de 1779, où le ministre veut que les élèves admis en 1778 soit interrogés en physique, chimie et histoire naturelle.

physiques. Sur la forme de cet examen pour lequel nous n'avons actuellement aucun texte, l'absence de mémoires d'élèves laisse supposer qu'il s'agit d'une interrogation par l'examineur. Cette hypothèse semble vraisemblable dans la mesure où Bossut pratique encore de cette manière en 1798 à l'École Polytechnique³³¹. En tout cas, l'existence de cette évaluation prouve que cet enseignement des sciences n'a pas qu'un but de simple culture de l'ingénieur du génie. Il fait intégralement partie de sa formation et à ce titre il est évalué.

2.4.4. Les moyens d'enseignement des sciences physiques

Afin de cibler la qualité de l'enseignement des sciences à Mézières par rapport aux autres établissements où l'on pratique l'enseignement scientifique, nous allons examiner en détail la bibliothèque et les laboratoires de sciences physiques de l'École royale du Génie.

2.4.4.1. La bibliothèque

L'article consacré à Gaspard Monge dans le *Dictionnaire of scientific biography* parle de ses lectures dans les riches collections de la bibliothèque de l'école. Il est vrai que cette bibliothèque est assez exceptionnelle. Selon les termes de René Taton³³² :

la bibliothèque de l'École de Mézières possédait tous les ouvrages importants publiés en France au XVIII^e siècle dans le domaine des sciences exactes, ainsi que les grandes collections académiques.

C'est ce que nous allons examiner maintenant.

³³¹ On trouvera un récit d'une de ces « colles » in [DHOMBRES, 1989]. Bugge, un Danois en visite à l'X en 1798 nous raconte que :

Ceux qui devaient passer l'examen étaient appelés à tour de rôle. Ils devaient démontrer, sans l'aide d'aucun ouvrage, les théorèmes proposés et résoudre les problèmes au tableau noir [...] Bossut faisait passer les examens de mécanique, de statique, d'hydrostatique, d'hydraulique, etc. J'ai trouvé que la plupart des élèves résolvaient avec grande facilité des problèmes difficiles de mathématiques transcendantes.

³³² TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

La bibliothèque fut installée dès la mise en place de l'école dans ses locaux officiels le 8 avril 1753. Une question reste pour l'instant sans réponse: pourquoi a-t-on installé si rapidement une bibliothèque avec des ouvrages scientifiques? Ne pourrait-t-on voir dans cette mise en place la main de l'abbé Bossut, nommé quelques mois auparavant? Il avait peut être estimé qu'une bibliothèque de référence était indispensable à un établissement aussi prestigieux que l'École royale du Génie aussi bien pour les élèves que pour les enseignants.

Quoiqu'il en soit, le contenu de la bibliothèque de l'École royale du Génie nous est en partie connu grâce aux archives de l'École Polytechnique. La bibliothèque de Mézières comportait environ 1100 volumes, et 450 d'entre eux furent envoyés au ministère de l'Intérieur répertoriés dans un *Inventaire des livres provenant de l'École du Génie ci-devant établie à Mézières fait conjointement par les citoyens Cormeu, nommé par le Citoyen Morlet, Lesage, inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées et le Citoyen Regent Lelièvre, le 11 brumaire de l'an III*. Le ministère les transmet à l'École centrale des travaux publics³³³, et non pas à l'École des Ponts et Chaussées, peut-être pour des raisons financières car ces 450 ouvrages scientifiques représentaient en cette époque troublée une somme d'argent considérable, et ils étaient plus à leur place dans cette école qui devait servir de lieu de formation commune à tous les futurs ingénieurs.

Il ne nous a pas été possible de travailler longuement sur cet inventaire, d'une part en raison de son état, d'autre part du fait qu'il se trouve relié avec d'autres inventaires anciens. Toutefois, nous avons pu relever quelques titres significatifs qui vont nous permettre d'avoir quelques repères sur cette bibliothèque. Les ouvrages les plus importants du XVIII^e siècle pour les sciences physiques s'y trouvent. Tout comme dans les écoles d'artillerie, on y trouve les parties mathématisées de la physique, avec les traités de Bossut consacrés à la mécanique et à l'hydrodynamique mais également le *Cours complet d'optique* de Smith traduit par le Père Pézenas et édité en 1767. La physique expérimentale est également représentée puisque les ouvrages de l'abbé Nollet, les *Leçons de Physique expérimentale* et *L'art des expériences* font également partie de la bibliothèque. Enfin pour la chimie on trouve les ouvrages de référence de Priestley, Macquer et les *Opuscules physiques et chimiques* de Lavoisier, on observe ainsi l'évolution de cette science par les livres qui en traitent. L'Académie des Sciences elle même est présente par l'ensemble des volumes des *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*.

Cette bibliothèque est représentative d'une culture qui souhaite résumer l'ensemble des

³³³ C'est la première dénomination de l'École polytechnique, qui prendra son nom définitif le 1^{er} septembre 1795.

connaissances du XVIII^e siècle dans l'esprit de l'*Encyclopédie*. C'est un ensemble d'ouvrages qui s'adresse à un public cultivé, les futurs officiers du génie, ainsi qu'à leurs formateurs mais il n'y a pas un choix raisonné de livres permettant aux jeunes officiers de se former. La bibliothèque n'est pas conçue comme un outil pédagogique, à la différence de celles des Écoles centrales³³⁴.

Une étude plus approfondie des ouvrages de Mézières en reprenant ceux ci l'un après l'autre à partir d'une reproduction de la liste de l'X permettrait de voir si on décèle une part de plus en plus grande du calcul infinitésimal dans les ouvrages mathématiques et s'il y a eu une influence corrélative sur les ouvrages de sciences physiques. Il est probable que l'abbé Bossut a dû jouer un rôle en ce sens, mais l'étude reste à faire. En tout cas, même héritière d'une tradition du XVIII^e siècle, la bibliothèque de l'École royale du Génie de Mézières constituait un réservoir prodigieux d'informations pour ceux qui souhaitait étudier les sciences physiques.

2.4.4.2. Les laboratoires

Lorsqu'il a fallu s'intéresser aux collections des laboratoires de l'École royale du Génie de Mézières, la première idée fut de consulter les archives du S.H.D. pour retrouver des inventaires de matériel. Après avoir étudié tous les documents disponibles, il semble que ces inventaires n'existent pas. Le seul document qui peut passer pour un inventaire est celui dont parle René Taton dans son livre sur Monge. Il s'agit de la pièce 62 dans le carton consacré à Mézières: c'est un état estimatif de la dépense pour monter un laboratoire de chimie. Datée de 1779, mais d'auteur inconnu, la liste de matériel comprend des fourneaux, des creusets et de la verrerie, une commande somme toute classique. En fait, ce qui est assez logique, ce document ressemble plus à une liste pour des fournisseurs qu'à un inventaire précis et détaillé comme ceux que l'on connaît au moment de la Commission temporaire des Arts. Pour le cabinet de physique, aucun document ne donne son contenu, nous savons simplement que le matériel initial est celui qu'a apporté l'abbé Nollet.

S'il ne reste aucun document datant de la période de fonctionnement de l'école, peut être pouvions nous espérer retrouver quelques traces lors de son transfert en 1794. René Taton, dans son étude consacrée à Mézières, a reconstitué les derniers moments de l'école et ce qu'il devait

³³⁴ Voir à ce sujet l'article de Jean Dhombres et Dominique Julia, « Les repères d'une culture mathématique vers 1800: le témoignage de deux listes de livres », dans *Rivista di Storia della scienza*, II^{ème} ser., I, 1993, p. 1-83.

advenir du matériel du cabinet de physique et du laboratoire de chimie, ce dernier étant toujours en état car Clouet, sur ordre du Comité de Salut public, y menait des expériences de métallurgie³³⁵.

Mais ce transfert s'est transformé en une réelle disparition. Les archives du Génie mentionnent qu'au moment du transfert de l'école, le matériel du cabinet de physique et du laboratoire de chimie ainsi que la bibliothèque devaient aller au ministère de l'intérieur pour l'École des ponts et chaussées. Or, après consultation des archives de la dite école, nous n'avons retrouvé aucune trace de ces matériels. Où sont ils passés?

Il semble qu'il y ait eu quelques détournements pour le moins inexplicables. Comme nous le verrons, c'est l'École Polytechnique, alors École centrale des travaux publics, qui récupère les livres. Il est donc logique d'envisager que le matériel de sciences physiques ait subi le même sort. Mais il n'en est rien. D'après Ambroise Fourcy³³⁶, Barruel se fournit au dépôt de l'hôtel d'Aiguillon qui comportait de nombreux instruments rassemblés par le physicien Charles. Cette affirmation est tout à fait exacte, confirmée par le fait qu'il n'y a aucune trace d'un quelconque transfert de matériel de sciences provenant de Mézières aux archives de l'X, qui contiennent par contre les états et l'origine du matériel de physique et de chimie³³⁷ ainsi que l'inventaire des livres reconnus comme provenant de Mézières.

Nous avons en fait retrouvé des traces de ces matériels à l'École de Metz. Un inventaire³³⁸ fait apparaître dans les rubriques « Machines et instruments de physique » et « Laboratoire de Chymie » quelques instruments provenant de Mézières. Toutefois il n'y en a qu'un très petit nombre dont certains sont cassés. Quelques pièces d'optique, une machine pour produire des étincelles électriques et une pompe à vide, voilà ce qu'il reste des équipements de Mézières. Comment ces matériels sont ils parvenus à Metz au lieu d'aller à Paris et qu'est il advenu du reste, voilà une enquête à mener sur place! Il faudrait se pencher sur l'École de Metz elle même, et peut

³³⁵ Voir [DHOMBRES, 1989] page 63 et note 120.

³³⁶ FOURCY A. *Histoire de l'École Polytechnique*, Paris : Belin, réédition 1987.

³³⁷ Le premier carton d'archives comporte cinq dossiers sur l'équipement et le fonctionnement de l'école, ainsi que les dossiers des premiers élèves. Le deuxième dossier est intitulé « *Constitution du cabinet de modèles pour la physique et la chimie* ». On y trouve un « *état des instrumens de physique en dépôt dans la maison d'Aiguillon* ». Le matériel de chimie est en partie celui de Lavoisier, provenant de divers dépôts.

³³⁸ Article 18, section 2, école d'Artillerie et du Génie, organisation et instruction, carton n°1. Il s'agit des pièces 1 et 1a « *observations sur l'arrêté du 12 vendémiaire an 11* » (4 octobre 1802), pièces relatives à la réunion des écoles d'artillerie et du génie qui doivent comprendre un laboratoire de physique et de chimie.

être retourner à Charleville-Mézières car les personnes rencontrées sur place ont évoqué une possible récupération par le Collège de Charleville.

Nous allons toutefois émettre des hypothèses sur le contenu du cabinet de physique et du laboratoire de chimie.

En ce qui concerne le cabinet de physique, nous avons déjà cité l'origine de son matériel, installé avec le matériel personnel de l'abbé Nollet sans doute en 1761 pour ses premiers cours. Ce matériel est entretenu et complété par Nicolas Savart, un maître ouvrier employé par l'école dès 1748, que l'abbé Nollet forme à la fonction de technicien de laboratoire comme nous l'appellerions maintenant. Son titre précis en 1780 est celui de « mécanicien, aide à la physique ». Cette dénomination indique que sa fonction et son rôle sont reconnus par l'administration de l'école.

Si nous n'avons aucun document indiquant son contenu, il est néanmoins possible de s'en faire une idée précise. D'après un texte de 1761 que nous évoquerons plus en détail lorsque nous étudierons le rôle de l'abbé Nollet à Mézières, celui-ci a proposé de céder à La Fère et à Mézières des instruments à lui, et de plus :

de rendre la collection entièrement complète, de les entretenir à ses frais pendant sa vie et de fournir à ses dépens les drogues et matières qui seroient consommées et usées dans les expériences ordinaires...

Cela dit, l'abbé demandera quatre ans plus tard un petit supplément de traitement pour subvenir à cet entretien mais, ce qui est important, c'est de constater la similitude qui existe entre le cabinet de La Fère et celui de Mézières.

Or, nous connaissons le cabinet de physique de La Fère. L'école fut transférée à Bapaume en 1765, et comme l'indique René Taton³³⁹

Prébuissou avait à sa disposition le cabinet de physique de Nollet, ce qui lui permettait aussi d'enseigner et de démontrer la physique aux élèves

L'école étant supprimée en 1772, son cabinet de physique est transféré à Douai cette même année et le S.H.D. possède la liste des 240 articles qui le constituent³⁴⁰.

³³⁹ TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

³⁴⁰ Archives de la Guerre, Xd 250.

En consultant cette liste, on se rend compte de quelques principes. Il ne s'agit pas tout d'abord d'une collection identique à celles des cabinets de riches aristocrates comme celui du duc de Chaulnes considéré comme l'un des plus réputés de Paris³⁴¹. Maurice Daumas qualifie la collection de Nollet de « collection scolaire », en ce sens qu'elle est orientée vers la démonstration des lois de la physique avec des appareils qui concernent tout autant la mécanique, l'hydraulique, l'optique, la pneumatique et l'électricité. C'est le cas de la collection du Musée Stewart de Montréal³⁴², constituée de pièces venant en partie probablement du collège jésuite de Dijon : elle se partage en hydrostatique, forces centrales, mécanique statique, plans inclinés, magnétisme, optique, pompes et machines pneumatiques, et enfin astronomie. On trouve à la fin des *Leçons de Physique Expérimentale* de l'abbé Nollet ainsi que dans la *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* de Sigaud de Lafond des descriptifs de telles expériences³⁴³ que l'on pourrait pratiquer encore de nos jours dans les lycées et collèges. De plus, ce cabinet comprend deux appareils communs à toutes les collections du XVIII^e siècle, la machine électrique ainsi que la pompe pneumatique³⁴⁴ citées dans l'inventaire de Metz. Ces appareils sont accompagnés d'une foule d'accessoires tels que bouteille de Leyde, conducteurs, électroscope, cloche à vide, tubes barométriques. On trouve ensuite des baromètres, des thermomètres, mais également un microscope, un télescope et une lunette astronomique, complétant un matériel d'optique de base tel que lentilles, lanternes et prismes.

On peut aussi constater qu'une telle collection rend compte des évolutions de la science au XVIII^e siècle, en particulier dans le domaine de l'électrostatique. C'est sans doute l'adaptation de ce matériel qui permettra à Monge d'assurer sans problèmes la partie électrique et pneumatique de son appareil lors de la synthèse de l'eau.

Ajoutons enfin, comme l'a indiqué Jean Torlais³⁴⁵, que Nollet fabriquait lui-même certains appareils en plusieurs exemplaires afin d'en faire le commerce, ou bien les faisait fabriquer sous sa direction comme nous l'avons déjà évoqué. On peut donc imaginer que certains des appareils cédés à Mézières avaient le même style que tous ceux qu'il fabriquait, un style d'époque Louis

³⁴¹ On pourra consulter sur ce sujet [DAUMAS, 1953].

³⁴² [PYENSON, GAUVIN, 2002]

³⁴³ Une planche de ces expériences de mécanique est jointe en annexe 2.

³⁴⁴ Sans voir l'appareil, l'inventaire ne le précisant pas, il est impossible de dire s'il s'agit d'une pompe à vide à crémaillère ou à étrier comme celle de l'abbé Nollet.

³⁴⁵ [TORLAIS, 1987].

XV, avec des cuivres et bronzes ornés de volutes et des bois :

décorés au vernis Martin rouge et noir rehaussé de dorures³⁴⁶...

D'autres appareils furent certainement construits par Savart, l'abbé Nollet ayant même laissé les instructions pour construire les appareils des *Leçons de Physique Expérimentale* dans *l'Art des expériences*.

Toujours avec l'abbé Nollet, nous allons tenter de visualiser le contenu du deuxième laboratoire de l'École royale du Génie de Mézières, celui de chimie. En 1777, les nouveaux programmes d'enseignement prévoient de la chimie. Après une première demande de travaux ignorée en 1778, un laboratoire de chimie est installé de 1782 à 1784. La liste d'équipement nous donne quelques indications : on y trouve des fourneaux, divers alambics, une hotte pour évacuer la chaleur et la vapeur, des réactifs, et un assortiment de récipients pour les solutions, les filtrats et les précipités. C'est un laboratoire de chimie de l'âge classique, dont l'illustration extraite de *L'Art des expériences* donne un aperçu, tout comme celui que décrit Pierre Joseph Macquer en 1766 dans son *Dictionnaire de Chimie*. Frédéric Lawrence Holmes³⁴⁷ explique que :

la chimie de l'âge classique ne se présenta donc pas d'emblée comme une science, mais plutôt comme un art pratique exigeant une habileté et un savoir faire suffisants pour faire l'objet d'un enseignement.

C'est cet état d'esprit que l'on trouve chez l'abbé Nollet, dans les expériences de Monge, voire dans les recherches orientées vers la technique des aciers de Clouet.

En effet, il convient d'évoquer ici les travaux réalisés dans ce laboratoire par Monge et Clouet. En 1783, l'équipement de ce laboratoire de chimie est suffisant pour réaliser une synthèse de l'eau, sujet à la pointe des recherches des chimistes de l'époque. René Taton dans *L'œuvre*

³⁴⁶ [DAUMAS, 1953]. Un collègue enseignant de physique à la retraite, passionné par la question des appareils de l'abbé Nollet qui seraient conservés au C.N.A.M, m'a indiqué que cette belle couleur attribuée aux appareils de Nollet était parfois abusive. Maurice Daumas lui aurait confié que l'on avait baptisé un peu trop vite « appareils de Nollet » tout ce que l'on avait retrouvé de noir et rouge dans les divers enrichissement de la collection quand on ne connaissait pas l'origine exacte des instruments... Nollet ne devait pas avoir le monopole du vernis Martin, ce vernis mis au point par les frères Martin afin de concurrencer la laque venue de Chine et du Japon.

³⁴⁷ HOLMES F.L. « Cum grano salis », Les Cahiers de Science et Vie , 1993, 14.

*scientifique de Gaspard Monge*³⁴⁸ ajoute même que Monge et Clouet réussissent en 1784 la première liquéfaction d'un gaz, l'anhydride sulfureux³⁴⁹, découverte non publiée et souvent ignorée et on cite souvent la liquéfaction du chlore par Northmore de 1805.

Il y a un appareil qui n'apparaît pas dans la liste du matériel, c'est la balance de précision. Pour de simples raisons chronologiques, Monge et Clouet ne pouvaient pas posséder les balances qu'utilisa Lavoisier dans son laboratoire. Les balances de précision de Mégnié en 1785 et surtout de Fortin en 1788 furent mises au point pour Lavoisier³⁵⁰, et à cette époque Monge avait déjà quitté Mézières. Quand à Clouet, il s'était orienté vers la métallurgie. C'est cette absence d'appareil qui explique peut être les défauts des mesures de masse lors des expériences sur la synthèse de l'eau comme on pourra le constater en consultant l'annexe 3³⁵¹.

2.5. Originalité, mais conformité de la pratique pédagogique de l'École royale du Génie de Mézières

Après cette description, quel regard faut il avoir concernant l'enseignement des sciences physiques à l'École royale du Génie de Mézières par rapport aux autres établissements d'enseignement de l'époque ?

On peut dire sans aucun doute qu'il s'agit de l'enseignement de sciences physiques le plus abouti de tout ce qui existe en France au XVIII^e siècle. Avec une chaire de sciences physiques clairement établie, des enseignants dénommés professeurs de physique, une bibliothèque scientifique complète, un laboratoire de physique expérimentale établi par le père de celle-ci en France, un laboratoire de chimie qui permet des expériences du niveau de celles de Lavoisier, l'École royale du Génie de Mézières cumule ce qu'il y a de mieux comme moyens d'enseignement

³⁴⁸ TATON R. *L'oeuvre scientifique de Gaspard Monge*, Paris : P.U.F, 1951.

³⁴⁹ Il doit s'agir en fait du dioxyde de soufre SO₂, que l'on obtenait à l'époque par action de l'acide sulfurique sur le mercure (les propriétés oxydantes du couple SO₄²⁻/SO₂ de l'acide sulfurique lui permettent d'agir sur les métaux dit nobles tels le cuivre et le plomb). Le dioxyde de soufre, gazeux à l'état naturel, se liquéfie à -10°C, mais il est également très soluble dans l'eau et les différents équilibres en jeu empêchent d'isoler le vrai acide sulfureux H₂SO₃.

³⁵⁰ Voir à ce sujet [DAUMAS, 1953].

³⁵¹ La question des appareils de laboratoire dans l'histoire de la chimie est loin d'être étudiée en détail. L'étude du laboratoire de chimie de l'École royale du Génie de Mézières mériterait dans ce cadre à lui tout seul un travail beaucoup plus approfondi.

des sciences. Ce serait au fond un lieu qui possède à la fois la chaire de physique des Jésuites, la bibliothèque des Oratoriens, le matériel du Collège de Navarre et le public de Sorèze, avec en plus des membres de l'Académie des Sciences comme professeur! Le tout dans une école militaire où se manifeste comme jamais la volonté de l'Etat de former de manière uniforme l'élite de ses officiers.

Le seul point faible de cet enseignement est son aspect pédagogique. Des cours, des répétitions, des exercices, on ne trouve pas l'équivalent des innovations tentées à Sorèze, et encore moins la trace d'un enseignement expérimental avec des travaux pratiques. C'est un enseignement conforme au XVIII^e siècle quant à sa forme mais original pour son contenu car après tout, on y fait des sciences en français, et l'objectif affiché n'est pas celui d'ouvrir l'esprit de jeunes adolescents comme à Sorèze, mais de former des techniciens qui doivent acquérir des connaissances et apprendre leur métier. La rigueur toute militaire d'une école d'officiers semble avoir été bénéfique en tout cas pour Coulomb et Carnot. Peut être même était elle nécessaire à ce moment de l'histoire de la physique³⁵²?

C'est justement de cette histoire dont il va être question maintenant. Nous allons évoquer l'évolution de la science au XVIII^e siècle et observer en parallèle comment Nollet, Bézout, Monge et Clouet s'établissent professeurs de physique et de chimie dans le cadre de l'École royale du Génie de Mézières.

3. L'EVOLUTION DES ENSEIGNANTS DE MEZIERES EN TANT QUE PROFESSEURS DE SCIENCES PHYSIQUES

A travers les personnages de Bossut, Nollet, Monge et Clouet, nous allons tenter de cerner comment se met en place la notion de professeur de physique et de chimie à l'École royale du Génie de Mézières, et quelle est l'évolution de ce rôle en fonction de l'évolution de la science au XVIII^e siècle, ainsi qu'au niveau du contenu des cours et de la reconnaissance sociale.

³⁵² En tout cas, en ce qui concerne la méthode d'enseignement des mathématiques de Mézières, elle sera jugée suffisamment novatrice pour être reprise au moment des débuts de l'École Polytechnique comme l'indiquera Fourcroy.

3.1. Charles Bossut, académicien, professeur et examinateur des élèves

Ebloui par les personnalités marquantes de Nollet et de Monge, il serait facile d'oublier l'abbé Bossut. Et pourtant, il semble être un des personnages clés pour expliquer la mise en place d'un enseignement des sciences de haut niveau à Mézières.

Paradoxe que d'évoquer le rôle de Bossut (1730-1814) à Mézières lorsqu'on parle des sciences physiques. A l'égal de ce qui se passe dans les autres écoles techniques, l'ancien élève des jésuites de Lyon est nommé officiellement en tant que professeur de mathématiques de l'École royale du Génie de Mézières le 1^{er} janvier 1753. René Taton suppose qu'il a été recommandé par Camus lui-même, et que d'Alembert et Clairaut seraient également intervenus³⁵³. Il représente l'unique enseignant scientifique de l'école et il doit inculquer aux élèves « *le Camus* », la statique et l'hydraulique.

Or, qu'en est-il de ces sciences à ce moment? Ce sont justement d'Alembert et Clairaut qui font une partie de l'actualité. En effet, dix ans plus tôt, Clairaut s'était intéressé à l'équilibre d'une masse fluide dans le cadre du problème de la figure de la Terre³⁵⁴. Quand à d'Alembert, non content d'avoir écrit son célèbre *Traité de dynamique* en 1743, il travaille sur la mécanique des fluides. Il a déjà écrit en 1744 un *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides*, et en 1752 avec son *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* il aboutit pour les mouvements plans et de révolution aux équations générales de l'hydrodynamique. Une lecture de son essai montre la nouveauté de celui-ci pour son formalisme mathématique. De façon générale, la mécanique au siècle des lumières est la discipline où l'on voit le mieux l'évolution de l'outil mathématique grâce au calcul infinitésimal et aux équations différentielles, conjointement avec la prise en considération de la méthode expérimentale. Recommandés par de tels maîtres, il ne faut donc guère s'étonner de voir l'abbé Bossut tenter d'ouvrir ses cours sur la science récente malgré le conservatisme de Camus, et dès lors que Ramsault lui donne carte blanche en 1766, il peut réaliser à Mézières des expériences et des mesures en vue d'un traité d'hydrodynamique qu'il présente à l'Académie des Sciences³⁵⁵. L'abbé Bossut, mathématicien de son état, est un

³⁵³ TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

³⁵⁴ Nous sommes en pleine diffusion du newtonianisme, l'expédition en Laponie a eu lieu en 1736. Voir à ce sujet MAURY J.P. *Newton et la mécanique céleste*, Paris : Gallimard, 1990.

³⁵⁵ Un rapport extrêmement favorable sur ce traité, qui permettra l'obtention d'une subvention ministérielle en 1769 pour son édition, est rédigé par...Nollet et d'Alembert!

mathématicien du XVIII^e siècle, c'est à dire qu'il s'intéresse à de nombreux problèmes physiques de mécanique et d'hydrodynamique. En tant que professeur à Mézières, il joue donc un rôle majeur dans la diffusion des sciences, rôle significatif dans la mesure où l'on regarde les travaux scientifiques de ses élèves les plus célèbres présents à Mézières avant Nollet et Monge: Borda, entré en 1758 et Coulomb admis en 1760. Non seulement ils ont en commun l'usage des outils mathématiques du physicien alliés aux expériences, mais en plus on peut les voir tous les trois s'intéresser au problème de la résistance de la matière en liaison avec les données expérimentales. Pour Bossut et Borda la résistance des fluides, pour Coulomb les lois sur le frottement.

S'il faut encore ajouter un élément pour être convaincu du rôle clé de Bossut à Mézières pour l'enseignement des sciences, ajoutons que c'est lui qui choisit Monge comme répétiteur de mathématiques en 1766 après la résolution par ce dernier du problème de défilement d'une fortification, le tirant de son rôle de simple aide technique aux ateliers de l'école³⁵⁶.

3.2. L'abbé Nollet et la physique expérimentale

A la différence de l'abbé Bossut qui conservera tout au long de sa carrière à l'École royale du Génie de Mézières le titre de professeur de mathématiques, l'abbé Nollet (1700-1770), lui, est professeur de physique en titre. Son cours est appelé cours de physique et les élèves sont évalués sur « *le cours de physique de l'abbé Nollet* ».

3.2.1. Les sciences expérimentales dans la pensée française au XVIII^e siècle

Le siècle des Lumières voit à la fois la science se libérer de la théologie, la scolastique sombrer dans le ridicule et la science des systèmes discréditée. En opposition à ces derniers, depuis la fin du XVII^e siècle, on adopte les principes et méthodes de la science expérimentale. L'histoire naturelle est un terrain privilégié, et c'est par exemple Réaumur qui va observer minutieusement et faire des expériences rigoureuses dans ses *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* édités de 1734 à 1742. « *Homme le plus curieux du siècle* » comme on le nomme parfois, géomètre, physicien, biologiste, Réaumur a confié son laboratoire en 1733 à l'abbé Nollet

³⁵⁶ Voir les pages 11 à 14 in [TATON, 1951].

et il n'est donc pas étonnant de trouver ce dernier à la pointe de l'expérimentation.

Ces sciences expérimentales auraient pu rester inconnues du grand public, ne concernant qu'un cercle de savants. Or il se trouve, selon Daniel Mornet³⁵⁷ :

qu'elles ont au XVIII^e siècle suscité autant de curiosités que les philosophes et qu'elles ont eu sans doute plus de fidèles.

Les philosophes sont des familiers des travaux les plus importants des sciences physiques et de l'histoire naturelle, des savants deviennent célèbres parce que lus dans tous les publics ou presque. C'est le temps également pour la cour et ses dames des cabinets de physique et d'histoire naturelle³⁵⁸ ou encore des cours publics. De plus, savants, philosophes, journalistes et pédagogues justifient l'étude des sciences expérimentales en tant que discipline de l'esprit et force morale. C'est ainsi qu'elle devient un sujet de réflexion commun à l'encyclopédiste, au poète et à l'abbé. Laissons la parole à Condorcet et au secrétaire de Buffon dans les éloges de ce dernier afin de conclure sur la diffusion et l'influence de la science expérimentale dans la société du XVIII^e siècle:

le meilleur moyen de détruire les erreurs en métaphysique et en morale était de multiplier les vérités d'observation dans les sciences naturelles [...] au lieu de combattre l'homme ignorant et opiniâtre il fallait lui inspirer le désir de s'instruire.

3.2.2. L'abbé Nollet à Mézières: d'abord un cours pour les « honnêtes hommes »

La nomination de l'abbé Nollet comme professeur de physique aux Écoles d'Artillerie et du Génie est le point d'orgue d'une carrière pédagogique déjà exceptionnelle.

Dans l'ouvrage que lui a consacré Jean Torlais³⁵⁹, on découvre la filiation intellectuelle de l'abbé. Membre de la Société des Arts de l'étonnant comte de Clermont grâce à sa dextérité

³⁵⁷ MORNET D. *La pensée française au XVIII^e siècle*, Paris : Armand Colin, 1936.

³⁵⁸ BEDEL C., HAHN R., LAISSUS Y. et TORLAIS J. « Cabinets scientifiques et observatoires », in [TATON, 1964].

³⁵⁹ [TORLAIS, 1987].

manuelle dans la fabrication d'instruments comme nous l'avons déjà évoqué, cette société³⁶⁰ permet à l'abbé Nollet d'entrer dans le monde. Il se retrouve ainsi élève et associé de deux grands savants, Du Fay et Réaumur, où ses talents de constructeur d'instruments donnent leur pleine mesure. Nollet est particulièrement redevable à Du Fay de l'avoir mis en contact par ses voyages avec deux diffuseurs de Newton, Désaguliers en Angleterre et S'Gravesande en Hollande. Nollet sera le prolongement français de ces savants étrangers dont la France attendait l'équivalent.

Dès lors, la parution en mars 1738 du *Programme ou Idée générale d'un cours de Physique Expérimentale avec un catalogue raisonné des instruments qui servent aux Expériences* liée à des cours donnés par Nollet connaît un succès prodigieux. On se presse chez lui, et particulièrement les princes. Les récompenses diverses ne se font pas attendre, et c'est ainsi que Nollet est nommé à l'Académie des Sciences en 1739 comme adjoint-mécanicien.

Cette pédagogie publique se double d'un enseignement très privé, puisque Nollet est désigné en 1744 par le Roi pour donner des leçons de physique à son fils. Or, dans la société de l'Ancien Régime, la reconnaissance royale est gage de qualité³⁶¹.

L'homme du grand monde qu'est devenu Nollet fréquente Trudaine car ils ont des relations communes et sont tous deux académiciens, tout comme Bézout. Le Roi crée pour Nollet la chaire de physique expérimentale au Collège de Navarre en 1753, et les réorganisations de l'armée liées au besoin d'élever son niveau de qualification rendent évidente la nomination de Nollet pour instruire les futurs officiers de l'Artillerie et du Génie. Nollet est en quelque sorte le physicien de la cour, il est membre de l'Académie des Sciences, ce n'est ni un pamphlétaire ni un polémiste, et donc à qui d'autres confier l'enseignement de la physique expérimentale pour les officiers d'élite? En termes actuels, Nollet a le profil souhaité pour un tel poste.

Quoiqu'il en soit sur les motivations profondes de cette nomination, l'enseignement de la physique par l'abbé Nollet à Mézières, c'est tout d'abord l'arrivée de la science expérimentale dans la pensée de la société française dont les officiers du Génie sont des membres éminents.

³⁶⁰ Elle a entre autres pour membres Clairaut, La Condamine, Rameau, Fontenelle. Si elle n'a pas produit de grandes oeuvres, cette société a eu le mérite selon Jean Torlais de réunir des intelligences. Pierre Polinière, le pionnier des cours de physique publics en faisait également partie.

³⁶¹ Les huit premières *Leçons de Physique Expérimentale*, parues en 1743 ont une dédicace à Monseigneur le Dauphin. Ce procédé avait déjà fait le succès du *Voyage de Télémaque* de Fénelon. Il faudrait regarder si l'apparition des cours de physique expérimentale dans certains Collèges Jésuites et Oratoriens n'est pas en partie liée à cette éducation royale.

3.2.3. L'abbé Nollet à Mézières, c'est aussi un cours d'électricité

L'enseignement de l'abbé Nollet, que nous évoquerons à nouveau plus loin sous un aspect plus pédagogique correspond à des expériences dites de « monstration » comme on les qualifierait dans la didactique actuelle des sciences physiques. Il s'agit essentiellement de montrer des phénomènes. Il n'y aurait rien de plus à rajouter si Nollet n'était qu'un habile expérimentateur. Certes, son rôle de vulgarisateur et de diffuseur de la science serait déjà majeur pour la physique, mais il y a une autre facette du personnage qu'il faut évoquer et qui a dû jouer un rôle évident dans son enseignement des sciences à Mézières: il faut attendre Coulomb pour avoir en France un électricien plus éminent que Nollet, selon les termes du *Dictionnaire of scientific biography*.

Pourtant, s'il est bien le disciple de Du Fay, Nollet n'a pas découvert la loi de Coulomb, il n'a pas inventé la machine électrique ni la bouteille de Leyde³⁶², il n'a pas non plus rédigé les articles intitulés « Aimant » et « Electricité » de l'*Encyclopédie* contrairement à une idée très souvent répandue³⁶³ et il a émis une « *théorie des affluences et effluences simultanées* » en 1745 opposée aux idées de Franklin. Mais surtout, il lui importe de voir, faire voir et expliquer les phénomènes électriques en encourageant la réplique des expériences afin que chacun puisse se forger sa propre opinion.

Le rôle de Nollet dans l'enseignement des sciences pour les ingénieurs militaires va donc au delà de la simple diffusion d'une culture dont il ne serait qu'un amateur éclairé. Deux chapitres consacrés à l'électricité dans le sixième volume des *Leçons de physique* parues en 1764, leçons qui sont le reflet de ses cours, montrent que l'abbé Nollet est en pleine réflexion sur la nature de l'électricité. Entre l'électricité qu'il produit avec une machine et celle qu'il récupère avec un cerf-volant électrique il y a pour lui un phénomène commun, qui se recoupe avec le feu et la lumière. Pour l'électricité, Nollet se rattache à un aspect fondamental des sciences physiques au XVIII^e siècle, celui du lent effort de conceptualisation associé à l'élaboration de théories de plus en plus affinées, conjointement à un patient et difficile travail de laboratoire. Comme l'a écrit Sigaud de Lafond au moment de la mort de Nollet dans son *Traité de l'Electricité*:

³⁶² Il est toutefois l'un des réalisateurs de l'électroscope.

³⁶³ Il s'agit en fait de Louis Guillaume Le Monnier. Il est botaniste, et frère de Pierre Charles Le Monnier, astronome.

Si cet habile homme s'est trompé quelques fois, c'est un accident qu'il ne pouvait guère éviter, en traitant une matière aussi difficile et qui était encore très peu connue lorsqu'il commença de s'en occuper. Il y fit néanmoins quantité de découvertes précieuses qui n'ont pas peu contribué à accélérer les progrès qu'on a fait par la suite.

L'abbé Nollet, arrivé à Mézières comme montreur d'expériences, amène avec lui la science en train de s'élaborer, science qu'il peut mettre devant les yeux des futurs ingénieurs du Génie. Ceux-ci deviennent des témoins de l'évolution de l'électricité qui, particulièrement pour l'électrostatique et le magnétisme, tend à devenir une science théorique en ce XVIII^e siècle. C'est la première fois qu'un enseignement des sciences physiques est aussi près de la science qui s'élabore.

3.2.4. L'abbé Nollet à Mézières, c'est enfin un cours d'enseignement technique

Professeur aux Écoles d'Artillerie et du Génie, l'abbé Nollet ne se contente pas seulement de diffuser les sciences auprès des élèves. Jean Torlais³⁶⁴ raconte qu'il rectifia une erreur concernant la poudre à canon décomposée que l'on croyait à tort inutilisable. Cette anecdote est caractéristique d'un autre apport de son enseignement.

L'abbé Nollet est un remarquable maître-ouvrier. Constructeur de ses instruments, il connaît le travail du bois, des métaux, du verre et diffuse ses savoirs dans *L'art des expériences* afin que les amateurs de physique puissent eux aussi construire leurs propres instruments. Le mémoire du 29 avril 1761 précise bien ce rôle de technicien de laboratoire du professeur de physique:

les offres que fait M.Labbé Nollet de céder [...] tous les instruments qui lui appartiennent [...]de les entretenir à ses frais....

Et de plus, il ne faut pas oublier que les élèves de l'École royale du Génie de Mézières sont formés à la coupe des pierres et des bois, et constituent donc un public sensibilisé aux « arts mécaniques ». L'abbé Nollet est un enseignant de physique qui n'amène pas une science abstraite à ses élèves. Il incarne une physique liée à des savoirs techniques.

³⁶⁴ [TORLAIS, 1987].

Ainsi, parfaitement adapté à ce prototype d'enseignement technique qu'est l'École royale du Génie de Mézières, s'il nous faut retenir un seul rôle pour l'abbé Nollet, c'est celui d'un exceptionnel pédagogue des sciences physiques. Il est le premier enseignant moderne de la physique et de la chimie et il établit le statut du professeur de physique dans un établissement scolaire en liant son enseignement des sciences à la technique.

Si Bossut amène la rigueur mathématique et Nollet la pédagogie à l'enseignement des sciences physiques à Mézières, quel rôle joue alors Monge ?

3.3. Monge, un savant à la croisée de deux siècles

Chronologiquement, la présence de Gaspard Monge à l'École royale du Génie de Mézières, de 1764 à 1784, correspond à la période que René Taton considère comme étant la grande période de cette école. S'agit il d'une simple coïncidence chronologique, ou bien la présence de Monge est elle significative ? Ou encore, est-ce la continuation d'une autre volonté que la sienne?

3.3.1. Quelques repères chronologiques concernant Gaspard Monge et l'enseignement de la physique à Mézières

L'œuvre de Gaspard Monge (1746-1818) est complexe, difficile à définir en quelques mots. Il faut donc examiner en détail les événements concernant Monge durant son passage à l'École royale du Génie de Mézières. C'est à la suite du levé et du tracé d'un plan de la ville de Beaune dont la qualité lui vaut une certaine renommée que le commandant en second de l'École royale du Génie de Mézières lui propose un poste d'aide technique dans les ateliers de l'école. Il y dessine des plans, prépare des modèles en plâtre de diverses pièces d'architecture, mais il est cantonné à ces travaux, sans perspective d'évolution de son emploi. C'est la résolution rapide d'un problème particulièrement difficile de défilement grâce à une nouvelle technique graphique qui lui vaut un certain prestige auprès de l'administration de l'école et des professeurs, dont Bossut, qui le prend comme répétiteur de mathématiques en 1766, sans doute à l'instigation du directeur de l'école. Il a 20 ans. L'abbé Bossut intervient une fois de plus dans un moment clé de l'histoire de l'école en donnant concrètement un nouveau poste à Monge dont il doit apprécier la vive

intelligence³⁶⁵ et qui de plus peut sans doute le remplacer pendant son congé de six semaines nécessaire à la présentation de son traité d'hydrodynamique à l'Académie des Sciences³⁶⁶.

Le 27 février 1768, Camus étant gravement malade, Ramsault envoie au ministre un mémoire intitulé *Des moyens de perfectionner les études de l'école du génie*, un plan de réforme qu'il a mis au point avec Bossut et Monge (selon l'hypothèse de René Taton³⁶⁷). Dans un autre mémoire Ramsault souhaite que l'abbé Bossut soit :

l'examineur du génie [...] et qu'il est inutile d'avoir un professeur aussi savant que l'abbé Bossut; un bon répétiteur suffira.³⁶⁸

Cette promotion de Bossut au poste d'examineur³⁶⁹ laisse la chaire de mathématiques à Monge, officiellement nommé le 1^{er} janvier 1769. Lorsque Nollet meurt en 1770, Monge est désigné comme « répétiteur et démonstrateur de physique ». Il a à son actif une dizaine de manuscrits de mathématiques et envoie en 1771 deux mémoires à l'Académie, l'un sur le calcul des variations et l'autre sur les développées des courbes de l'espace. Son activité académique est pérennisée par une place de correspondant à l'Académie des Sciences en 1772 sur un rapport très favorable de Vandermonde, d'Alembert et Bossut (encore lui !) A partir de cette date, René Taton estime que :

les mathématiques ne tiendront plus jamais dans son esprit la place unique qu'elles occupèrent [...] la physique qu'il enseigne commence à l'intéresser autant qu'elles .

Et il est vrai que lorsqu'on regarde la liste de ses manuscrits scientifiques, il n'y a quasiment rien pour les mathématiques de 1772 à 1784 mais par contre huit manuscrits de physique et de chimie

³⁶⁵ En 1780, il appellera à nouveau Monge comme adjoint pour la chaire d'hydraulique du Louvre qui lui a été confiée.

³⁶⁶ Les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences consignent qu'il présente son traité le 21 janvier 1767 à l'Académie.

³⁶⁷ TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

³⁶⁸ Grâce aux références d'archives de René Taton, nous avons pu relire cet autre mémoire du 21 mars 1768 dont est extrait le texte. Les mots semblent parfois à double sens, et l'expression employée « un professeur aussi savant » a une légère connotation ironique. Ramsault trouvait-il que les cours de l'abbé Bossut, au demeurant brillants, étaient d'un niveau trop élevé? Lors du remplacement de Nollet en 1770, Ramsault redira à nouveau « que ce n'est pas nécessaire d'envoyer à Mézières un membre de l'Académie des Sciences ».

³⁶⁹ [DHOMBRES, 1989] pp.180-181 : « Les postes d'examineurs ».

de 1777 à 1785. Il est toujours le professeur en titre de mathématiques et de physique de l'École royale du Génie de Mézières.

Mais son élection le 14 janvier 1780 comme adjoint géomètre à l'Académie des Sciences lui impose de résider à Paris cinq mois par an pour assister aux séances. C'est l'abbé Bossut, toujours lui, qui lui obtient le privilège de conserver son titre de professeur et ses appointements tandis que son frère Louis Monge le remplace une moitié de l'année à Mézières. L'administration de l'école apprécie peu et c'est finalement sa nomination comme examinateur des élèves de la marine qui à la fois lui apporte un revenu convoité et provoque son départ de Mézières.

Ces faits étant rappelés, examinons maintenant les rapports de Monge avec les sciences physiques.

3.3.2. Monge et les sciences physiques à Mézières

3.3.2.1. L'évolution de Monge concernant les sciences physiques

Les débuts de Monge en physique sont ceux d'un physicien à la Nollet. Quand il commence ses cours de sciences en 1770, il est probable qu'il reprend les expériences mises au point par l'abbé. Tel un actuel professeur de sciences physiques arrivant dans un nouvel établissement, il a dû suivre les conseils du technicien de laboratoire pour la mise au point de ses expériences. C'est donc sous l'aspect uniquement expérimental qu'il aborde la physique et lui même se considère comme mathématicien. Une lettre de 1772 adressée à du Marchais³⁷⁰ montre d'ailleurs le peu d'enthousiasme pour cet enseignement, qu'on en juge plutôt:

La mort de l'abbé Nollet m'a procuré ici un emploi, avec une augmentation d'appointements de 900 livres; mais ma besogne se trouve ainsi augmentée, au dépens du temps qui me restait pour l'étude.

Mais il ne faut pas oublier Bossut dont il fut le répétiteur. Monge écrit par exemple à ce dernier en 1769 pour lui exposer ses travaux sur les développées des courbes gauches. Sans que l'on puisse savoir s'il y a eu une quelconque relation d'aide ou de soutien entre eux, il est néanmoins

³⁷⁰ Citée dans [TATON, 1951].

probable que Bossut a influencé Monge dans ses travaux et ses lectures. Ainsi, après son ébauche de la géométrie descriptive, c'est en fait à la géométrie infinitésimale que Monge consacre ses efforts. Or, de même qu'il travaille sur un problème d'importance pratique et théorique, la surface de moindre résistance, il s'attelle à un outil dont la physique a le plus grand besoin, les équations aux dérivées partielles. De géomètre, Monge devient un mathématicien qui fait de la physique sans le savoir, tout comme Bossut. De par l'évolution de l'analyse au XVIII^e siècle, il se retrouve au contact d'une physique en pleine évolution dont on commence à entrevoir la constitution en tant que science.

C'est finalement son élection comme correspondant à l'Académie des Sciences en 1772 qui est déterminante dans sa carrière. Ce ne sont pas les cours de physique qu'il donne au sein de la pourtant prestigieuse École royale du Génie de Mézières qui le font reconnaître en tant que physicien. Il se rattache à la génération des savants comme Laplace pour lesquels :

le noeud d'une carrière de renom en sciences exactes était l'admission à l'Académie des Sciences de Paris. Cette carrière de facto se déroulait ensuite à Paris: la vie académique réglait la vie tout court³⁷¹.

C'est à Paris et par le biais de l'Académie que Monge entre en contact avec la chimie.

3.3.2.2. Monge participe à la révolution chimique de Lavoisier

C'est avec Vandermonde, qui a été le rapporteur de plusieurs de ses mémoires, que Monge correspond à partir de 1775. Il entre ainsi en relation avec Lavoisier en 1777, année où il effectue des expériences avec Vandermonde, mais aussi avec Laplace, dans le laboratoire de l'Arsenal. Son mariage cette même année le fait devenir maître de forges et il s'intéresse dès lors à la métallurgie. Ses recherches en chimie s'intensifient. Il envoie ainsi en 1779 à Lavoisier un échantillon de spath fluorique et son intérêt pour le calcaire l'amène à une étude physico-chimique sur la chaux vive et son extinction pour arriver, à force d'observations, à des règles pour la fabrication du mortier. Il s'interroge également sur les propriétés du phosphore en liaison avec la théorie du phlogistique ainsi que sur la nature de la lumière provoquée par le choc de deux

³⁷¹ [DHOMBRES, 1989].

silex. Comme il l'écrit à du Marchais en 1783 :

Depuis quatre ans je ne m'occupe plus de mathématiques; les circonstances m'ont jeté sur la physique et toutes les autres considérations me sont devenues presque étrangères...

A cette époque, même Laplace a été entraîné par Lavoisier dans des expériences de calorimétrie. Il est vrai que la plupart des académiciens trouvent les mathématiques :

quelque peu passées de mode...

comme le remarque René Taton dans *L'œuvre scientifique de Gaspard Monge*. Dans ce livre édité en 1951, René Taton indique que l'arrivée de Clouet et l'installation du laboratoire de chimie date de 1780. En fait, René Taton rectifie cette date en 1952 dans deux articles consacrés à Clouet³⁷². Ce dernier n'est arrivé qu'en 1783 à Mézières, et le laboratoire de chimie de Mézières commence à se constituer en 1782, comme nous l'apprennent les documents concernant les affectations de crédit³⁷³. Il n'est pas possible pour Monge d'être à la fois académicien à Paris et chercheur à Mézières en 1780, et c'est là toute la clé du statut du professeur de physique à Mézières.

Nous retrouvons Monge cosignataire avec Panckoucke d'un contrat pour un dictionnaire de physique en 1781, dictionnaire de physique qui doit faire partie de *l'Encyclopédie méthodique*. Sa participation est difficile à cerner, mais René Taton a rassemblé suffisamment de preuves indirectes pour être convaincu du fait que l'article « calorique » rédigé par Monge et ses recherches :

malgré ses très graves inexactitudes, contribua au progrès de la physique et de la chimie en encourageant tout un ensemble de recherches qui permirent la création de la thermodynamique moderne.

Les comptes-rendus de l'Académie des Sciences et diverses pièces manuscrites montrent que Monge suit les expériences d'électrostatique que Volta conduit à Paris avec Lavoisier en mars

³⁷² TATON R. « Jean-François Clouet, chimiste ardennais. Sa vie, son oeuvre », *Présence ardennaise*, 1952, 10 et « Quelques précisions sur le chimiste Clouet et deux de ses homonymes », *Revue d'histoire des sciences*, 1952, tV.

³⁷³ SHD. Fonds Génie: article 18, section 1 « École du Génie Mézières-Metz », §1 Matériel et personnel, cartons 1 et 2.

1782 ainsi que tout ce qui touche à l'électricité et au magnétisme :

A Mézières, il tente en vain de mesurer la vitesse du fluide électrique en reliant les deux armatures d'une bouteille de Leyde qu'il décharge aux deux extrémités d'une boucle de la Meuse³⁷⁴.

Enfin, il semble également que Monge ait été un précurseur incompris dans le domaine de l'acoustique, en particulier sur la théorie du timbre, ce qui n'est guère étonnant quand on connaît ses talents de mathématicien.

Mais c'est en 1783, les dates nous étant parfaitement connues grâce aux archives de l'Académie des Sciences³⁷⁵, que Monge réalise une expérience majeure pour la chimie. Il réussit la synthèse de l'eau à Mézières en juin, juillet et octobre, à la même époque que Lavoisier. Signe caractéristique toutefois de la personnalité scientifique multiforme de Monge, cette expérience remarquable ne l'empêche pas de s'intéresser en même temps à l'optique, la météorologie et aux techniques des ballons. Il assiste à Paris au vol en montgolfière de Pilâtre de Rozier et du marquis d'Arlandes le 21 novembre 1783 et s'attelle à divers travaux intéressants cette nouvelle technique: fabrication industrielle d'hydrogène, d'enveloppes. Au début de l'année 1784, de retour à Mézières, il travaille sur la préparation du gaz à l'eau, un mélange de gaz constitué de dihydrogène et d'oxyde de carbone en équilibre, qu'il envisage pour remplacer le dihydrogène dans les ballons. Mais il trouve Clouet travaillant sur les refroidissements et les distillations, et c'est ainsi qu'ils liquéfient pour la première fois un gaz³⁷⁶. Ils vont également travailler sur les oxydes d'azote et le bleu de Prusse durant cette année 1784, jusqu'au départ de Monge le 24 décembre de cette même année.

3.3.2.3. Le professeur de sciences physiques de l'école n'est pas reconnu comme un savant

³⁷⁴ [TATON, 1951].

³⁷⁵ Mémoire de l'Académie royale des Sciences année 1783, « *Mémoire sur le résultat de l'inflammation du Gaz inflammable et de l'air déphlogistiqué, dans des vaisseaux clos* », imprimé et publié en 1786, pages 78 à 88 plus une planche présentant un appareil que Lavoisier lui même trouvait supérieur au sien. Un commentaire du texte de ce mémoire ainsi que le texte lui même se trouvent en annexe 3.

³⁷⁶ [TATON, 1952].

L'École royale du Génie de Mézières n'est pas à l'initiative d'un enseignement de chimie qui donnerait à Monge le statut d'un actuel enseignant-chercheur avant la lettre. Nous avons en effet montré que c'est le Roi qui souhaite que l'on instruisse les élèves du Génie en chimie dès 1777, ce que le programme d'étude prend en compte cette même année. Mais il n'y a pas de laboratoire de chimie à l'école à cette date. Ce n'est donc pas l'enseignement de sciences physiques existant qui a créé ce besoin. La décision administrative venue d'en haut a précédé le choix pédagogique de l'enseignant. Certes, Monge est ensuite à l'origine du laboratoire de chimie en 1779. Peut être a-t-il dû expliquer à l'administration de l'école que la physique n'est pas la chimie et qu'il faut donc un matériel spécifique. Mais de plus, pour ses propres recherches, cet équipement arrive à point nommé. Les crédits d'équipement arrivent en 1782, et le laboratoire de chimie s'installe de 1782 à 1784, ce qui somme toute est assez rapide.

Mais ce qui est encore plus étonnant dans cette différence entre la reconnaissance de l'académicien de Paris et du professeur de Mézières, c'est que le commandant de l'école, de Villelongue, craint que Monge n'ait pas une pratique suffisante de la chimie expérimentale, comme il l'explique dans une lettre d'avril 1783³⁷⁷. C'est pourquoi il propose d'engager Clouet, reconnu comme un jeune chimiste plein d'avenir.

Enfin s'agissant des contenus des travaux en physique et en chimie de Monge, ce sont ses séjours à Paris qui lui donnent matière à des recherches dans son laboratoire de Mézières, et non pas des observations issues de ses expériences de cours. Encore une fois, les laboratoires de l'École royale du Génie de Mézières ne sont pas ceux des laboratoires de recherche d'un nouvel enseignement supérieur et Mézières est bien loin de l'endroit où tout se fait en cette fin du XVIII^e siècle. Le lieu ad hoc est l'Académie des Sciences à Paris.

C'est de plus la différence de statut entre l'enseignant, souvent méprisé, et l'examineur, qui fait préférer à Monge un poste d'examineur des élèves de la marine à la succession de Bézout, poste peut être bien moins scientifique que celui de professeur de sciences physiques, mais mieux considéré et aussi bien mieux rémunéré, quoiqu'obligeant à des tournées d'examens, pendant un mois chaque année. Etre professeur, même à l'École royale du Génie de Mézières, ne confère pas le prestige et la reconnaissance qu'auront les enseignants des grandes écoles de la Révolution, voire des universités de la fin du XIX^e siècle. Gaspard Monge deviendra un maître, mais pour les élèves de l'École Polytechnique. C'est sur ce constat que nous laissons Gaspard

³⁷⁷ SHD, Archives de la Guerre, I, pièces 99 et 100b.

Monge que René Taton décrit:

homme très estimable sous tous les rapports publics et privés [...] il est le plus bel exemple de ces savants qui, formés sous l'Ancien Régime, donnèrent la pleine mesure de leurs talents et de leurs qualités sous la Révolution et contribuèrent ainsi à conférer à la France une suprématie provisoire mais incontestable dans le domaine scientifique.

Ce jugement s'applique tout à fait à l'enseignement de sciences physiques de l'École royale du Génie de Mézières.

3.4. Clouet, celui qui vint trop tard ou trop tôt sur un poste restant à définir...

Il est difficile de prendre la suite de Gaspard Monge, pourtant le rôle du chimiste Jean-François Clouet (1751-1801) en tant que professeur n'est pas sans intérêt. Il succède donc à Monge en 1784, en théorie au poste de professeur de physique et de chimie, les mathématiques étant assurées par Claude Joseph Ferry depuis 1781. De Villelongue l'avait choisi à cause de ses multiples talents: Clouet, ancien élève du collège de Charleville, connaissait le dessin, le levé de cartes, les arts³⁷⁸, la physique, les mathématiques et l'histoire naturelle.

En fait, l'attribution des matières enseignées n'est pas aussi claire. Lorsque Jean-Nicolas-Pierre Hachette est nommé en 1789 assistant de Ferry pour la géométrie descriptive, Ferry enseigne les mathématiques et la physique. Clouet a en charge la chimie, la théorie des machines et une partie du dessin. L'état du personnel de 1783 le cite d'ailleurs comme maître de dessin et celui de 1789 comme professeur de chimie et de dessin³⁷⁹. La notion de professeur de sciences physiques n'est donc pas bien établie.

Les connaissances et la personnalité de Clouet sont responsables de ce fait. C'est un ingénieur qui fait de la chimie, certes très brillant, mais il n'est pas un savant en charge d'une fonction enseignante. Ses travaux concernent la métallurgie, en particulier la fabrication d'acier fondu, la composition de la sidérite, la réalisation de lames damassées, et plus tard, en 1793, le Comité de Salut public lui confiera des responsabilités qui montreront ses talents d'administrateur. Clouet est presque le prototype du futur ingénieur de l'École Centrale. De plus,

³⁷⁸ A savoir essentiellement sa pratique manufacturière dans une faïencerie associée à la chimie.

³⁷⁹ SHD, Archives de l'Inspection du Génie, I,100b, et Archives de la Guerre, Génie, X^e 12.

lorsque les rapports entre les savants et l'enseignement évolueront à partir de 1795, Clouet ne s'intégrera pas à cette nouvelle vie scientifique³⁸⁰. Formé, voire moulé dans des structures clairement établies comme l'École Normale ou l'École Polytechnique, Clouet aurait pu confirmer le rôle d'un savant comme Monge assurant la transmission des savoirs scientifiques par une charge d'enseignement. Mais la période troublée qui suivit sa nomination à l'école ainsi que le manque de volonté politique concernant l'instruction scientifique firent qu'il n'a pas joué ce rôle.

3.5. Le métier d'enseignant de sciences physiques à Mézières

3.5.1. Statut et reconnaissance sociale

Finalement, l'École royale du Génie de Mézières voit se structurer le métier d'enseignant des sciences physiques, en liaison avec l'évolution de celles-ci au XVIII^e siècle. Ce sont d'abord les parties mathématisées de la physique, à savoir la mécanique et l'hydraulique, qui sont enseignées par l'abbé Bossut. Puis c'est l'essor de la science expérimentale et une forme d'enseignement technique par l'abbé Nollet, suivi par le savant participant à la science en marche qu'est Monge. Clouet, lui, représente l'ingénieur qui devient à son tour professeur. Cet ensemble de prototypes d'enseignants des sciences peut constituer une source d'expérience pédagogique irremplaçable.

Mais il manque à ces enseignants de sciences extrêmement brillants³⁸¹ le prestige et la respectabilité du métier de professeur dans une grande école. Même si le Roi décide qu'il faut intensifier l'enseignement scientifique de ses futurs officiers, il semble que ce n'est pas pour autant que l'Etat accorde plus d'importance à ses enseignants. Seuls les examinateurs d'entrée dans les écoles techniques ont un certain pouvoir, mais bien souvent aux dépens des enseignants de sciences de ces écoles.

3.5.2. La pédagogie des sciences physiques et notre regard d'aujourd'hui

³⁸⁰ Sur le cas de Clouet, voir [DHOMBRES, 1989] et [TATON, 1952].

³⁸¹ Ils sont ou seront tous académiciens, Clouet étant associé à l'Institut en 1796.

Sans que l'on critique ouvertement l'enseignement des sciences physiques à Mézières, certains auteurs, d'origines et d'époques extrêmement variées, ont plus ou moins minimisé l'importance de cet enseignement ainsi que sa pédagogie. C'est le cas tout d'abord de Fourcroy. Dans son rapport³⁸² du 3 vendémiaire an III, il déclare:

l'enseignement de l'École des Travaux publics [...] aura deux parties principales, les mathématiques et la physique [...] De ces deux parties de l'instruction, la première enseignée à Mézières par une méthode qui consistait à faire exécuter ou pratiquer aux élèves des leçons qu'on leur donnait, de sorte qu'il ne suffisait pas qu'ils comprissent, il fallait encore qu'ils exécutassent avec précision, sera reportée avec tous ses avantages dans l'École des Travaux publics. La physique et la chimie n'ont encore été montrées qu'en théorie en France [...] les élèves [...] répéteront de même dans les laboratoires particuliers les principales opérations de chimie.

C'est un jugement émis par un professeur de chimie exceptionnel, dont les contemporains admiraient le remarquable talent de pédagogue. Il trouve donc que la méthode d'enseignement des mathématiques de Mézières mérite d'être citée, mais l'enseignement des sciences, lui, ne semble pas l'avoir marqué. Pourtant, la création d'un enseignement de chimie était extrêmement rare dans un établissement scolaire comme nous l'avons vu, ce que Fourcroy ne devait pas ignorer.

Fourcroy, dans son *Histoire de l'École Polytechnique*, utilise des termes assez réducteurs sur les cours de sciences :

Il y avait un professeur de mathématiques [...] qui faisait aussi un petit cours de physique, en une douzaine de leçons; un professeur de chimie, qui donnait une vingtaine de leçons sur les principes de cette science.

Nous pourrions donc considérer que les sciences physiques à l'École royale du Génie de Mézières sont un enseignement typique du XVIII^e siècle, entre autres parce que les élèves ne manipulent pas. Mais les auteurs des écrits que nous venons d'évoquer ont une motivation commune, à savoir faire ressortir l'originalité de l'École Polytechnique, en affirmant parfois plus

³⁸² AN, ADXVIII A32; voir également les références dans l'ouvrage [DHOMBRES, 1989] p.571 et note 38.

qu'en démontrant³⁸³. Sans qu'il soit question un seul instant de contester celle-ci, il ne faudrait pas pour autant dévaloriser l'enseignement des sciences à l'École royale du Génie pour établir celui de l'École Polytechnique.

Il semble que l'argument essentiel consiste à dire qu'on se contentait à Mézières de montrer des expériences de physique et de chimie, un peu à la manière de ce qui se pratiquait dans les salons, et que finalement, ce n'est pas réellement de l'enseignement, la bonne méthode consistant, comme le dit Fourcroy, à faire pratiquer aux élèves les leçons qu'on leur donne. Autrement dit, il n'y a pas d'acquisition de connaissances possibles en sciences physiques s'il n'y a pas passage par un stade de réalisation.

Or, à la lueur de ce que nous connaissons actuellement en didactique des sciences physiques, l'idée que « faire manipuler les élèves » de façon systématique est un gage d'enseignement efficace doit être modulée. Le rôle de l'expérience en cours de sciences physiques répond en général à deux objectifs, soit l'élaboration de nouvelles connaissances, soit l'enseignement de connaissances établies. Or pour cela, les différents travaux pratiques, même s'ils sont souvent très présents, ne sont pas l'unique méthode d'enseignement. L'utilisation de l'expérience de cours faite par le professeur devant les élèves sous forme d'expérience dite de « monstration »³⁸⁴ est un moyen que l'on utilise toujours aujourd'hui. Si l'on prend l'expérience d'Oersted comme base du cours d'électromagnétisme, il est beaucoup plus efficace de la montrer aux élèves et d'établir un questionnement que d'attendre qu'ils aient l'idée de mettre une boussole sous un fil parcouru par un courant électrique ou devant une bobine³⁸⁵.

³⁸³ Quelques lignes plus loin dans le texte de Fourcy, on peut lire que :

l'École possédait [...] un laboratoire de chimie où se donnaient les leçons, et dans lequel les élèves pouvaient s'exercer aux manipulations chimiques, sans qu'on leur en fit une obligation.

Nous avons pourtant vu que les sciences physiques sont évaluées à l'examen de sortie.

³⁸⁴ On montre aux élèves l'existence d'un phénomène, on pose un problème, et on en assure la dévolution à la classe. Voir à ce sujet ROBARDET G., GUILLAUD J-C. *Eléments de didactique des sciences physiques*, Paris : P.U.F, 1997.

³⁸⁵ Ou alors, on fait un pseudo TP découverte, en rédigeant une liste de consignes qui leur permet d'effectuer le montage, ce qui est peu démonstratif. De plus, les élèves sont souvent tellement obnubilés par la réalisation d'un montage correct qu'ils en oublient d'observer. Une utilisation de l'histoire des sciences dans l'enseignement de la physique et de la chimie consiste d'ailleurs à permettre de relancer l'intérêt des élèves par des considérations

Il faut de plus évoquer la conception pédagogique des instruments conçus par Nollet. On pourrait parfois qualifier d'enseignement technique son cours. C'est particulièrement marquant lorsque l'on regarde sa machine pour étudier les propriétés des cordes, située figure 2 et figure 3 sur la planche ci-dessous :

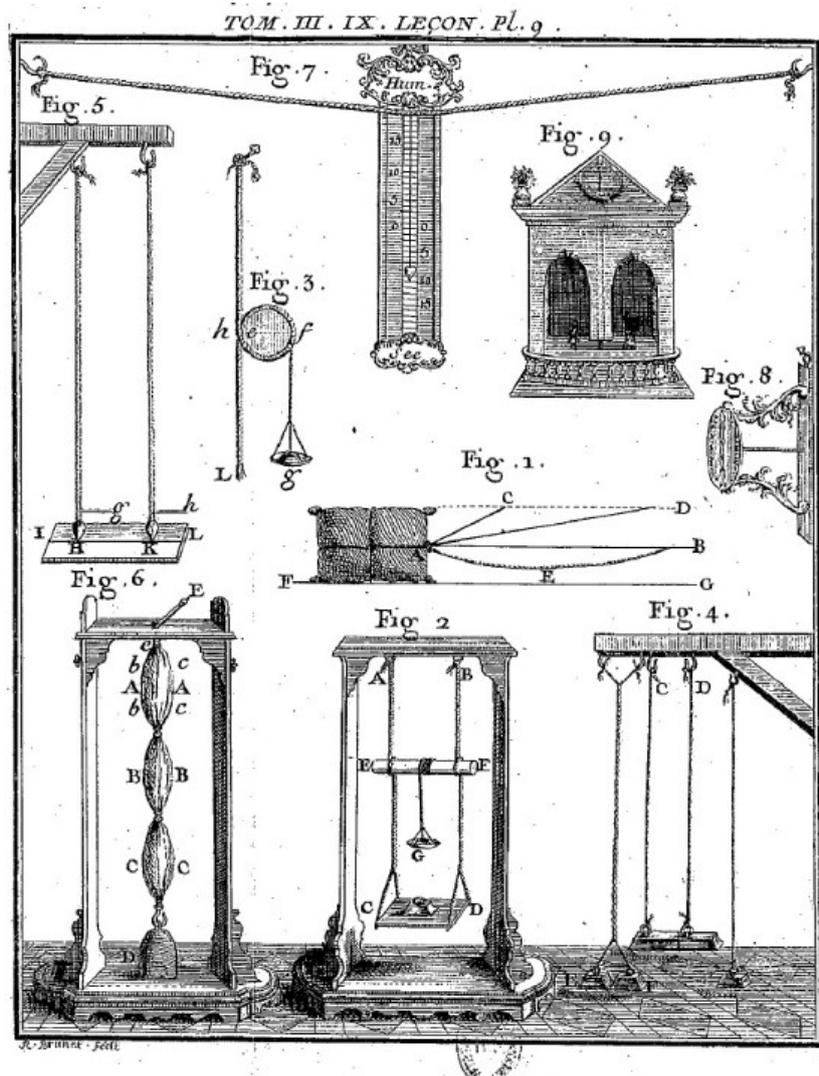


Figure 6: Leçons de physique expérimentale, tome 3, planche 9

Cette machine, visible au Musée Stewart de Montréal, mesure environ 80 centimètres de haut et par sa taille correspond bien à une machine pédagogique, permettant une manipulation aisée

historiques à partir d'une expérience finalement assez banale pour eux. Il peut être motivant de dire que l'on reconstitue une expérience historique et de restituer les problèmes de réalisation de l'époque.

visible par un auditoire. Elle apparaît dans le tome 3 des *Leçons de physique expérimentale*³⁸⁶ dans la section intitulée « Des cordes ». Après une présentation générale des cordes, où Nollet, avec un sens physique remarquable, assimile cordes et chaînes dans la même modélisation quand à leur comportement, et cite les travaux de Guillaume Amontons sur la roideur des cordes³⁸⁷, nous retrouvons le déroulé classique des *Leçons*, à savoir une liste d'expériences avec leur préparation, leurs effets, leur explication. La machine est ainsi utilisée pour la deuxième expérience aux pages 146 à 148. Or, que permet-elle de montrer ? Lewis Pyenson et Jean-François Gauvin³⁸⁸ ont analysé de manière détaillée le fonctionnement de cette machine dont ils possèdent un exemplaire en lien avec les *Leçons*. Le propos de Nollet est d'établir avec cet appareil l'influence sur le comportement des cordes de paramètres tels que leurs diamètres, leur degré d'humidité, la manière dont elles sont tressées et avec quel matériau. C'est un savoir bien austère, on est très loin de la physique pour les dames ou du spectacle, c'est un savoir qui ne peut intéresser que l'ingénieur et ce avec une machine conçue uniquement dans ce but pédagogique. D'autres machines avec ce même but ont été conçues par Nollet. On pourrait citer les machines simples classiques de la mécanique que sont la vis d'Archimède, le plan incliné, etc. mais il est remarquable que l'on trouve aussi avec des pompes et des machines pneumatiques une « pompe à feu », c'est à dire une pompe à eau où le piston a été remplacé par de la vapeur d'eau successivement dilatée puis condensée.

³⁸⁶ Elle est également représentée dans le Tome 2 de *L'art des expériences* et fait partie du Tome 1 de la *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* de Sigaud de Lafond.

³⁸⁷ Les travaux de Guillaume Amontons sur la roideur des cordes, ce que nous appelons la tension et plus généralement sur les résistances dans les machines ont été publiés dans les Mémoires de l'Académie des Sciences en 1699. Il faudra attendre la *Théorie des machines simples* publiée en 1821 par Coulomb pour de nouvelles mesures.

³⁸⁸ [PYENSON, GAUVIN, 2002]

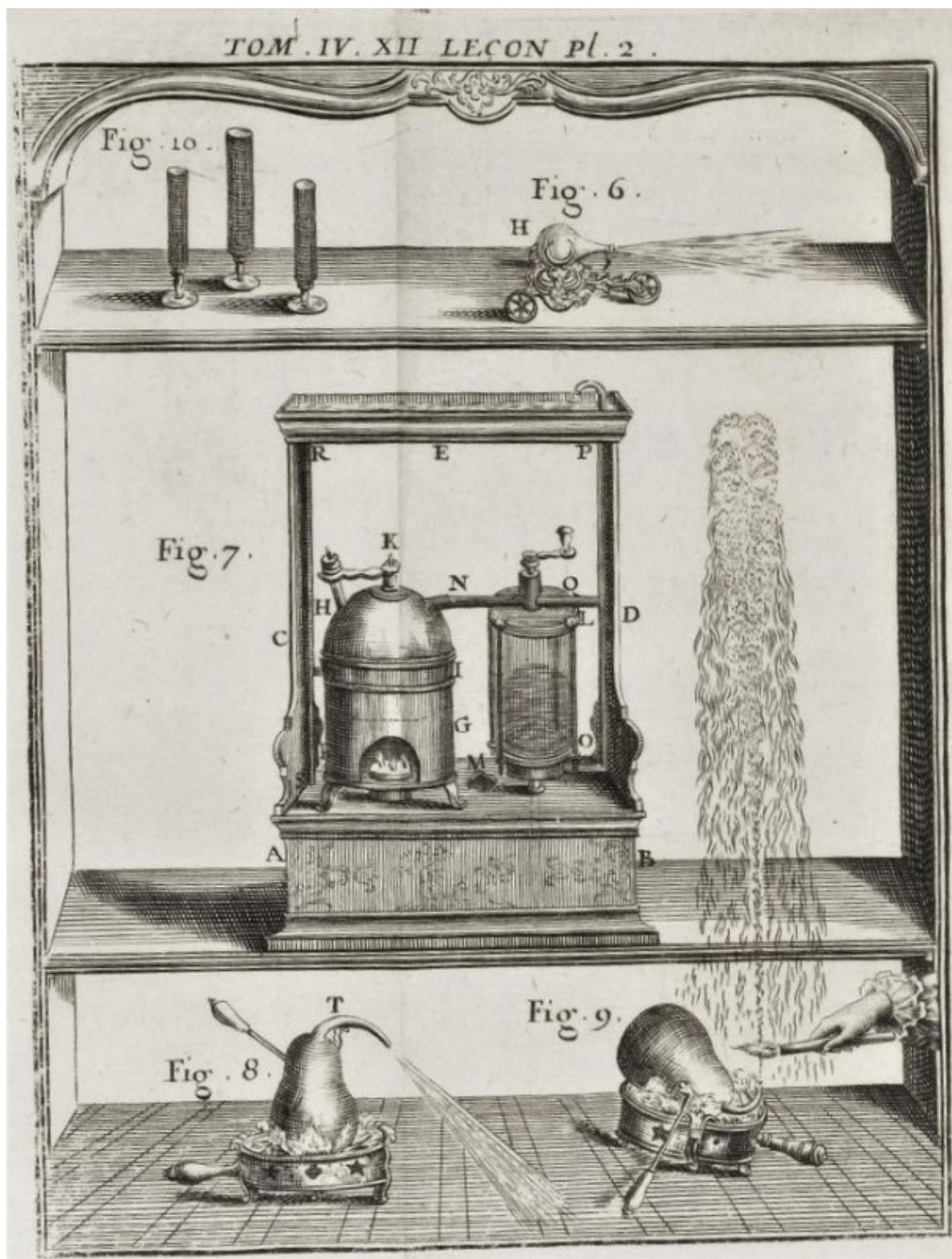


Figure 7: Leçons de physique expérimentale, tome 4, planche 2

Cette machine, déjà à l'œuvre à Londres afin de distribuer l'eau de la Tamise, préfigure peut-être l'apparition de la thermodynamique dans les savoirs constitutifs de l'ingénieur du siècle suivant, en tout cas il n'est pas exclu de faire cette hypothèse.

Certes, il y avait aussi dans les instruments de l'abbé Nollet des instruments plus ludiques, comme une chambre noire, un réchaud pour montrer que le feu n'empêchait pas l'aimant d'attirer une lame de fer, ou encore des machines électriques propres à électriser son prochain. Mais il y a sans doute une donnée supplémentaire d'ordre purement scientifique. L'abbé Nollet, comme nous l'avons dit, avait au fond pour ambition de montrer par exemple les phénomènes électriques, pour que chacun construise sa propre opinion. Or, quelles vérités mathématiques était-il possible d'établir à Mézières à partir de phénomènes tels que l'électricité, la chaleur, la chimie, alors que justement ce sera le rôle des savants français à partir de 1800 et certainement pas par un heureux hasard ? Il est évident que la formation de bons ingénieurs exige que la modélisation théorique ne soit jamais séparée du concret, encore fallait-il qu'il y ait un modèle théorique à proposer. Ce fut fait à Mézières pour la mécanique et l'hydraulique, car les modèles mathématiques existaient à cette époque, mais évidemment pas pour les autres branches des sciences physiques. Et en physique, quand on n'a pas de théorie, on commence par observer et par mesurer. De telles habitudes de travail ont été transmises par les enseignants de sciences physiques de Mézières à leurs élèves dont Coulomb en est la plus parfaite illustration. Ces ingénieurs, parfaitement formés à l'art du dessin technique, possédaient sans nul doute « l'esprit de géométrie » qu'il convenait pour appréhender ces nouveaux savoirs. Et même si l'École royale du Génie de Mézières a fini par se figer dans ses contenus enseignés à partir de 1770 comme l'a montré Bruno Belhoste³⁸⁹, il n'en reste pas moins qu'elle a permis à certains de ses élèves, peut-être les plus enclins à l'étude des mathématiques, d'envisager une certaine mathématisation de la physique, ou en tout cas d'y préparer les esprits, des esprits certainement pas tous rigidifiés par la chose militaire ou la reproduction des élites³⁹⁰. Si à Mézières il semble acquis que l'on passe d'un savoir théorique à un savoir pratique comme dans toutes les formations techniques dont celle des ingénieurs fait partie, il y a aussi clairement le projet de s'élever d'un savoir technique à une vision plus

³⁸⁹ BELHOSTE B., PICON A., SAKAROVITCH J. « Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la Révolution » *Histoire de l'Éducation*, 1990, n°46. pp. 53-109.

³⁹⁰ Militaires, mais aussi un peu étudiants, les élèves de l'École royale du Génie de Mézières peuvent développer une certaine autonomie dans leurs représentations. On pourra consulter à ce sujet PAUTET S. « Les élèves de l'École du génie de Mézières et leurs territoires au XVIII^e siècle ». *Encyclo. Revue de l'école doctorale ED 382*, 2013, p. 81-99.

mathématique de celui-ci comme lors du passage de la stéréotomie à la géométrie dans l'espace³⁹¹. C'est évidemment un mode de pensée indispensable pour qu'en physique on passe de l'observation à l'expérimentation, mode de pensée qui peut préparer à la physique mathématisée ensuite.

4. POURQUOI UN ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES A L'ÉCOLE ROYALE DU GENIE DE MEZIERES ?

4.1. Une volonté politique liée à des nécessités techniques

A la lueur de notre étude historique, nous pouvons avoir la quasi certitude du rôle clé de d'Argenson dans la création et la structure même de l'École royale du Génie de Mézières. Dès le début, il a la volonté politique de créer une école unique pour tous les ingénieurs militaires. Lassé de l'empirisme qui présidait à la formation de ses cadres, d'Argenson impose le concours auquel il est quasiment impossible d'échapper et la même formation pour tous les élèves détachés de leur milieu d'origine et portant tous le même uniforme. Il voulait aller sans doute beaucoup plus loin. Dès 1749, comme l'indiquent Nicole et Jean Dhombres³⁹² :

Le comte d'Argenson, qui avait demandé à Camus en 1749 d'écrire un manuel de référence, voyait à long terme puisqu'il espérait ainsi uniformiser la préparation à l'examen et permettre une homogénéisation du niveau des candidats.

D'Argenson a donc non seulement envisagé un lieu de formation polytechnique, mais il avait peut être dans l'idée de créer des classes préparatoires au concours. Il a tenté ceci avec l'École militaire, mais la société de l'Ancien Régime n'était pas prête à de tels bouleversements.

Il y a d'autre part une autre raison majeure à la création de l'École royale du Génie de Mézières. Les connaissances techniques bien réelles du métier d'ingénieur militaire ne peuvent

³⁹¹ C'est ce que montre Joël Sakarovitch dans SAKAROVITCH J. « The Teaching of Stereotomy in Engineering Schools in France in the XVIIIth and XIXth centuries : an Application of Geometry, an « Applied Geometry », or a Construction Technique » in RADELET-DE GRAVE P, BENVENUTO E. (éd) *Entre Mécanique et Architecture*, Basel, Boston, Berlin : Birkhäuser, 1995.

³⁹² [DHOMBRES, 1989].

être acquises que dans un nouvel établissement. Au XVIII^e siècle, l'université sait former des médecins, des avocats, mais n'a aucune structure d'enseignement technique. Et ce problème déborde largement le cadre de l'armée car il s'étend à tous les techniciens dont l'État, entité sublimant l'intérêt commun depuis Louis XIV, a absolument besoin: ingénieurs des Ponts et Chaussées, ingénieurs des Mines, marins. Et même la Révolution, qui supprimera un temps l'Académie royale des Sciences, conservera ces écoles. Elle aussi aura besoin de former une élite scientifique et technique, mais en la sélectionnant uniquement grâce au mérite et non en tenant compte de la naissance et des filiations. Mais, point commun de toutes ces politiques convergentes vers un seul but, l'intérêt de l'État, ce sont les mathématiques et les parties mathématisées des sciences physiques qui sélectionnent les candidats. Les contours de la chimie mais plus encore de la physique ne sont pas clairement établis à ce moment et donc ne peuvent servir à une évaluation.

Or à quel moment physique et chimie se constituent elles en sciences « mathématiques », et l'École royale du Génie de Mézières y a-t-elle participé?

4.2. La mathématisation de la physique

Les faits scientifiques et historiques sont clairs, les savants français appliquent les mathématiques à des problèmes physiques de 1800 à 1830. La liste est impressionnante. On y rencontre Poisson pour l'électrostatique et le magnétisme, Ampère pour l'électrodynamique, Sophie Germain pour l'acoustique, Fourier pour la théorie de la chaleur accompagnée de l'analyse des séries éponymes, Sadi Carnot pour la thermodynamique, Coriolis pour la physique de l'énergie, Malus, Biot et Fresnel en optique. Leurs raisonnements sont systématiquement mathématiques, on parle désormais en termes de physique mathématique.

Or, ce n'est pas le cas pour la physique en France avant 1800. Si on laisse de côté la mécanique, et encore on n'expérimente pas en mécanique céleste, pour d'Alembert par exemple on ne peut espérer qu'un recueil d'observations et d'expériences pour la physique. Nous avons déjà évoqué, à l'occasion du collège de l'Oratoire, le fait que dans le *Discours Préliminaire à l'Encyclopédie* ainsi que dans le *Système figuré des connaissances humaines*, d'Alembert distingue ce qui peut être qualifié de mathématique, à savoir la géométrie, l'arithmétique, l'algèbre, disciplines dites « pures », accompagnées de la mécanique, l'astronomie, l'optique géométrique dites disciplines « mixtes » selon une vieille terminologie et ce qui peut être qualifié

de physique qui regroupe en fait tout le reste, y compris ce que l'on a appelé les sciences naturelles, avant de parler de biologie. En fait les contours de la physique sont assez flous. C'est encore vrai dans le cours de l'École Polytechnique intitulé « Physique Générale » en 1794, et dans la « Physique particulière », c'est à dire la chimie. Il n'y a pas de mathématiques non plus dans le *Traité élémentaire de physique* de Haüy³⁹³ de 1803 que nous avons évoqué, et pour Delambre, en 1810 dans son rapport sur l'avancement des sciences, ce qui est devenu mathématique est automatiquement perdu pour la physique. Sous l'appellation « Physique mathématique », il range les mesures obtenues avec des instruments de précision tels la balance de torsion de Coulomb, la pile de Volta qui sont des « instruments mathématiques ».

Pourquoi les élèves et les enseignants de l'École Polytechnique s'attaquent ils donc en termes mathématiques à la physique, alors qu'il y a une telle distance entre les deux ? Il n'y a pourtant aucune révolution de type newtonien, la physique mathématique semble apparaître naturellement parce que l'expérimentation est suffisamment précise pour que de ses mesures on tire des formules mathématiques et que les mathématiques, grâce au calcul, peuvent être appliquées aux phénomènes physiques.

Mais on ne peut se contenter de dire que la physique mathématique est apparue parce qu'elle devait apparaître, car cela n'explique pas l'originalité de la France. En Angleterre ou en Allemagne, il y a des savants du même niveau que les savants français, avec des institutions universitaires et académiques prestigieuses. Selon la thèse de Robert Fox, « Grandeur et décadence de la physique laplacienne », c'est le projet de Laplace matérialisé dans la Société d'Arcueil qui explique ce qui se passe en France entre 1800 et 1830, il s'agit de ramener la vision newtonienne du monde aux dimensions de la physique moléculaire en appliquant par les mathématiques les lois de Newton aux phénomènes tels que la lumière, la chaleur, le son, l'électricité et le magnétisme. Et ce projet se double d'une politique concrète: suggestion de travaux, encouragements et aides institutionnelles. L'origine en est les interrogations de Laplace sur la chaleur lorsqu'il travaille avec Lavoisier en 1783. On voit d'ailleurs poindre quelques travaux à dominante mathématique en même temps que la physique expérimentale comme Prony dans le second cahier du Journal de l'École Polytechnique, et de plus, le pli de mêler calculs et expériences est déjà pris par Coulomb entre 1785 et 1791, c'est la vision de l'ingénieur.

³⁹³ Nous avons évoqué cet ouvrage dans la partie consacrée au lycée impérial. Le lycéen qui ne suit pas la classe de mathématiques transcendantes ne fait pas de mathématiques dans le cadre de l'enseignement de la physique.

Or nous retrouvons ici l'École royale du Génie de Mézières. On ne peut pas dire qu'elle est un lieu où la physique mathématique se serait développée de manière quasi occulte puisque cette science n'existait pas, et elle n'existe pas non plus aux débuts de l'École Polytechnique. Mais ce que crée Mézières, c'est un lieu de rencontre entre le savant et l'ingénieur, leur point commun étant les techniques et leurs problèmes. Coulomb est le résultat de ce prototype de formation. Quand il a à résoudre un problème technique, il allie savoir-faire technique et attitude scientifique³⁹⁴. L'École royale du Génie de Mézières prouve ainsi qu'une formation de base en sciences est indispensable à un futur ingénieur. Et de 1749 à 1794, en l'état des sciences physiques, la première des formations c'est de connaître les phénomènes liés à celles-ci. Or au XVIII^e siècle, pour accéder à des connaissances scientifiques, il n'y a que trois moyens: lire, avoir un maître prestigieux, ou assister à des cours. L'École royale du Génie de Mézières propose les trois en même temps.

Alors la question se pose. Ce type de formation a-t-il inspiré des choix décisifs plus tard?

4.3. L'école de Mézières est-elle un modèle pour l'enseignement des sciences physiques?

Il est évident que doit enfin se poser le problème de l'héritage de l'École royale du Génie de Mézières. Que nous a-t-elle légué concernant l'enseignement des sciences physiques?

A l'étranger tout d'abord, aucun point de comparaison. En Angleterre, l'université de Cambridge ne se met au calcul infinitésimal qu'au début du XIX^e siècle. On ne peut dès lors y parler de physique mathématique. Aux États-Unis, ce sont d'anciens élèves de Mézières venus avec Lafayette au moment de la guerre d'Indépendance qui vont créer la célèbre école de West Point. On en trouvera donc pas dans les pays étrangers une quelconque antériorité d'un enseignement comparable.

Pour la France, nous avons montré la nouveauté que constituait un enseignement des sciences physiques aussi structuré que celui pratiqué à l'école du Génie. Tant au niveau de la définition des cours que des moyens d'enseignement et du talent des professeurs, rien de

³⁹⁴ C'est ce qu'a montré Sylvie Provost dans PROVOST S. « Charles Coulomb. La précision de l'ingénieur. » in DHOMBRES J. (dir), *Aventures scientifiques. Savants en Poitou-Charentes du XVI^e au XX^e siècle*, Poitiers : Les éditions de l'Actualité Poitou-Charentes, 1995.

comparable n'existait dans la France de l'Ancien Régime au XVIII^e siècle. À l'École des Ponts et Chaussées dont les ingénieurs sont les rivaux civils de ceux de l'École du Génie, comme l'a indiqué Antoine Picon³⁹⁵

En dépit des progrès réalisés dans tel ou tel domaine, l'heure n'est pas encore à la subordination du projet à des déterminations issues des sciences exactes.

A Mézières, l'enseignement des sciences physiques contribuait à développer les éléments d'une culture scientifique pour les élèves, il formait les esprits à la rigueur, à la méthode scientifique, à la critique, et suscitait la curiosité. Il était ouvert sur les techniques tout en permettant l'émergence de vocations de scientifiques, montrait que le monde était intelligible et enfin il permettait une rencontre entre les mathématiques et la physique.

C'est en cela que l'École royale du Génie de Mézières a sans doute influencé son illustre cadette, à savoir l'École Polytechnique. Le prototype de Mézières et l'expérience pédagogique originale de son enseignement³⁹⁶ a constitué une source d'informations irremplaçable pour la mise au point de l'X. Avoir mis en contact les savants et les ingénieurs, avoir donné à ces derniers les éléments de la science théorique, c'est ce que l'on retrouve à l'École Polytechnique, sous une forme certes beaucoup plus développée et institutionnelle comme nous allons le voir.

Car il manquait malheureusement à Mézières le pouvoir des savants. Le statut des enseignants de l'Ancien Régime, fussent-ils aussi brillants que ceux de l'École du Génie, ne faisait d'eux que des serviteurs et il faudra attendre la Révolution et leur participation au pouvoir pour qu'ils aient la mainmise sur l'éducation et deviennent les maîtres prestigieux d'une génération qui, elle, révolutionnera les sciences physiques.

³⁹⁵ [PICON, 1992]

³⁹⁶ Il faut noter aussi la permanence des hommes, Monge bien sûr, mais aussi Hachette, Bossut...

5. SCIENCES PHYSIQUES A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE 1794-1830

A la différence de l'École royale du Génie de Mézières, nous n'allons pas, dans le cadre de cette étude, exposer en détail les circonstances de la création de l'École polytechnique et développer son histoire. En effet, institution française par excellence, voire monument national, l'École polytechnique a suscité et suscite encore de nombreux travaux très complets. Il s'agira pour nous d'utiliser ces travaux afin d'éclairer notre propos sur l'expérimentation et l'enseignement des sciences physiques. Nous mentionnerons toutefois assez souvent l'histoire de l'école qu'a rédigée Ambroise Fourcy en 1828, histoire que nous avons déjà citée, et qui est une référence obligée lorsque l'on s'intéresse à l'École polytechnique³⁹⁷.

5.1. Une création révolutionnaire et le rôle clé de Fourcroy

Si c'est à l'automne 1794 que fut créée l'École polytechnique sous le nom d'École centrale des travaux publics³⁹⁸, c'est l'année 1793, une année charnière à bien des égards, qui a conditionné cette création. Année charnière effectivement, car après une période plus que difficile pour le monde scientifique qui voit aussi bien la suppression de l'Académie des Sciences que la dispersion des savants en province³⁹⁹ quand ils ne sont pas purement et simplement exécutés⁴⁰⁰, la République a bien au contraire besoin de savants et d'ingénieurs dans le cadre de la défense nationale et de la réorganisation du pays. Originalité française, le pouvoir républicain place des citoyens-savants à des postes politiques⁴⁰¹, à moins que, conscients des enjeux, ces

³⁹⁷ [FOURCY, 1987].

³⁹⁸ Fourcy relie ce nom à la Commission des Travaux publics, créée par la Convention le 11 mars 1794, commission en charge de tous les travaux dont les fonds sont faits par le trésor public, ce qui englobe fortifications, ports, levée de plans etc. Cette commission devait s'occuper de l'établissement d'une école pour tous ceux :

qui voudront être employés à la direction de ces travaux.

³⁹⁹ Limogés de la Commission temporaire des Poids et Mesures, Coulomb se retire dans sa propriété de Blois et Laplace se réfugie à Melun. Voir [DHOMBRES, 1989] p. 16-28.

⁴⁰⁰ Evidemment Lavoisier, mais aussi Bailly et indirectement Condorcet.

⁴⁰¹ Gaspard Monge est ainsi ministre de la Marine du gouvernement Danton, une tâche difficile dans le contexte de crise que vécut la Marine pas tout à fait encore nationale.

savants entrent d'eux mêmes en politique, tel Monge. Et c'est dans ce cadre que Fourcroy⁴⁰², chimiste renommé et remarquable professeur mais aussi révolutionnaire reconnu qui, à la fin de cette année 1793, indique dans un rapport que l'enseignement scientifique sera la base du redressement de la Nation. De plus, au delà de la justification irréfutable de la place de l'enseignement scientifique, Fourcroy, dans un autre rapport, explique que cet enseignement se doit d'être nouveau quant à sa forme :

la pratique, la manipulation seront joints aux préceptes théoriques [...], peu lire, beaucoup voir et beaucoup faire, telle sera la base du nouvel enseignement.

Lorsque Fourcroy présente son rapport⁴⁰³ à la Convention le 24 septembre 1794, rapport qui deviendra la loi d'organisation de l'École centrale des travaux publics quatre jours après, il s'agit bien de former des ingénieurs, cinq types précisément, que sont les ingénieurs militaires⁴⁰⁴, les ingénieurs des ponts et chaussées, des ingénieurs géographes, des ingénieurs des mines et des ingénieurs constructeurs pour la marine. Fourcroy indique que l'enseignement aura deux parties principales, à savoir les mathématiques et la physique, puis après avoir justifié la place des mathématiques dans l'enseignement de l'École, il dit de même que la physique et chimie sont indispensables à tous les ingénieurs :

pour qu'ils puissent connaître exactement les propriétés des divers matériaux qu'ils emploient et profiter de toutes les ressources que la nature leur offre.

⁴⁰² Il est temps de donner quelques repères sur ce personnage clé à ce moment de l'histoire. Antoine-François de Fourcroy (1755-1809) est le fils de l'apothicaire du duc d'Orléans. Il fait ses études au collège d'Harcourt et grâce à la protection de Vicq d'Azyr, il obtient en 1780 son titre de docteur en médecine. Remarqué par le chimiste Jean-Baptiste Bucquet, professeur de chimie à la faculté de médecine de Paris, il succède en 1784 à Pierre Joseph Macquer comme lecteur de chimie au Jardin du roi. En 1787, il devient associé chimiste à l'Académie des sciences et fait partie des partisans et compagnons de Lavoisier avec Berthollet. Cette belle carrière de chimiste se double d'une carrière politique de premier plan car il est élu député suppléant de Paris en 1792 à la Convention nationale et remplace Marat en 1793. Membre du club des Jacobins, il est élu au Comité d'instruction publique. Pour une biographie plus complète voir Grison E. « Fourcroy », dans *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, avril 2000, 23.

⁴⁰³ Celui du 3 vendémiaire an III : AN, AD^{XVIII}A32, déjà cité.

⁴⁰⁴ Du Génie en fait.

Des sciences utiles donc, et Fourcroy poursuit sur la forme qu'il convient de donner à cet enseignement, car après avoir cité l'École du génie de Mézières⁴⁰⁵, il poursuit avec l'exemple de l'école des Mines de Schenitz⁴⁰⁶:

des laboratoires y sont ouverts et munis des ustensiles et des matériaux nécessaires pour que tous les élèves y répètent les expériences.

La suite du rapport confirme la volonté du Comité de Salut Public de créer un tel enseignement dans des salles dédiées, mais Fourcroy n'évoque alors que la possibilité d'accomplir:

les principales opérations de chimie

Il n'est pas fait mention de pratiques d'expériences de physique par les élèves, et concrètement, il n'y en aura jamais dans la période que nous étudions. Pourquoi une telle différence de traitement entre la physique et la chimie ? C'est à la fois dans l'étude des conditions d'enseignement et les hommes qui l'ont délivré qu'il nous faut chercher la réponse.

5.2. La physique expérimentale redevient générale et délaissée au profit de la chimie

Que la chimie soit un des enseignements phares de cette nouvelle école, rien de surprenant. Née avec des cours révolutionnaires promettant à la fois la « Mort aux tyrans » et la fabrication des salpêtres et des poudres, l'École polytechnique ne pouvait ignorer la chimie⁴⁰⁷. Il s'agissait après tout de former aussi des ingénieurs militaires. Mais pour la physique, on pouvait s'attendre à une entrée triomphale de la physique expérimentale à l'École polytechnique, après qu'elle eut été reconnue comme seule physique digne d'intérêt, loin des supputations et des

⁴⁰⁵ Nous avons déjà évoqué cette mention dans la partie 3.5.2. consacrée à l'École royale du Génie de Mézières.

⁴⁰⁶ Il s'agit de l'école des mines de Shemnitz, la ville de Banská Štiavnica aujourd'hui en Slovaquie. Cette école, fondée en 1735 par l'impératrice Marie Thérèse, dispensait un enseignement pratique de chimie. L'école perdura, Doppler y fut ainsi professeur en 1847. L'actuelle université de Miskolc est la descendante de cette école. Son historique détaillé est présent sur son site www.uni-miskolc.hu

⁴⁰⁷ Janis Langins a particulièrement bien montré cet esprit révolutionnaire qui présida à la création de l'École polytechnique. LANGINS J. *La République avait besoin de savants*, Paris : Belin, 1987.

systèmes chers aux pratiques enseignantes de l'Ancien Régime telles que les dénonçaient les Encyclopédistes. Associée aux mathématiques, en particulier à l'analyse, cœur de l'enseignement polytechnicien, ainsi qu'à des pratiques expérimentales pour les élèves, des pratiques pédagogiques liant l'expérimentation d'une part et la modélisation mathématique pouvaient être espérées. Il n'en fut rien.

5.2.1. Les horaires et les moyens de la physique et de la chimie

Dans l'organisation initiale de l'École polytechnique, l'organisation de l'enseignement de la physique se distingue de celui de la chimie. En effet, alors que cette dernière voit le contenu de son programme réparti sur les trois années de la formation⁴⁰⁸, le cours de physique générale, et non expérimentale, est répété chaque année, de sorte qu'un élève peut le suivre trois fois. Nous verrons dans le paragraphe suivant le contenu de ces cours, mais on peut déjà constater que les horaires pratiqués sont en faveur de la chimie. Il y aura peu de changement sur cette répartition de départ pour les années à venir. Certes le cours de physique est réparti sur les deux années de formation en 1801, mais lorsque l'on regarde les pourcentages des temps d'étude respectivement consacrés à la physique et à la chimie établis par Fourcy⁴⁰⁹ à partir du nombre de leçons de 1799 à 1827, la physique occupe sur chacune des deux années entre 5 à 8% du temps contre 11 à 20% pour la chimie. Ces temps sont à comparer à celui de l'analyse mathématique, entre 20 et 25% la première année, ainsi qu'à celui consacré à la mécanique, qui sera toujours légèrement au-dessus de la chimie. Clairement, dans le bloc scientifique, la physique générale est le parent pauvre de la distribution horaire.

Comme pour confirmer cet état de fait, il est surprenant de constater que le cabinet de physique n'est même pas mentionné dans l'arrêté du 26 novembre 1794 qui fixe l'organisation initiale de l'École centrale des Travaux publics. Pourtant, deux mois auparavant, Fourcy indique que dans le document imprimé par le Comité de salut public intitulé *Développements sur l'enseignement adopté pour l'École centrale des travaux publics*, un document qui faisait suite au

⁴⁰⁸ Il est prévu au départ trois années de formation. En fait, dès 1795, le nombre d'années passées à l'École dépend de la profession ultérieure de l'élève. Ainsi la troisième année d'étude est prévue pour les élèves du Génie et des Ponts et Chaussées. La scolarité à l'École polytechnique est finalement fixée à deux années en 1797.

⁴⁰⁹ [FOURCY, 1987].

rapport de Fourcroy⁴¹⁰, il était prévu un cabinet de physique, un laboratoire pour les préparations du cours de physique, un atelier pour la construction et l'entretien des machines, ainsi qu'un conservateur du cabinet, un aide de laboratoire et un artiste chargé des préparations de cours. Or en fait, s'il y a bien eu une collection d'instruments de physique⁴¹¹ et un artiste associé à l'instituteur⁴¹² de physique, il y eut bien un conservateur, mais pour le magasin de chimie, ainsi qu'un artiste à la fois pour les instruments de mathématiques et de physique et un artiste pour les instruments de verre.

Ces personnels techniques n'étaient pas les seuls à intervenir sur l'enseignement de la physique et de la chimie. Comme une sorte de tutorat avant la lettre, les élèves de l'École polytechnique, organisés en brigade, avaient pour chacune un chef de brigade⁴¹³ chargé de les aider lors des cours ou des opérations qu'ils avaient à mener dans les laboratoires, ainsi que des aides de laboratoires :

des jeunes gens qui trouvaient dans ce service des moyens d'instruction⁴¹⁴.

En 1796, les artistes des instituteurs de chimie sont dénommés « *instructeurs-chimistes* », et les aides de laboratoire, même s'ils travaillent aux préparations de chimie et de physique, travaillent sous la direction de ces instructeurs. L'artiste de physique générale, lui, n'est plus mentionné. Là encore, la physique est loin d'être à parité avec la chimie.

Mais quels sont ces instituteurs de physique et de chimie, et surtout quels contenus devaient-ils enseigner ? Au delà des intitulés des cours, nous allons montrer que l'on ne peut séparer le contenu de son enseignant.

⁴¹⁰ Document probablement en grande partie écrit par Monge selon Fourcy. Le texte est en annexe dans [LANGINS, 1987].

⁴¹¹ Barruel, l'instituteur adjoint de physique, fit le choix de 260 articles en dépôt dans l'hôtel d'Aiguillon, dépôt constitué de la collection assemblée par Charles, ainsi que d'instruments provenant du garde meuble de la couronne, de l'Académie des Sciences et de propriétés particulières.

⁴¹² C'est le terme employé pour le chargé du cours.

⁴¹³ Ils étaient choisis parmi les élèves ayant fini leurs années d'études. Et comme à l'ouverture de l'École polytechnique, ils ne pouvaient y avoir bien évidemment de tels élèves, on forma en six semaines avant l'ouverture les futurs chefs de brigade à partir d'élèves ayant eu les meilleures notes à l'examen d'admission.

⁴¹⁴ Ce ne sont donc pas des élèves. Ils sont placés sous la surveillance du Conservateur du magasin de chimie.

5.2.2. Chronologie des différents enseignants et intervenants en physique et en chimie

La mise en place de l'École polytechnique fut assez vite suivie de phases d'ajustement, parfois pour des raisons budgétaires, mais aussi en fonction des avis du Conseil de perfectionnement de l'École. De plus, l'organisation pédagogique originale de l'École polytechnique avec ses chefs de brigades, ses instructeurs, ses artistes etc. font qu'il n'est pas simple de déterminer qui faisait quoi et à quel moment. Nous allons essayer de dresser une chronologie des acteurs significatifs de l'enseignement de la physique et de la chimie en donnant quelques repères sur chacun d'entre eux, en particulier sur leur filiation scientifique pour arriver au poste qu'ils occupent.

A la création de l'École en 1794, l'instituteur de physique générale est Hassenfratz, sur lequel nous reviendrons plus loin, et l'instituteur adjoint est Barruel⁴¹⁵. Pour la chimie, dont le programme était prévu sur les trois années de formation, ce n'est ni plus ni moins que l'équipe de la *Méthode de Nomenclature chimique*, Lavoisier excepté, qui constitue le corps enseignant : Fourcroy pour la première année, Berthollet pour la deuxième et Guyton de Morveau⁴¹⁶ pour la

⁴¹⁵ Ancien élève des jésuites, Etienne Marie Barruel fut d'abord chargé de l'éducation des enfants du duc de Montmorin, le ministre des affaires étrangères de Louis XVI.

⁴¹⁶ La biographie de ces trois chimistes est bien connue. Rappelons néanmoins que Claude-Louis Berthollet est à l'origine docteur en médecine, et a suivi les cours de chimie de Pierre Joseph Macquer au Jardin des plantes, et de Jean-Baptiste-Michel Bucquet à la faculté de médecine de l'université de Paris, dont il prendra la suite à l'Académie des sciences en 1780. Il effectue des travaux de chimie sur «l'air fixe», le dioxyde de carbone, qu'il obtient en décomposant l'acide tartrique. C'est Lavoisier qui fera le rapport quand il présentera son mémoire à l'Académie. Ses travaux personnels le décident à abandonner la théorie du phlogistique pour suivre celle de Lavoisier. Louis-Bernard Guyton de Morveau, lui, est un notable dijonnais, élu en 1764 à l'Académie de Dijon, une académie provinciale néanmoins renommée. Autodidacte en chimie, il a son propre laboratoire et fait autorité dans ce domaine. Il participe ainsi au *Supplément de l'Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert, à l'*Encyclopédie Méthodique* de Charles-Joseph Panckoucke. Il propose une première forme de classification chimique des éléments en 1782 et il réalise à Dijon en 1784 deux expériences aérostatiques. Lavoisier et son équipe avaient tenu à associer Guyton à leur recherche afin qu'il l'appuie de sa notoriété. Il finit lui aussi par abandonner la théorie du phlogistique, et devant la résistance du *Journal de Physique* à cette nouvelle chimie, il fonde les *Annales de Chimie* en 1789. On pourra consulter à son sujet BRET P. «Du laboratoire de l'Académie de Dijon à celui de l'École polytechnique, trente-six ans d'expérience d'enseignement de la chimie», *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École Polytechnique*, n°60, janvier 2017.

troisième. Leurs instituteurs-adjoints respectifs sont Vauquelin⁴¹⁷, Chaptal⁴¹⁸ et Pelletier⁴¹⁹.

En 1797, des contraintes budgétaires font que les postes de Barruel, de Vauquelin et de Chaptal sont supprimés. Et il n'y a bientôt plus d'instituteur-adjoint en chimie car Pelletier meurt cette même année, suite aux vapeurs métalliques ingérées lors de ses travaux. La nouvelle organisation de décembre 1799 confirmera cette répartition des postes d'instituteurs : un en physique pour trois en chimie⁴²⁰.

A partir de 1798, les élèves de l'École polytechnique voient apparaître des interlocuteurs supplémentaires pour l'étude des sciences. Il est en effet décidé de créer des répétiteurs :

chargés de diriger les répétitions qui avaient lieu, le soir des jours de leçon, devant les chefs de brigade, dans les salles d'études.

Prévu au départ pour l'analyse, il n'y en a pas en physique. Mais on crée également cette fonction avec deux postes d'aide-préparateur en chimie qui deviennent ensuite des répétiteurs. Ils vont être occupés par Thénard⁴²¹ et Desormes⁴²² jusqu'en 1804. Ils sont remplacés par Gay-Lussac⁴²³ et Drappier⁴²⁴.

Fin 1805, Berthollet, propose qu'il soit mis fin à son cours de chimie, se démet de sa fonction d'instituteur et recommande Gay-Lussac. Et en 1809, Gay-Lussac, qui avait déjà le titre

⁴¹⁷ Nicolas Louis Vauquelin est arrivé à la chimie en tant qu'assistant d'un pharmacien, puis il a rejoint le laboratoire de Fourcroy en 1783 dont il devient le principal collaborateur.

⁴¹⁸ Jean Antoine Chaptal a étudié la médecine à Montpellier puis la chimie à Paris. Il s'est intéressé aux applications de la chimie dans l'industrie en créant par exemple une fabrique de produits chimiques. En 1793, il dirige à Paris la fabrique de poudre de Grenelle.

⁴¹⁹ Bertrand Pelletier, après des études de pharmacie, est le préparateur de chimie de Jean d'Arcet au Collège de France.

⁴²⁰ Et huit en mathématiques...

⁴²¹ Louis Jacques Thenard a été l'agent de laboratoire de Vauquelin. Nous le retrouverons dans la partie consacrée au Collège de France où il succède à ce même Vauquelin en 1804.

⁴²² Charles Bernard Desormes est un élève de la première promotion de l'École polytechnique. Il quitte son poste en 1804 pour se consacrer à l'industrie.

⁴²³ Louis Joseph Gay-Lussac est un élève de la promotion 1797 de l'École polytechnique, remarqué par Berthollet.. Il a poursuivi avec l'école des Ponts et Chaussées.

⁴²⁴ Jean Jacques Drappier est un élève de la deuxième promotion de l'École polytechnique. Il est sorti dans le corps des Mines.

honorifique de « professeur de chimie pratique », devient instituteur de chimie en remplacement de Fourcroy, à la mort de celui-ci et occupera ce poste jusqu'en 1840. Drappier démissionne peu après de son poste de répétiteur pour se consacrer, comme l'avait fait Desormes, à une entreprise de chimie. Colin et Cluzel, sur lesquels nous avons peu d'éléments, hormis qu'ils ne sont pas d'anciens élèves de l'École polytechnique⁴²⁵, deviennent les nouveaux répétiteurs de chimie en 1810. Cette même année, on crée un poste de répétiteur en physique, confié à Alexis Petit⁴²⁶.

Après Fourcroy et Berthollet, c'est le dernier membre de l'équipe de Lavoisier qui quitte son poste d'instituteur de chimie en 1811. Guyton de Morveau, affaibli par l'âge, est remplacé par Thénard, qui occupera ce poste jusqu'en 1836. Cluzel, l'un des deux répétiteurs de chimie, décède en 1813. Il est remplacé par Robiquet⁴²⁷.

En 1814, Hassenfratz demande à devenir professeur émérite et que ce soit Petit qui le remplace. Il aura régné sur le cours de physique de l'École polytechnique pendant les vingt premières années de l'école sans discontinuer. C'est Lehot⁴²⁸ qui remplace Petit comme répétiteur de physique en 1816, Colin et Robiquet sont toujours les deux répétiteurs de chimie. Ils démissionnent de leurs postes en 1818, et sont remplacés par Despretz⁴²⁹ et Gaultier de Claudry⁴³⁰. Cette même année, Lehot remplace Petit, malade, pour les cours de physique, et à son décès en 1820, c'est Dulong⁴³¹ qui devient le professeur de physique de l'École polytechnique. Il le restera jusqu'en 1830. Nous terminerons cette chronologie en indiquant que Dumas⁴³² devient répétiteur de chimie à la place de Gaultier de Claudry en 1824, et remplacera Thénard en 1836.

⁴²⁵ Fourcroy a dressé la liste alphabétique de tous les élèves de l'école, de 1794 à 1827. Une liste actualisée va jusqu'à aujourd'hui.

⁴²⁶ Entré major de la promotion de 1807 de l'École polytechnique, il est tout d'abord adjoint aux répétiteurs d'analyse en 1809, tout en aidant le professeur de physique.

⁴²⁷ Pierre Jean Robiquet est un ancien élève de l'école centrale de Rennes. Il a travaillé avec Vauquelin et a fondé, lui aussi, une fabrique de produits chimiques.

⁴²⁸ Charles Jean Lehot est un élève de la promotion 1796 de l'École polytechnique, chef de brigade et sorti aux Ponts et Chaussées.

⁴²⁹ César Despretz a suivi les cours de Gay-Lussac. Il est également professeur de physique au collège royal Henri IV.

⁴³⁰ Henri Francis Gaultier de Claudry est un médecin qui s'est lui aussi tourné vers la chimie.

⁴³¹ Pierre Louis Dulong est un élève de la promotion 1801 de l'École polytechnique qui a dû abandonner l'école pour raisons de santé. Comme Gay-Lussac, il a été remarqué par Berthollet.

⁴³² Jean-Baptiste Dumas est venu à la chimie par l'apprentissage de la pharmacie.

Même si les acteurs sont nombreux, on ne peut néanmoins que constater la grande stabilité des différents enseignants et répétiteurs de physique et de chimie. Cette stabilité s'est elle retrouvée dans leurs programmes d'enseignements ? Nous allons montrer dans les paragraphes suivants que cela fut profitable à l'enseignement de la chimie des débuts, mais désastreux pour celui de la physique. Et cela tient aussi à la qualité des enseignants et aux objectifs de leur enseignement.

5.2.3. La meilleure chimie du moment ou presque...

Dans les *Développements sur l'enseignement adopté pour l'École centrale des travaux publics*, le rapporteur avait indiqué très précisément le cadre de l'enseignement de la chimie à l'école, science dont le statut venait de changer. En effet, à la suite des travaux de Lavoisier, la chimie n'était plus une bifurcation de la médecine, même si de nombreux acteurs de ses derniers progrès avaient une formation initiale de médecin ou de pharmacien, mais une science nouvelle, avec une nomenclature précise, un matériel dédié et surtout l'utilisation de la mesure :

Les élèves de l'École centrale des Travaux publics, accoutumés à la précision des constructions géométriques et à la généralité des calculs de l'analyse, porteront de l'exactitude dans les opérations de chimie; ils seront attentifs à tout peser et à tout mesurer, à rechercher le nombre dans toutes les combinaisons; et si les résultats multipliés sont demandés avec intérêt et recueillis avec soin par les instituteurs principaux, l'École elle-même deviendra un atelier de découvertes, et fera faire à la science des progrès qu'il serait difficile d'espérer de tout autre établissement.

Un peu plus loin dans les *Développements*, il est indiqué la raison de la dénomination de la chimie appelée « physique particulière » : la chimie est la connaissance des propriétés individuelles des substances, et comment elles se comportent ensuite entre elles. Par contre :

tout ce qui est susceptible de généralité dans la chimie, tel que les lois des attractions chimiques, des compositions générales qui en résultent

relève de la physique dite générale. L'ensemble constitue les connaissances physiques, et associées aux connaissances mathématiques, elles constituent le bloc scientifique de l'enseignement de l'École polytechnique.

C'est donc un projet extrêmement ambitieux pour l'enseignement de la chimie : non seulement il s'agit de s'inscrire dans la droite ligne des travaux de la science du moment, mais en plus de contribuer à l'avancée de celle-ci. Et ce sont les pères fondateurs de cette toute nouvelle chimie qui sont chargés de l'enseignement, enseignement qui fait consensus car justifié professionnellement. Que pouvait-on demander de mieux ?

Sans donner le détail complet du programme de chimie⁴³³, ce qui sortirait du cadre de notre étude, nous pouvons donner quelques repères sur celui-ci. Il est initialement partagé en trois parties, correspondant chacune à une année d'étude : les substances salines, les acides pour la première année, les matières organiques, végétales ou animales la deuxième et enfin les minéraux pour la troisième année. Il devait être fait constamment référence aux applications industrielles de la chimie. En 1798, la réorganisation en deux années de la scolarité implique une redistribution de l'enseignement de la chimie. La première année consiste en un cours élémentaire de chimie donné par Fourcroy, et la deuxième comprend un cours de chimie appliquée aux arts donné par Guyton de Morveau et un cours de manipulations donné par Chaptal. La chimie théorique et la chimie appliquée se retrouvent de fait séparées, contrairement aux intentions initiales, la théorie devant précéder la pratique. Cela dit, le contenu de l'enseignement reste sensiblement le même⁴³⁴. On remarquera toutefois que Berthollet n'est plus cité dans le programme d'enseignement. En fait, Berthollet, chargé de la partie sur la chimie animale du cours de deuxième année, fut remplacé dès 1796 par Chaptal, lui-même par Chaussier⁴³⁵, Berthollet fait ensuite partie de l'expédition d'Égypte, et à son retour, son cours devient un cours non obligatoire pour les élèves, cours qui cessera en 1805.

C'est un corpus de connaissances solides qui transparaît à travers les textes, y compris pour la partie pratique de cet enseignement. On dispose en effet de quelques exemples concrets d'expériences à mener par les élèves⁴³⁶ comme préparer de l'alumine pure en la séparant du

⁴³³ Pour un compte rendu très précis des cours, on pourra consulter [LANGINS, 1987] p. 53-62.

⁴³⁴ Le contenu des cours est particulièrement bien détaillé dans le texte solidement documenté grâce aux archives de l'École polytechnique d'Hélène Tron : TRON H. « L'enseignement de la chimie à l'École polytechnique 1794-1805: Les années fastes », *Bulletin de la Sabix*, 15, 1996.

⁴³⁵ Issu de la médecine, François Chaussier est professeur à l'école de santé de Paris avant d'être chargé de l'infirmerie de l'École polytechnique et d'y donner un cours de salubrité.

⁴³⁶ Archives de l'École polytechnique, VII.2 Carton 2 « Expériences à faire dans les neuf laboratoires de l'École polytechnique », 12 nivôse an V.

sulfate d'alumine par l'action de l'ammoniaque, ou encore séparer les constituants d'un mélange spécialement préparé par les responsables des expériences, bref, de véritables compétences expérimentales. Mais dans quelles conditions et comment les élèves ont-ils vécu cet enseignement ?

En réalité, la première promotion des élèves n'a pu accéder aux laboratoires que plusieurs mois après le début des cours. Les locaux choisis initialement au palais Bourbon n'étaient pas adaptés, et au delà de l'installation proprement dite des laboratoires, leur approvisionnement posa problème. Il faut signaler à ce sujet l'énorme travail accompli par Carny⁴³⁷, qui veilla à l'installation des laboratoires, fit récupérer du matériel, entre autres dans la collection de Lavoisier et approvisionna les laboratoires en matières d'œuvres indispensables telles que du salpêtre. Pour autant, il faut bien comprendre que l'École polytechnique mettait en place à la fois des laboratoires pour les élèves, on pourrait parler de salles de travaux pratiques pour donner un équivalent actuel, et des laboratoires pour les instituteurs de chimie. S'il y eut quelques retards pour les premiers, les seconds fonctionnent de façon plus que satisfaisante dès janvier 1795 puisque le premier cahier du *Journal Polytechnique* relate l'expérience réussie de la congélation du mercure⁴³⁸. Les laboratoires de l'École polytechnique étaient pour l'époque ce qu'il y avait de mieux à Paris ce qui n'empêche pas des restrictions budgétaires dès 1796 et la limitation du temps des élèves dans les salles de travaux pratiques en 1797 car cela reste un enseignement coûteux.

Curieusement, c'est au niveau des élèves que l'on sent un certain flottement concernant cet enseignement. Alors que l'organisation des séances était remarquable⁴³⁹, un certain nombre d'élèves ne venaient pas aux séances de manipulation. Il faut d'ailleurs avoir une vision réaliste de l'élève de l'École polytechnique en ces temps. Tous n'étaient pas animés d'une ferveur révolutionnaire autant que scolaire et le journal de Gardeur-Lebrun, le sous-directeur chargé de la

⁴³⁷ Jean Antoine Carny, chimiste, est commissaire général des poudres et salpêtres. Il est également professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.

⁴³⁸ Métal liquide à température ordinaire, le mercure se solidifie à -39°C . Cela dit, cette expérience est plutôt du domaine de la physique, elle fut d'ailleurs menée conjointement par Berthollet et Hassenfratz avec Welter et Bonjour, deux des trois artistes de chimie, mais aussi avec Hachette, l'instituteur-adjoint de Monge en stéréotomie.

⁴³⁹ Les instructeurs chimistes déposaient la veille la liste du matériel nécessaire aux expériences, matériel que les élèves trouvaient en place le lendemain. Ils devaient rédiger un compte-rendu d'expérience. On ne pratique pas différemment aujourd'hui.

police des élèves, fait état de l'absentéisme de certains et des difficultés des professeurs à se faire entendre : on bavarde, on part avant la fin des cours. Plus tard, des témoignages peut être un peu exagérés mais certainement basés sur des réalités confirmeront un certain déclin de cet enseignement. On cite souvent les mémoires de Jean-Louis Rieu, élève de la promotion 1806 où, concernant Fourcroy, on peut lire :

Nous eûmes deux leçons d'apparat du fameux Fourcroy ; je n'ai jamais entendu dire moins de choses en mots plus pompeux .

Concernant Guyton de Morveau, un autre élève témoigne en 1807:

Pour la minéralogie, Guyton de Morveau, homme déjà âgé, célèbre par son concours à un procédé expéditif pour la fabrication de la poudre à canon [...]. Son cours n'était pas de nature à ajouter à cette célébrité ; ce n'était guère qu'une nomenclature aride de petits cristaux qu'il nommait d'une voix faible et à peine perceptible, et qu'il était censé montrer à un auditoire trop éloigné pour en démêler même la couleur .

Mais il y a aussi des témoignages d'élèves qui, au contraire, passent trop de temps dans les laboratoires, même une fois l'attrait de la nouveauté passé. En fait, il n'était sans doute pas évident, en deux ans seulement, de faire passer des élèves novices en chimie au niveau d'un chercheur. Sans doute manquait-il un enseignement de base qui avait pourtant été prévu dans les écoles centrales, y compris même sur le plan pédagogique comme nous l'avons montré, mais cet enseignement n'a pas eu le temps de donner des résultats significatifs au vu de la courte durée de l'existence de ces écoles. Le déclin de la chimie à l'École polytechnique qu'a montré Janis Langins⁴⁴⁰ est peut être aussi à chercher dans ce manque de formation initiale des élèves. D'ailleurs le conseil d'instruction de l'école, en 1806, proposait d'ajouter aux connaissances exigées des candidats des bases de physique et de chimie, afin de ranimer cet enseignement, grand oublié du lycée napoléonien. Le conseil de perfectionnement de l'école s'y opposa, au vu de l'état de cet enseignement dans certains établissements, et parce que cela aurait pu même avoir des conséquences fâcheuses sur les connaissances initiales des élèves. Ainsi, l'enseignement supérieur pouvait être déjà le moteur de l'enseignement secondaire.

⁴⁴⁰ LANGINS J. "The decline of chemistry at the École polytechnique (1794-1805)", *Ambix*. 28, 1981, p.1-19.

Il n'en reste pas moins que les conditions de l'expérimentation dans l'enseignement de la chimie à l'École polytechnique étaient à la fois novatrices et exceptionnelles, et ont sans doute contribué à ce que nombre d'intervenants soient partis ensuite créer des industries chimiques⁴⁴¹ avec quelques succès. L'École polytechnique, à défaut d'avoir bien mérité de la Patrie, a bien formé des ingénieurs. Pourquoi n'en fut-il pas autant en physique, et pourquoi de la physique à nouveau « générale » ?

5.2.4. La physique : un problème de champ d'étude, d'objectifs... et de personne

C'est en consultant les *Développements sur l'enseignement adopté pour l'École centrale des travaux publics* que l'on comprend quelles conceptions ont prévalu pour l'enseignement de la physique. Le rédacteur de ce texte a organisé l'enseignement des sciences physiques de manière analogue à sa conception des connaissances mathématiques :

De même que les connaissances mathématiques, les unes ne supposent qu'un petit nombre de principes généraux dont elles se déduisent toutes par le seul raisonnement aidé des secours de l'analyse, tandis que les autres ne s'acquièrent que par l'usage habituel de la règle et du compas et par l'exercice du dessin ; de même, parmi les connaissances physiques, les unes sont susceptibles d'une grande généralité ; elles ne supposent qu'un petit nombre d'expériences fondamentales, et elles sont de nature à être transmises, développées et généralisées par le discours ; les autres tenant aux propriétés individuelles des différences substances de la nature, exigent de la part des élèves une pratique suivie, et ne s'acquièrent que par la fréquentation des laboratoires et des ateliers.

Un peu plus loin, définissant le rôle du professeur, il précise :

il ne perdra jamais de vue que son objet est de transmettre des connaissances positives, fondées sur des faits bien observés, et que le but principal des théories doit être d'ordonner les faits de manière à en faire connaître un plus grand nombre, et à les faire retenir avec plus de facilités.

Ce sont pratiquement mot pour mot les termes des encyclopédistes :

⁴⁴¹ Ce qui montre aussi peut-être un certain désintérêt de la chose industrielle à l'école, se repliant plus sur la théorie.

Tel est le plan que nous devons suivre dans cette vaste partie de la Physique, appelée Physique générale & expérimentale. Elle diffère des Sciences Physico-Mathématiques, en ce qu'elle n'est proprement qu'un recueil raisonné d'expériences & d'observations ; au lieu que celles-ci, par l'application des calculs mathématiques à l'expérience, déduisent quelquefois d'une seule & unique observation un grand nombre de conséquences qui tiennent de bien près par leur certitude aux vérités géométriques du dit phénomène⁴⁴²

Et cette pratique encyclopédiste se retrouve dans le tableau⁴⁴³ du cours de physique générale conçu par Hassenfratz et Monge en 1788, où Hassenfratz rappelle « les beaux tableaux » que Monge faisait à Mézières :

La physique générale a pour objet la connaissance des propriétés dont jouissent tous les corps. Le tableau ci-joint représente toutes ses divisions et le nombre de leçons que chacune d'elles exigera :

		Nombre de leçons.	
La Physique générale a pour objet les propriétés... dont jouissent tous les corps... des corps qui exercent une action sur tous les autres corps...	dans lequel ils se trouvent... en raison de leur état de...	tous de la même manière, telles que... d'une manière variable... solidité sous lequel ils peuvent être... liquidité considérée par rapport... gazéité ; ils ont...	
	de la nature, telles que...	étendue... 1. impénétrabilité... 1. mobilité... 2. inertie... 1. la gravité... { générale... 1. particulière ou pesanteur... 1. porosité... 1. l'élasticité... 1. les affinités... 3. cristallisables... } cristallographie... 1. non cristallisables... à l'équilibre... } hydrostatique... 1. au mouvement... } hydrodynamique... ou leur manière de mouiller les corps... } capillarologie... une compressibilité plus grande... } 1. une élasticité plus parfaite... } le... } calorique... 3. la lumière divisée en { photométrie... 1. } catoptrique... 1. } dioptrique... 1. } chromatique... 2. } optique... 1. l'atmosphère qui donne naissance aux phénomènes. { la météorologie... 1. } l'hygrométrie... 1. } des vents... 1. } du son... 1. les résultats... { de l'électricité... 3. } du magnétisme... 1. } du galvanisme... 1.	
	du globe terrestre, telles que...	de la nature, telles que...	de la nature, telles que...
			TOTAL... 30.

Nota. Ce tableau a été fait en commun par Monge et moi en 1788. Il a été imprimé en 1790 dans la partie physique d'un journal gratuit des sciences et des arts. Tous ceux qui ont suivi les cours de physique que Monge faisait à Mézières, connaissent les beaux tableaux dans lesquels il présentait l'ensemble de cette science.

⁴⁴² [D'ALEMBERT, 2000].

⁴⁴³ Il parut dans le Journal de l'École Polytechnique en 1799. Il est également dans [LANGINS, 1987] p.124-125.

Nous retrouvons donc l'héritage de l'École royale du Génie de Mézières et une des conséquences de cet héritage est que la physique enseignée à l'École centrale des travaux publics ne sera pas une physique mathématique.

Ce n'était de toutes manières pas possible à ce moment pour plusieurs raisons. D'abord, nous avons déjà évoqué le rôle fondamental de la Société d'Arcueil pour justement mathématiser la physique, ensuite les parties déjà mathématisées de la physique comme la mécanique sont étudiées dans le cours d'analyse appliqué à la mécanique de Prony⁴⁴⁴ et non dans celui de physique, et enfin le professeur lui-même ne peut être le moteur de cette mathématisation.

En effet, autant les instituteurs de chimie sont les principaux acteurs de la révolution chimique, autant Hassenfratz n'est pas l'équivalent de Laplace ou de Lagrange. Emmanuel Grison⁴⁴⁵ a dressé un portrait tout à fait étonnant de Jean-Henri Hassenfratz, parfois accusé un peu rapidement de tous les maux concernant l'enseignement de la physique à l'École polytechnique. Le parcours d'Hassenfratz est assez surprenant : autodidacte, il est successivement charpentier, puis devient géographe grâce sans doute à son art du trait, la protection du marquis de Serent l'introduit comme géographe militaire auprès d'un régiment ce qui lui donne l'occasion de suivre les cours de Monge au Louvre. Il en naît une amitié suivie entre Hassenfratz et Monge, ce qui le fera entrer dans le cercle de Lavoisier. Il devient par la suite sous-inspecteur des Mines⁴⁴⁶, mais rate l'élection à l'Académie des Sciences en 1786. Et c'est surtout une carrière politique à la Révolution qui va l'occuper le plus. Et finalement, dans son parcours académique, s'il fait partie des seconds rôles de la révolution chimique, Hassenfratz n'a pas approché la mathématisation de la physique, ni par sa formation, ni par ses collaborations. Il n'a pas eu l'occasion d'apprendre le calcul différentiel, ses connaissances mathématiques sont sans doute de l'ordre du calcul élémentaire, peut-être algébrique et surtout de la géométrie. Il eut fait sans doute un très honorable instituteur de chimie. Mais il est désigné comme instituteur de physique. Pourquoi lui ?

A l'époque de la création de l'École centrale des travaux publics, Hassenfratz est dans une passe difficile suite à sa vie politique qui a dû lui faire abandonner tout espoir d'un grand poste

⁴⁴⁴ Gaspard de Prony est à l'origine ingénieur des Ponts et Chaussées avant la Révolution. Il semble d'ailleurs, selon le journal de Gardeur-Lebrun, que le calcul différentiel nécessaire au cours avait fait fuir quelques élèves de celui-ci .

⁴⁴⁵ GRISON E. *L'étonnant parcours du républicain J.H. Hassenfratz (1755-1827)*, Paris : Les Presses de l'École des Mines, 1996.

⁴⁴⁶ En tant qu'élève des Mines, il visite entre autres l'école des mines de Shemnitz.

prestigieux. C'est un ami fidèle de Monge, l'organisateur de l'école, et pour Monge il faut sans doute trouver un poste dans cet établissement à cet ami jacobin peut-être un peu encombrant, car professeur est la seule fonction qu'il pourra occuper. Hassenfratz a l'avantage d'avoir déjà enseigné à l'École de Mars⁴⁴⁷, les postes d'instructeur en chimie sont déjà pris et par les plus grands chimistes possibles, alors, de même qu'Hassenfratz avait postulé à une place d'associé libre en physique générale à l'Académie, il devient l'instituteur de physique générale de l'École polytechnique.

Hassenfratz avait conclu son cours à l'École de Mars par des expériences d'électricité. À l'École polytechnique, il a utilisé les quelques instruments dont il disposait au sein du cabinet de physique et a même un certain succès dans ses pratiques, qui sont reconnues lors de ses premiers cours. Mais assez vite, ces cours vont atteindre leurs limites. Tout d'abord, Hassenfratz reste pendant vingt ans quasiment le seul professeur de physique de l'école, alors qu'il y a un renouvellement partiel en chimie dès 1804 avec l'arrivée de Gay-Lussac. Il n'est pas de la Société d'Arcueil, il n'a pas de collègue avec qui échanger sur sa pratique, et celle-ci ne va pas évoluer. Le programme du cours va rester quasiment inchangé pendant ces vingt années avec en plus une diminution constante du nombre de leçons. Ensuite, cela tient surtout sans doute à sa personnalité. Lavoisier avait déjà reproché à Hassenfratz sa tendance à se disperser dans ses travaux, c'est un esprit encyclopédiste, passionné par de nombreux sujets. On dispose de la sténographie de quelques leçons d'Hassenfratz⁴⁴⁸, et de quelques témoignages concernant celles-ci: d'après la formulation utilisée, Hassenfratz a sans doute bien présenté des expériences mais elle ne font que s'insérer dans un discours et ne servent pas à la constitution d'un cours construit de physique car les connaissances ne sont pas ordonnées mais plutôt empilées et il n'y a pas de fil conducteur, qu'il soit mathématique ou historique par exemple. La tendance naturelle d'Hassenfratz à papillonner lui fait raconter longuement des anecdotes ayant peu de rapports avec le sujet, son niveau en mathématique est insuffisant et tout ceci fait que le cours de physique paraît bien peu sérieux aux élèves, plutôt avides de constructions mathématiques solides. Hassenfratz montrait pourtant un intérêt constant à l'étude des machines, il organisait d'ailleurs les sorties prévues par le programme de l'école dans des manufactures. Mais justement, peut-être que cela ne correspondait pas à l'esprit des élèves, car il y a bien eu un développement du goût

⁴⁴⁷ Il était en charge du cours d'administration militaire dans cette école chargée de former les futurs cadres civils et militaires de la République. Elle fonctionnera de juin à octobre 1794. [GRISON, 1996]

⁴⁴⁸ AEP , III.3.b Carton 1. Une partie des leçons a même été publiée comme nous l'évoquerons plus loin.

pour l'abstrait par ceux-ci et le corps professoral que Fourcroy avait constaté. L'École polytechnique n'était pas et ne sera pas ni l'École des Arts et Métiers ni l'École Centrale. Hassenfratz n'était pas à la bonne place, ni à la bonne école mais les jugements sévères à son égard et le terme « physique générale » de son cours ne doivent pas induire en erreur : ce n'est pas une vieille physique des systèmes totalement dépassée, mais une physique basée, quand cela est possible, sur des expériences qui doivent amener à des faits généraux. Mais au vu de l'état de la physique, des progrès significatifs supposaient une connaissance préalable du calcul différentiel qui était déjà un objet d'étude en soi. Le statut de l'expérience en physique évolue aussi, elle n'est plus le point de départ de l'établissement d'une découverte qui peut être généralisée, elle est aussi la vérification d'un modèle théorique et Hassenfratz n'a pas pu suivre une démarche analogue à celle de Fourier⁴⁴⁹.

Ces constatations expliquent également l'absence de travaux pratiques en physique. Dans le modèle de l'École polytechnique, ils n'avaient pas de raison d'être. Certes il y avait du matériel dans le cabinet de physique, mais c'était du matériel unique soit pour des expériences proches de la physique amusante⁴⁵⁰ soit pour de la recherche demandant une mise en œuvre trop compliquée pour les élèves.

Évoquons à nouveau les expériences de Lavoisier et Laplace sur la chaleur spécifique. Il se trouve que l'on dispose d'une trace des leçons d'Hassenfratz à l'École polytechnique car paraissent en 1805 les *Leçons de physique de l'École polytechnique* sous la plume d'un certain J.B. Pujoulx⁴⁵¹. Sur ce sujet particulier, et si cela correspond bien à l'exposé d'Hassenfratz, on comprend les reproches que l'on a pu faire aux leçons d'Hassenfratz. En effet, Hassenfratz décrit les expériences de Lavoisier et Laplace, les mesures, le calorimètre, ce qu'il fait de manière assez précise, et il donne des résultats, sauf que tentant d'aller plus loin que Haüy en posant des calculs, il ne donne pas l'expression de la chaleur spécifique mais celle de ce qu'il nomme

l'excès de température des deux corps

⁴⁴⁹ Sur l'émergence de la physique mathématique, voir DHOMBRES J., ROBERT J.B. *Fourier, créateur de la physique mathématique*, Paris : Belin, 1998.

⁴⁵⁰ C'est ce qui ressort de la description faite par Gardeur-Lebrun dans son journal des premier cours d'Hassenfratz.

⁴⁵¹ Pujoulx, qui s'intitulait « homme de lettres », est une relation d'Hassenfratz qui a rédigé pour lui les leçons orales qu'Hassenfratz donnait à Polytechnique. Cela lui valu de sévères remontrances de la part du gouverneur de l'école, ce qui montre bien en quel estime on le considérait. Voir à ce sujet [GRISON, 1996].

De plus, ce n'est vraiment pas de chance car l'intention d'Hassenfratz dans cette leçon, intitulée « Des pyromètres », était de présenter les effets de la chaleur en termes de dilatation des métaux et d'application à la construction des thermomètres et des pyromètres. Or ce sont des savoirs du domaine de la métrologie qui sont finalement tout à fait utiles à de futurs ingénieurs. Sauf que les expériences de Lavoisier et Laplace arrivent dans cet exposé de manière maladroite avec une formule qui n'est pas à sa place. Cela ne devait guère plaire à ses élèves qui pouvaient effectivement trouver cette leçon bien confuse. Et comme nous l'avons déjà mentionné, les expériences de Lavoisier et Laplace demandaient beaucoup trop de temps pour être présentées comme expérience lors de la leçon et présentaient peu d'intérêt en termes de travaux pratiques.

Cette notion d'intérêt des travaux pratiques est fondamentale. On sait aussi par exemple que l'École polytechnique disposait d'une reproduction de la machine de Coulomb pour mesurer le frottement. Mais que faire comme travaux pratiques avec un tel outil ? La mise en place de travaux pratiques en physique suppose un matériel adapté, car le matériel du chercheur ne peut être celui de l'élève et une réflexion sur le but de ceux-ci. Or là encore, que pouvait-on faire en travaux pratiques de physique avec les élèves ? L'optique et l'électricité sont en pleine construction théorique, demandant en plus des sources lumineuses utilisables par les élèves, ce que la technologie du moment ne permettait pas aisément. Il y aurait bien eu la mécanique, mais elle n'était pas enseignée en physique. Et à la différence de la chimie, quel savoir-faire utile à un ingénieur ces travaux pratiques auraient-ils amenés ? Probablement aucun.

Enfin, il faut replacer l'École polytechnique dans un contexte plus vaste. Comme l'a indiqué Bruno Belhoste à propos du cours sur les machines⁴⁵²

L'École du premier XIX^e siècle demeure une institution des Lumières. Gaspard Monge aurait voulu qu'elle forme des "artistes", des inventeurs, des ingénieurs et des manufacturiers, comme les décrivait l'Encyclopédie. Elle a formé plutôt des ingénieurs pour les services publics, des hommes d'administration, des technocrates en somme. L'étude des machines n'était pour eux qu'accessoire. L'École, en revanche, a négligé la Révolution industrielle qui commençait alors. Elle n'a guère formé des industriels et des ingénieurs pour les usines. C'est un peu de ce désintérêt pour l'industrie moderne que reflète l'archaïsme du cours des machines. On pourra s'en désoler, on pourra aussi en apprécier le charme et regretter un bref instant l'époque où les techniques industrielles étaient encore seulement des arts et métiers.

⁴⁵² BELHOSTE, B. « Éditorial » in DUPONT, J.Y. *Le cours de Machines de l'École polytechnique, de sa création jusqu'en 1850*, *Bulletin de la SABIX*, n°25, octobre 2000.

Ces éléments s'appliquent également pour partie à l'enseignement de physique et à la place de l'expérience. Nous reviendrons plus loin sur la définition des disciplines académiques d'enseignement que nous avons laissées en plein remaniement depuis l'Encyclopédie.

6. UNE SPECIFICITE FRANÇAISE PAR RAPPORT A L'ALLEMAGNE ET L'ANGLETERRE ?

La dualité université et grandes écoles est une spécificité française, toujours d'actualité. Nous avons montré les liens étroits entre l'enseignement de la physique et de la chimie, expérimental ou non, et dans quelles proportions, avec la formation des ingénieurs. Quel état des lieux peut-on faire pour d'autres pôles européens de formation ? Nous limiterons notre présentation à l'Allemagne et l'Angleterre, même si nous évoquerons brièvement la Hollande, en raisons des sources disponibles et en montrant surtout les connections et la filiation entre les différents pays. Au delà, ce sont encore des domaines de recherche pour l'histoire des sciences, en particulier sur l'histoire de l'éducation scientifique en Allemagne, même s'il y a des études récentes à ce sujet.

6.1. Physique expérimentale dans l'Allemagne des Lumières

L'Allemagne, ou plutôt les Etats allemands devrait-on dire⁴⁵³, présente une situation intéressante. C'est d'abord le pays d'Otto von Guericke, le maire de Magdebourg⁴⁵⁴, qui, un siècle avant notre étude, a initié les expériences spectaculaires comme celle des hémisphères de

⁴⁵³ La guerre de Trente Ans a été fatale au Saint-Empire romain germanique. Premier grand conflit européen, par ses conséquences directes et indirectes, elle a pratiquement fait disparaître la moitié de la population de l'empire. Cet affaiblissement de la notion même de pouvoir impérial a permis l'émergence d'Etats nationaux souvent rivaux comme la Saxe, la Bavière, mais surtout la Prusse et l'Autriche dont la guerre de succession a vu la participation de la France comme nous l'avons évoqué avec Maurice de Saxe.

⁴⁵⁴ A l'époque rattaché au Brandebourg, dirigé par l'électeur Frédéric Guillaume I^{er}.

Magdebourg⁴⁵⁵ à la suite de la mise au point de sa pompe à air. Mais il est aussi le premier à utiliser un baromètre pour prédire le temps, et construit une première machine électrique constituée d'une boule de soufre mobile autour d'un axe vertical et que l'on frotte avec la main⁴⁵⁶. Un siècle plus tard, l'Allemagne fait partie de l'Europe des Lumières⁴⁵⁷, a même développé son propre courant de pensée à ce sujet, l'*Aufklärung*, et l'influence française mais aussi anglaise y est présente. Il y a des institutions scientifiques de qualité comme l'Académie royale des sciences de Prusse⁴⁵⁸, avec de grands noms de la science, ne serait-ce que Leibniz, son premier président, mais encore Jacques Bernoulli, Euler, et des scientifiques français comme Maupertuis ou d'Alembert, il y a d'excellents fabricants d'instruments, comme ceux des microscopes dits de Nuremberg, qui font qu'on retrouve ces microscopes dans la plupart des collections de l'époque, et il y a des universités de renom comme celles de Leipzig, de Königsberg ou de Göttingen⁴⁵⁹, Göttingen qui a créé un réel renouveau pédagogique lors de sa création en 1737. Et il y a même peut-être un Nollet germanique, ou en tout cas avec beaucoup de similitudes, formé dans cette université, Georg Christoph Lichtenberg.

Si la carrière de philosophe de Lichtenberg est plus connue en raison de ses aphorismes, sa carrière de scientifique mérite d'être mentionnée⁴⁶⁰. Fils de pasteur, né en 1742 dans le Landgraviat de Hesse, il peut s'inscrire en 1763 à l'université de Göttingen grâce à une bourse du Landgrave. Il y suit entre autres des cours de mathématiques, d'astronomie et de sciences naturelles. C'est après plusieurs voyages en Angleterre qu'il revient comme professeur de

⁴⁵⁵ Cette célèbre expérience fut présentée devant l'électeur de Brandebourg. Deux attelages de huit chevaux accrochés chacun à deux hémisphères de cuivre dont Otto von Guericke avait extrait l'air intérieur ne purent être séparés.

⁴⁵⁶ On pourra consulter la page internet <http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/zoom/18e/machine/> sur le sujet des « machines à frotter », page constituée par Christine Blondel et Bertrand Wolff. Le but d'Otto von Guericke n'était pas de réaliser une machine de production d'électricité mais de montrer que son globe de soufre chargé équivalait à la Terre, cherchant ainsi à expliquer l'attraction qu'elle exerce sur les masses par une attraction de type électrique.

⁴⁵⁷ Est-il nécessaire de rappeler les célèbres échanges entre Voltaire et Frédéric II de Prusse ? Diderot, quand à lui, est membre de l'Académie des sciences de Berlin.

⁴⁵⁸ Fondée en 1700.

⁴⁵⁹ ATTAL F., GARRIGUES J., KOUAME T., VITTU J.P. *Les universités en Europe du XIII^e siècle à nos jours : espaces, modèles et fonctions*, Paris : Publications de la Sorbonne, 2005.

⁴⁶⁰ On pourra consulter ce livre daté, mais qui fait toujours référence, BOUILLER V. *Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799), essai sur sa vie et ses œuvres littéraires*, Paris : Édouard Champion, 1914.

physique à l'université de Göttingen, où il prend la suite de Johann Christian Erxleben, décédé en 1777, et qui enseignait la physique ainsi que la médecine vétérinaire, domaine de spécialité d'Erxleben, fondateur de la première école vétérinaire allemande en 1771. Lichtenberg ne pouvait pas avoir été formé à Göttingen en physique expérimentale comme nous allons le démontrer par la suite. C'est en tant que mathématicien qu'il se lance dans ce cours, il publie plusieurs éditions du manuel de physique *Anfangsgründe der Naturlehre* d'Erxleben, mais il réserve une large part aux expériences, ce qui est nouveau. En effet, c'est à ses frais qu'il se procure une collection d'instruments, dont il ne sera remboursé qu'en 1789, collection qui, grâce à une rente viagère, constituera le premier cabinet de physique de l'université même si sa vie durant, Lichtenberg est autorisé à garder ses instruments à son domicile. Il y reçoit de 80 à 100 auditeurs, presque tous payants, et il doit même en refuser faute de place. Un de ses collègues décrit ses horaires en 1788:

Dans ses leçons il enseigne, tous les semestres, la physique expérimentale, en été à 4 heures, en hiver à 2 heures; en outre, l'hiver, il enseigne l'astronomie, la géographie mathématique, la théorie de la Terre et la météorologie. De plus, à des heures variables, il enseigne tantôt les mathématiques pures, tantôt l'algèbre.

Lichtenberg a eu pour élèves les trois fils du roi d'Angleterre Georges III, qui ont fait une partie de leurs études à Göttingen, de même qu'Alexandre de Humboldt dont nous reparlerons, et il a correspondu avec Goethe, entre autres sur la théorie des couleurs⁴⁶¹. Enfin, comme tout physicien de cette époque, il s'intéresse à l'électricité et laisse son nom aux « figures de Lichtenberg », nom que l'on donne aux arcs qui se forment près des électrodes ou lors des orages. Et Lichtenberg n'est pas le seul Allemand à s'intéresser à l'électricité et à la physique expérimentale plus généralement. Comme l'a montré John Lewis Heilbron dans la partie intitulée *Electricity beyond the Rhine* de son ouvrage⁴⁶², l'Allemagne présente de nombreux atouts. On y trouve par exemple de bons physiciens qui sont aussi de bons expérimentateurs. Nous avons cité Lichtenberg, mais

⁴⁶¹ Goethe considérait les couleurs comme n'étant que des combinaisons de lumière et d'ombre, la différence étant expliquée par la nature du milieu traversé. Lichtenberg, newtonien, défendait l'idée que le blanc était obtenu par l'addition des sept couleurs primitives, ce que l'expérience du disque de Newton permet d'établir.

⁴⁶² HEILBRON J.L. *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study of Early Modern Physics*, Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1979.

on pourrait également citer également Christian August Hausen⁴⁶³, qui enseigne les mathématiques à l'université de Leipzig depuis 1724 tout en faisant de la physique dans les salons mondains. Il s'intéresse particulièrement aux mécanismes de la triboélectricité. Franz Aepinus⁴⁶⁴, s'il part enseigner en Russie, est néanmoins d'origine allemande et membre de l'Académie de Berlin. Il y a d'ailleurs des sessions royales à l'Académie de Berlin où l'on fait des expériences d'électricité et on utilise pour cela des machines électriques faites en Allemagne, machines améliorées par Hausen puis par de nombreux autres contributeurs⁴⁶⁵ comme Georg Mathias Bose. En clair, le savoir expérimental commence à faire changer les pratiques universitaires allemandes.

Ce rapide panorama, sur lequel nous reviendrons, nous montre qu'en tout cas, il semble qu'au lieu d'une spécificité française, il y ait eu au contraire de grandes similitudes entre les États allemands et la France à savoir une pensée philosophique commune, des scientifiques de qualité, des constructeurs de machines, des lieux de sciences et d'enseignement. Ces similitudes peuvent être renforcées par le fait que l'abitur, l'équivalent allemand du baccalauréat français, est créé dès 1788 en Prusse et devient indispensable en 1822 pour entrer à l'université. Or l'état napoléonien prend une décision similaire en 1808. Le démarrage de la physique expérimentale, et particulièrement l'électricité, est lui aussi semblable dans les deux pays. Le début du XVIII^e siècle avait vu peu de réalisations à ce sujet dans les États allemands, et Heilbron⁴⁶⁶ considère que c'est à la suite des rencontres de Schilling, professeur de mathématiques et de philosophie à l'université de Duisburg, avec les newtoniens hollandais, dont entre autres Musschenbroek et 's Gravesande, que la physique expérimentale prend réellement place dans cette université⁴⁶⁷. Les

⁴⁶³ Christian August Hansen, fils de pasteur, a voyagé en Europe après des études de mathématiques pour finalement s'établir à Leipzig comme professeur de mathématiques à l'université. Dans *Novi perfectus in historia electricitatis*, paru en 1743, année de sa mort, il décrit sa machine électrique, améliorée de celle de Hauksbee.

⁴⁶⁴ Après avoir enseigné l'astronomie, Franz Aepinus publie ses recherches en électrostatique et en magnétisme en 1759 dans son principal ouvrage *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*.

⁴⁶⁵ POGGENDORF J.C. *Histoire de la Physique*, Paris : Dunod, 1883, 1^{ère} édition, réédition Gabay 1993. Il indique que ces nouvelles machines électriques servent d'abord à enflammer des substances combustibles.

⁴⁶⁶ [HEILBRON, 1979]

⁴⁶⁷ Musschenbroek a enseigné dans cette université, fondée par l'électeur de Brandebourg en 1655, de 1719 à 1721, en tant que professeur de mathématiques et de philosophie, puis de médecine. Ce n'est qu'ensuite qu'il devient professeur à l'université d'Utrecht et que sa carrière de diffuseur des idées de Newton s'officialise.

newtoniens hollandais étant eux même issus d'une filiation anglaise⁴⁶⁸, qu'en est-il alors de l'autre grand lieu de la physique expérimentale en Europe, à savoir l'Angleterre ?

6.2. Physique expérimentale et chimie sur les terres de Newton

Tout comme l'abbé Nollet, c'est à la suite d'un séjour en Angleterre que Lichtenberg a introduit l'expérience dans l'enseignement de la physique. On peut ainsi parler d'une origine et d'une filière anglaise amenant à la physique expérimentale. C'est pourquoi nous allons nous attarder davantage sur l'état des lieux britannique qui est assez surprenant pour ses implications.

S'il est bien une institution typiquement britannique quand à leurs traditions, ce sont les universités. Oxford et Cambridge, qui datent du XIII^e siècle, font partie des plus anciennes universités européennes. Newton a enseigné à Cambridge, et Desaguliers, sans doute le principal inspirateur de Nollet, à Oxford. Lorsque l'on s'écarte de ces deux lieux d'excellence, les historiques⁴⁶⁹ des principales universités britanniques de l'époque nous apprennent qu'il y a bien des cursus de physique et de chimie, même si quelques exceptions sont à noter. Ainsi, pour le Trinity College de Dublin, il n'est fait aucune mention d'un enseignement de physique ou de chimie avant la création en 1842 d'une école d'ingénieurs, au demeurant la première dans le monde anglophone. A Saint Andrew, la mention d'un enseignement de chimie apparaît seulement pour l'année 1811.

La situation de Glasgow et d'Edinburgh est bien meilleure grâce à la présence de Joseph Black. En effet, à Glasgow, Joseph Black⁴⁷⁰, s'il est professeur d'anatomie, donne également des cours de chimie de 1756 à 1766, puis devient professeur de chimie à Edinburgh de 1766 jusqu'à sa mort en 1799. Or il se trouve que nous disposons des *Lectures on the elements of chemistry* qui

⁴⁶⁸ Il faudrait également analyser les liens politiques étroits entre les Etats allemands et l'Angleterre. Ainsi l'électorat de Hanovre est en union personnelle avec l'Angleterre de 1714 à 1837.

⁴⁶⁹ [ATTAL F., GARRIGUES J., KOUAME T., VITTU J.P., 2005]. Les sites en ligne des universités britanniques présentent de plus un historique précis avec de nombreux documents d'archives.

⁴⁷⁰ Né à Bordeaux, mais formé à Belfast puis à Glasgow, c'est par le biais de la médecine et des sciences naturelles que Joseph Black, à l'instar de son professeur, William Cullen, s'intéresse à la chimie. Il découvre que l'air fixe, c'est à dire le dioxyde de carbone, est un produit de la combustion du charbon, de la respiration ou encore de la fermentation. Il prend conscience de l'importance des quantités en chimie et de leurs mesures précises comme Lavoisier, et se ralliera aux idées de celui-ci.

sont les notes de cours de Black, écrites et publiées par John Robison⁴⁷¹, un de ses anciens étudiants devenu professeur de philosophie naturelle à l'université d'Edinburgh, en 1803. Elles nous montrent Black y faisant des expériences lors de ses cours :

To engage the attention of such pupils⁴⁷², [...], all must be illustrated by suitable experiments, by the exhibition of specimen, and the management of chemical processes.

Nous pouvons également supposer que Black disposait d'un laboratoire pour y effectuer ses recherches comme de récentes fouilles archéologiques l'ont montré⁴⁷³. La similitude avec Gaspard Monge à Mézières est assez remarquable.

Toujours à la lecture de Robison, il apparaît qu'à Glasgow, on enseignait la physique expérimentale au moins depuis 1749. En effet, Robert Dick, nommé professeur de philosophie naturelle en 1721 à la création de la chaire, dispose d'instruments achetés par l'université en 1749 afin de pratiquer des expériences d'électricité. Son fils, Robert Dick junior, lui succède en 1751. C'est lui qui permet à James Watt d'apprendre le métier de fabricants d'instruments scientifiques, ce qui lui assurera une place à l'université de Glasgow au titre de préparateur. Une filiation écossaise des réflexions sur la chaleur pourra ainsi être créée⁴⁷⁴. Enfin, pour compléter cette science écossaise en ce qui concerne Edinburgh, nous venons d'évoquer John Robison en tant

⁴⁷¹ Formé à l'université de Glasgow où il a rencontré Black qui y enseignait, Joseph Robison est professeur de philosophie naturelle à l'université d'Edinburgh de 1773 jusqu'à sa mort en 1805. Il a eu une carrière bien remplie, voyageant au Québec, puis en Jamaïque pour y travailler avec le nouveau chronomètre de marine mis au point par John Harrison, jusqu'à l'école des cadets de la marine russe auxquels il enseigne les mathématiques avec le grade de colonel !

⁴⁷² Robison décrit des élèves n'ayant aucune connaissances préliminaires en chimie, certains provenant d'ateliers ou de manufactures. Black estimait que son auditoire ne cesserait d'augmenter, en lien avec le développement de l'industrie.

⁴⁷³ Le quotidien *The Scotsman* du 27 juin 2011 a annoncé que des fouilles archéologiques avaient mis à jour du matériel de chimie du XVIII^e siècle appartenant probablement, d'après sa localisation à Joseph Black :

Also included in the discovery which was described as a "very unusual" find, are samples of mercury, arsenic and cobalt, together with glass tubes and other vessels, bottle stoppers and thermometers, storage jars, and ceramic distillation apparatus made by Josiah Wedgwood.

⁴⁷⁴ Black a également nommé « chaleur » ce que l'on nommait habituellement « feu » en chimie. Par la méthode des mélanges de la calorimétrie, il mesure des chaleurs spécifiques et latentes, de même que James Watt. Voir à ce sujet DHOMBRES J, ROBERT J.B. *Fourier, créateur de la physique mathématique*, Paris : Belin, 1998.

que professeur de philosophie naturelle. Les archives de l'université nous indiquent que ses cours traitaient d'hydrodynamique, d'astronomie, d'optique, d'électricité et de magnétisme, donc un contenu très convenable en termes de physique moderne pour ainsi dire, et de plus, nouveau. L'université d'Édimbourg, « creuset des Lumières écossaises⁴⁷⁵ », est ainsi un centre d'attractivité qui dépasse l'espace britannique et fait qu'elle attire des étudiants venus d'Angleterre et de ses colonies.

Après les universités d'Écosse, il faut évidemment nous intéresser maintenant à Oxford car ce fut le lieu d'exercice de John Theophilus Desaguliers. Nous n'allons pas développer ici l'étendue de son œuvre et son importance pour la physique⁴⁷⁶ mais donner quelques points de repère et surtout présenter son rôle dans l'enseignement de la physique expérimentale. Desaguliers a été formé au collège de Christ Church à Oxford où il a pu assister aux cours de John Keill⁴⁷⁷ sur la physique naturelle de Newton. De l'avis de Desaguliers lui-même, qui l'indique dans la préface de son *Course of Experimental Philosophy* paru en 1734, John Keill fut

The first who publickly taught Natural Philosophy by experiments in a mathematical manner.

Les cours donnés par Keill à Oxford à partir de 1700, publiés dès 1702 d'abord en latin, puis en anglais en 1720, montrent toutefois qu'il s'agissait plus de démonstrations mathématiques qu'expérimentales. Keill lui-même n'était pas un farouche défenseur de la philosophie expérimentale. Il renvoyait dos à dos les quatre catégories de philosophes qu'étaient pour lui les pythagoriciens, les péripatéticiens, les empiristes et les mécaniciens. Néanmoins, son approche avec des expériences qui semblent plutôt relever d'expériences de pensée voire de la démonstration mathématique, « experiments in a mathematical manner », est une étape décisive dans l'enseignement de la philosophie naturelle. Ce qui est certain, c'est que la pensée de Newton, grâce aux efforts de Keill, devient plus accessible que si les propositions de Newton

⁴⁷⁵ [AMALOU, 2013]

⁴⁷⁶ On pourra consulter à ce sujet le livre numérique de CARPENTER A.T. *John Theophilus Desaguliers : A Natural Philosopher, Engineer and Freemason in Newtonian England*, London: Continuum International Publishing Group, 2011.

⁴⁷⁷ C'est sous la tutelle de David Gregory, considéré comme le premier newtonien à Edinburgh, que John Keill, originellement mathématicien, arrive à Oxford, son mentor y étant devenu professeur d'astronomie en 1691. Il devient à son tour un fervent défenseur de Newton et devient le principal accusateur de Leibniz lors de la controverse sur l'invention du calcul différentiel.

avaient été déclamées en latin, éventuellement accompagnées de scolies du récitant. Lorsque Keill quitte Oxford en 1709, Desaguliers poursuit les cours de physique expérimentale qu'il donnait depuis 1706 à Hart Hall, le futur Hertford College. L'époque est à la démonstration expérimentale, peut être parce que Newton a remis celle-ci à l'honneur à la Royal Society depuis qu'il en est devenu le président en novembre 1703, assisté par Francis Hauksbee⁴⁷⁸. Nous n'avons pas trouvé de mentions de ces cours à Oxford mais en tout cas, les cours de Desaguliers ont du succès à tel point que lorsqu'il arrive à Londres, il prend immédiatement la suite de Hauksbee à la Royal Society au décès de ce dernier en 1713 et il met en place les expériences sur la lumière. Il donne également des cours à son domicile deux fois par semaine. Or il se trouve que dès 1719 sont publiées ses *Lectures of Experimental Philosophy*.

⁴⁷⁸ La renommée de Francis Hauksbee comme démonstrateur de physique apparaît à sa toute première présentation à la Royal Society en décembre 1703 lorsque du mercure passant dans sa nouvelle pompe à vide se met à émettre de la lumière. Dès lors, il sera l'expérimentateur de Newton au sein de la Royal Society pour le plus grand bénéfice de celui ci comme l'a montré Henry Guerlac dans GUERLAC H. « Francis Hauksbee: Expérimentateur au profit de Newton », dans *Archives internationales d'histoire des sciences*, 1963, 16, pp.113–128.

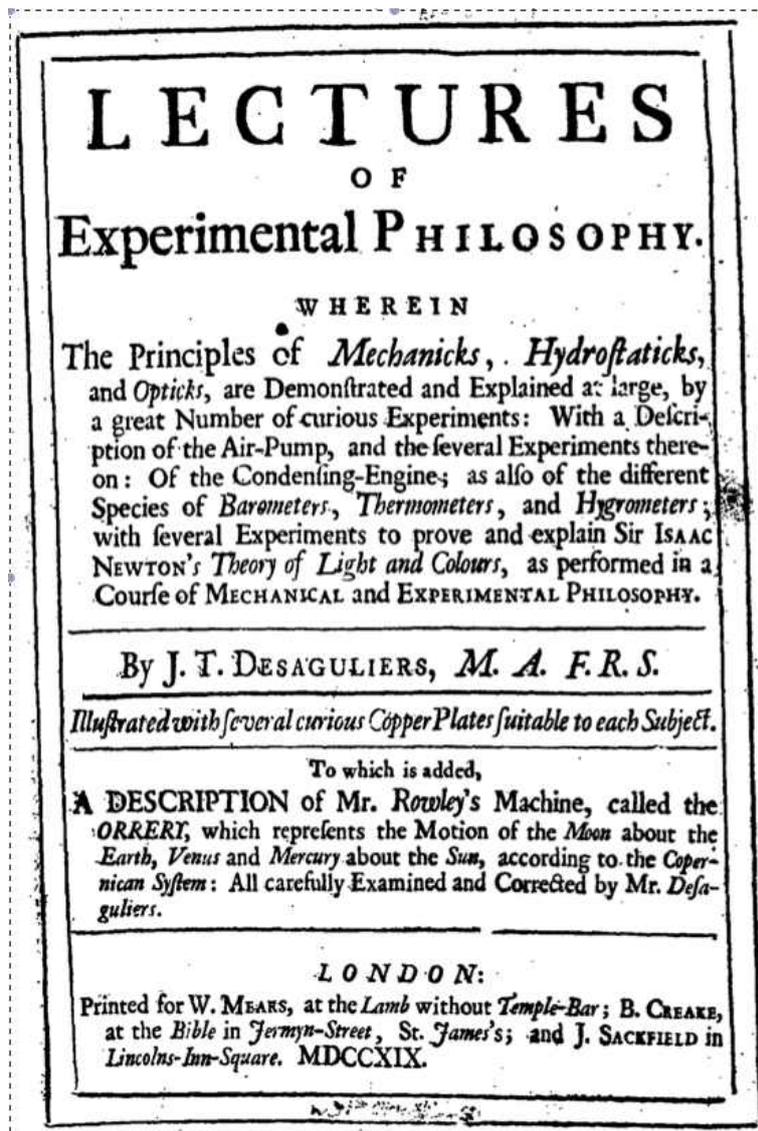


Figure 8: *Lectures of Experimental Philosophy* de Desaguliers, 1719.

On y trouve un vaste programme englobant les principes de la mécanique, l'hydrostatique, l'optique. L'utilisation de la pompe à vide et mentionnée, tout comme l'usage de baromètres, de thermomètres, ainsi que d'une machine construite par Rowley, qui comme d'autres à l'instar de celle de Grayham, sont des machines montrant le mouvement des planètes. Certes Desaguliers n'est plus à Oxford, mais on peut supposer que son cours devait reprendre un canevas et des expériences similaires, même s'il n'avait pas encore les moyens financiers de réaliser l'ensemble de celles nécessaires à son programme. Desaguliers a ainsi grandement diffusé la physique

newtonienne. Nous avons déjà évoqué sa rencontre avec Nollet, et dans le cas de la Hollande⁴⁷⁹, deux ans avant qu'il ne soit nommé professeur à l'université de Leyde, 's Gravesande a rencontré Newton et sans doute Desaguliers⁴⁸⁰. A son retour à l'université de Leyde, il reprend une tradition déjà établie de cours de physique expérimentale⁴⁸¹ qu'il enrichit de ce qu'il a vu à Londres. Et naturellement pourrait-on dire, il lui faut un associé constructeur d'appareils. Ce sera Jans van Musschenbroek⁴⁸², le père de Peter⁴⁸³, qui conçoit des appareils à usage uniquement pédagogiques.

Les cours à Oxford ne s'arrêtent pas au départ de Desaguliers pour Londres. John Whiteside prend sa suite en utilisant sa collection personnelle d'instruments⁴⁸⁴ pour ses démonstrations, puis James Bradley⁴⁸⁵ qui bénéficie à partir de 1749 de la création d'un poste de lecteur en philosophie expérimentale. Ce poste sera ensuite occupé sans interruption successivement par Thomas Hornsby puis Stephen Peter Rigaud⁴⁸⁶. A partir de 1786, des crédits

⁴⁷⁹ Les Pays-Bas viennent juste de quitter l'époque que les historiens appelleront plus tard le Siècle d'or néerlandais qui a vu les Provinces-Unies devenir la première puissance commerciale d'Europe. Avec cinq universités dont celle de Leyde, fondée en 1575, l'humanisme d'Erasme, la liberté de culte qui permet l'impression d'ouvrages interdits dans d'autres pays comme ceux de Descartes, la tradition d'accueil dont bénéficient les huguenots chassés par la révocation de l'Edit de Nantes en 1685, les Pays-Bas attirent de nombreux savants européens.

⁴⁸⁰ Selon Maurice Dumas, il est probable que 's Gravesande a assisté aux séances de Desaguliers lors de son voyage à Londres en 1715. Nous avons ainsi la filiation hollandaise de la physique expérimentale.

⁴⁸¹ Burcher de Volder, formé en médecine, a étudié également la philosophie et les mathématiques. Après un voyage en Angleterre en 1675, il a fait construire un amphithéâtre à l'université de Leyde pour y présenter des expériences afin d'enseigner la physique et les mathématiques de Descartes.

⁴⁸² [DAUMAS, 1953]

⁴⁸³ Les *Elementa physicae* de Peter van Musschenbroek, l'inventeur de la bouteille de Leyde, le premier condensateur, font partie des références des auteurs de l'Encyclopédie. Voir [CRÉPEL, 2006].

⁴⁸⁴ FAUVEL J, FLOOD R, WILSON R.J. *Oxford figures, 800 years of the Mathematical Sciences*, Oxford: Oxford University Press, 2000. John Whiteside est le conservateur de l'Ashmolean Museum, le musée universitaire d'Oxford dont le rôle est d'abriter les collections initialement données par Elias Ashmole, un riche collectionneur, à l'université d'Oxford.

⁴⁸⁵ Protégé de Halley, James Bradley lui succédera en 1742 comme astronome royal et directeur de l'observatoire de Greenwich. Mais c'est en tant que Savilian Professor of Astronomy, la chaire créée par Henry Saville, qu'il reprend en plus les cours de philosophie expérimentale, sans doute pour des raisons financières, à la mort de Whiteside.

⁴⁸⁶ Astronome comme James Bradley, c'est à la mort de ce dernier en 1763 que Thomas Hornsby lui succède en tant que Savilian Professor of Astronomy et lecteur de philosophie naturelle. Stephen Peter Rigaud est également astronome.

annuels pour l'achat d'appareils sont alloués à cet enseignement, crédits augmentés de façon substantielle en 1810.

Nous avons pu oser précédemment un parallèle entre Black et Monge. Le cas d'Oxford montre que l'enseignement de Desaguliers a de grandes similitudes cette fois-ci avec Nollet par la pérennisation d'un enseignement de physique expérimentale et de moyens pour l'assurer, tant humains que matériels. Que pourrions nous alors constater avec l'université de Cambridge ?

Si Cambridge et Oxford sont rivales depuis plusieurs siècles, Cambridge a l'avantage d'être l'université de Newton. Faut-il rappeler que Newton entra à Trinity College comme étudiant, et qu'il succéda à Isaac Barrow, son maître de mathématiques, à la « Lucasian Chair of Mathematics » et c'est un de ses amis, Roger Cotes⁴⁸⁷, qui va inaugurer la « Plumian chair of Astronomy and Experimental Philosophy » en 1707. Fondée et financée par Thomas Plume, un philanthrope, elle permet la création d'un observatoire, d'un poste de professeur et l'achat du matériel nécessaire à sa charge. Les leçons de Roger Cotes nous sont en partie connues car elles ont été traduites et publiées en France en 1742 par Louis Guillaume Lemonnier sous le titre *Leçons de physique expérimentale sur l'équilibre des liqueurs et sur la nature et les propriétés de l'air*. Dans la préface du livre, Lemonnier indique qu'il s'agit des leçons composées par Cotes

Pour un cours d'expériences qu'il avoit entrepris avec M. Whiston⁴⁸⁸ et qu'il faisoit dans la Salle de l'Observatoire du Collège de la Trinité à Cambridge.

Ces leçons sont constituées d'expériences d'hydrostatique, d'expériences sur la pesanteur annoncées comme les expériences de Galilée, celles de Torricelli sur la pression de l'air et enfin

Celles de l'illustre M. Newton sur la lumière.

Cette première édition française des *Hydrostatical and Pneumatical Lectures* contient ainsi une description de la deuxième machine pneumatique de Hauksbee, pour laquelle Cotes indique

⁴⁸⁷ Roger Cotes, mathématicien et astronome, est un ami de Newton. Il a publié et préfacé la seconde édition des *Principia* en 1713. Voir GOWING R. *Roger Cotes – Natural Philosopher*, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

⁴⁸⁸ William Whiston fut assistant de Newton avant de lui succéder à la chaire de professeur lucasien de mathématiques.

même le nombre de tours de manivelle à donner afin d'obtenir la pression souhaitée dans l'enceinte⁴⁸⁹.

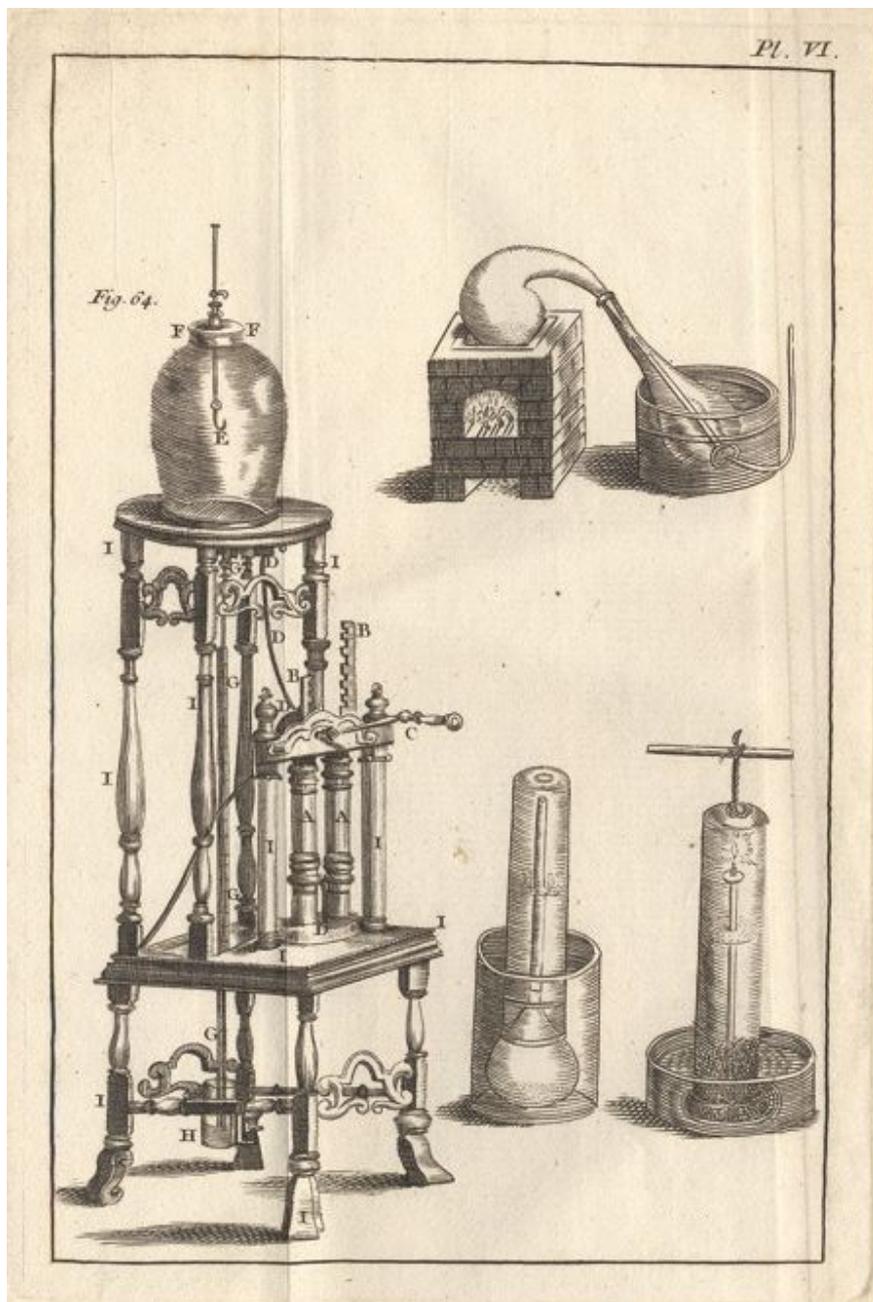


Figure 9: Machine pneumatique des *Hydrostatical and Pneumatical Lectures*

⁴⁸⁹ Voir à ce sujet l'article BRUNDTLAND T. « Francis Hauksbee and his air pump » in *Notes & records of the Royal Society*, 2012, 66: p. 253-272.

A la mort de Cotes en 1716, c'est l'un de ses cousins, l'astronome Robert Smith, qui va occuper cette chaire jusqu'en 1760. Ses enseignements concernent l'hydrostatique et l'optique, l'optique qui est son domaine de prédilection et pour laquelle il publie en 1738 *A Compleat System of Opticks*. Ce livre devient un ouvrage de référence sur le sujet, en particulier pour tout ce qui concerne la fabrication des télescopes. Traduit en hollandais, en français et en allemand, il sera considéré pendant plus d'un siècle comme le meilleur ouvrage écrit sur le sujet, et Desaguliers lui même le préférerait à ses propres travaux sur l'optique. Ce livre reprenait la théorie corpusculaire de la lumière de Newton ainsi que la plupart de ses idées sur l'optique⁴⁹⁰.

A la suite de Smith, qui laisse sa chaire pour des raisons de santé en 1760, on peut considérer que ce sont essentiellement des astronomes qui lui succèdent, un point sur lequel nous reviendrons un peu plus loin. Shepherd⁴⁹¹, Vince⁴⁹², Woodhouse⁴⁹³ et Airy⁴⁹⁴ sont principalement connus pour leurs travaux dans ce domaine, même s'il leur arrive parfois de sortir de cette spécialité comme Vince qui a publié sur le mouvement des corps dans les fluides ou Airy pour ces travaux sur la diffraction. Cela n'empêche pas la réalité d'un enseignement de physique expérimentale à Cambridge. Ainsi, un témoignage de Daniel Bernoulli, qui a rendu visite en 1771 à Shepherd, décrit ses très beaux instruments pour son cours de physique expérimentale. Ils sont liés à son enseignement car Shepherd lui même a publié un résumé de ses cours en 1770 qui mentionne différentes parties sur la mécanique, l'électricité, le magnétisme, l'astronomie, l'hydrostatique et l'optique.

Ce panorama de la physique expérimentale à Cambridge ne serait pas complet si nous n'évoquions pas pour finir la personne de Georges Atwood. Formé à Trinity College, premier

⁴⁹⁰ BARROW-GREEN, June. « A Corrective to the Spirit of too Exclusively Pure Mathematics: Robert Smith (1689-1768) and his Prizes at Cambridge University ». In: *Annals of Science*, 1999, n°56. pp. 271-316.

⁴⁹¹ Anthony Shepherd est professeur plumien de 1760 à 1796. Ami de James Cook, il a publié des tables astronomiques.

⁴⁹² Samuel Vince occupe la chaire de 1796 jusqu'à sa mort en 1821. Il a également publié des travaux en mathématiques.

⁴⁹³ Robert Woodhouse occupe la chaire de 1821 à 1827. C'est au titre de sa charge de professeur plumien qu'il se consacre aux instruments de l'observatoire de Cambridge.

⁴⁹⁴ Georges Airy est professeur plumien d'astronomie en 1828. Astronome renommé, il devient astronome royal en 1835.

lauréat du prix Smith⁴⁹⁵, Atwood débute un cours de philosophie naturelle en 1776, dont un résumé publié la même année nous montre un contenu similaire à celui de Shepherd. L'apport d'Atwood est la création de sa célèbre machine dont le but, clairement pédagogique, est de montrer expérimentalement la validité des lois du mouvement de Newton comme il l'indique dans *A Treatise on the Rectilinear Motion and Rotation of Bodies, with a Description of Original Experiments Relative to the Subject* qu'il a publié en 1784.

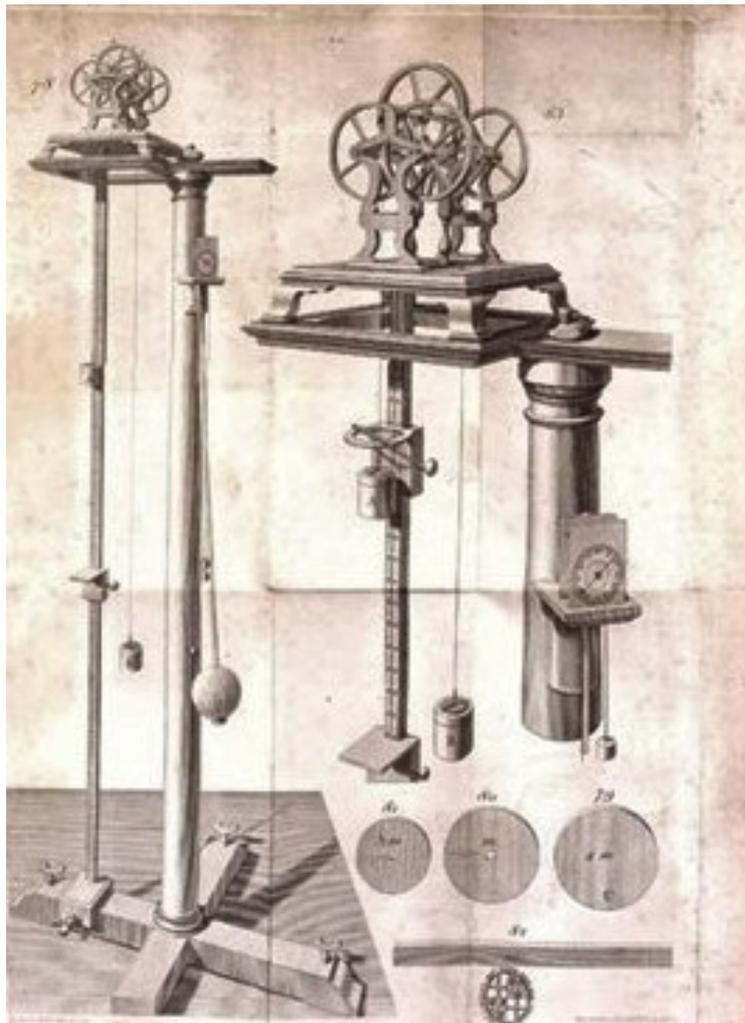


Figure 10: La machine d'Atwood

⁴⁹⁵ Robert Smith a créé et doté un prix décerné aux étudiants ayant le plus fait avancer les mathématiques et la philosophie naturelle. Georges Atwood en est le premier lauréat en 1769.

Le bilan de Cambridge est donc tout aussi remarquable que celui de sa rivale d'Oxford puisque l'on y voit une tradition d'enseignement de la physique expérimentale initiée par un ami de Newton dès 1707 et sans discontinuité dès lors.

L'enseignement de la physique expérimentale en Angleterre est donc particulièrement notable. Il y a de grands noms⁴⁹⁶ qui, par leur enseignement, ont influencé la France, mais aussi la Hollande et l'Allemagne, il y a un matériel de très grande qualité avec des fabricants idoines, un enseignement universitaire pérenne, et donc une situation là encore très similaire à la France, voire même peut-être plus favorable si l'on juge de sa position à l'université. La spécificité française n'est elle alors qu'une illusion ? Nous allons montrer que derrière ce tableau avantageux de l'enseignement de la physique expérimentale et de la chimie en Allemagne et en Angleterre, des obstacles à l'établissement de l'enseignement des sciences physiques ont fait qu'il y a bien eu une spécificité française.

6.3. Les blocages des pays anglo-saxons

Il semble qu'il y avait de nombreux facteurs favorisant l'émergence d'une physique appuyée sur l'expérimentation. Or, la grande époque de la physique mathématique et de l'expérimentation a lieu en France et non en Angleterre ou en Allemagne. Cela semble paradoxal.

En fait, lorsque l'on regarde plus en détail l'expérimentation et l'enseignement de la physique en Angleterre, s'il y a certes des débuts prometteurs, on peut aussi constater assez vite une certaine stagnation qu'indiquent les résumés des cours qui évoluent peu. Ainsi, le résumé du cours de Bradley dans les années 1740 est quasiment identique à celui que donnait déjà Whiteside dans les années 1720. Étonnamment, la physique naturelle présente quasi systématiquement de l'hydrostatique, alors qu'elle occupe une place très réduite dans les *Principia*. La survivance même de chaires de physique expérimentale n'est pas acquise. Par exemple, lorsque la santé de Shepherd lui fait réduire considérablement son activité d'enseignant de physique expérimentale à Cambridge, Atwood ne lui succède pas, mais donne des cours en parallèle, sans passage de relais officiel. A Oxford, les professeurs de philosophie expérimentale cumulent d'autres charges afin

⁴⁹⁶ Nous ne l'avons pas précisé pour chacun des enseignants concernés afin de ne pas surcharger les indications biographiques nécessairement succinctes, mais ils sont très majoritairement des membres de la Royal Society.

d'augmenter leurs revenus, à tel point que Robert Fox⁴⁹⁷ considère que la physique ne sera institutionnalisée à Oxford qu'en 1839.

Plus fondamental encore sur ces terres newtoniennes, il n'y a pas de liaison directe entre le calcul et la physique. Alors que la plupart des enseignants sont mathématiciens, lorsqu'il s'occupent de physique, le projet pour la philosophie naturelle est limité à illustrer les lois de la mécanique, y compris pour la mécanique céleste qui intéresse particulièrement les enseignants astronomes. Comme l'explique Simon Schaffer⁴⁹⁸, le newtonianisme en Angleterre repose sur deux communautés, d'une part les expérimentateurs marqués par le traité *Opticks*, recueil composite d'expériences à réaliser, et d'autre part les mathématiciens lecteurs des *Principia*. La Royal Society est exclusivement expérimentale à ses débuts. Il n'y a pas l'équivalent du projet laplacien, presque comme si les scientifiques anglais avaient été sidérés, au sens étymologique du mot, par l'œuvre de Newton et son application aux mouvements du ciel. En France, l'astronomie est rattachée aux mathématiques dès la création de l'Académie des sciences en 1666 dont le rôle d'organisatrice de la science en France sous l'Ancien Régime fait que ce rattachement perdurera. En Angleterre, cette prise de pouvoir des astronomes sur la physique, qui laisse peu de chance à cette dernière d'évoluer sur des domaines autres que la mécanique, est peut-être aussi explicable par l'intérêt majeur que représentent les connaissances astronomiques pour l'Angleterre, devenue la première puissance maritime de l'époque. Peut-être même pourrait-on contester le titre de physicien à ces enseignants. Le cas de l'expérience de Cavendish sur la mesure de la densité de la Terre est significatif.

Fils de Lord, portant les mêmes habits pendant des années, refusant de poser pour son portrait, la gravure qui illustre ce texte étant la seule image que l'on ait de lui, et encore, croquée à la sauvette,

⁴⁹⁷ FOX, Robert, GOODAY, Graeme . *Physics in Oxford, 1839-1939: Laboratories, Learning and College Life*, Oxford: Oxford University Press, 2005.

⁴⁹⁸ SCHAFFER S. *La fabrique des sciences modernes*, Paris: Seuil, 2014.



Figure 11: Henry Cavendish

les anecdotes foisonnent au sujet d'Henry Cavendish qui pourrait rejoindre la longue tradition des excentriques anglais⁴⁹⁹. Excentrique, peut-être, atteint d'un syndrome proche de l'autisme comme celui qu'Oliver Sacks lui a diagnostiqué⁵⁰⁰ pourquoi pas, mais en tout cas Henry Cavendish est très certainement terriblement britannique. Britannique mais né à Nice en 1731, ce qui n'est qu'une des moindres étrangetés de sa vie⁵⁰¹, Henry Cavendish est un *Petreans*, un ancien élève de Peterhouse⁵⁰², le plus ancien des collèges de Cambridge, qu'il quitte après trois ans d'étude sans être diplômé, une pratique toutefois assez courante dans l'aristocratie britannique à l'époque. Sa formation scientifique est certainement due en grande partie à son père, Lord Charles Cavendish,

⁴⁹⁹ On pourra consulter JUNGNICKEL C., MAC CORMMACH R. *Cavendish*, Memoirs of the American Philosophical Society, vol.220, Philadelphia, 1996.

⁵⁰⁰ MAC CORMMACH R. *The personality of Henry Cavendish - A great scientist with extraordinary peculiarities*, Springer: London, 2014.

⁵⁰¹ En fait à cette époque, Nice appartient au royaume de Piémont-Sardaigne, et ne fait pas partie de la France.

⁵⁰² Comme James Clerck Maxwell.

membre de la Chambre des communes, mais surtout de la Royal Society dont il a été le vice-président. Expérimentateur récompensé par la médaille Copley⁵⁰³

On account of his very curious and useful invention of making Thermometers, showing respectively the greatest degrees of heat and cold which have happened at any time during the absence of the observer

pour ses travaux sur le thermomètre, mais aussi expérimentateur en électricité, philosophe naturel, le père d'Henry est l'honnête homme du XVIII^e siècle à la mode anglaise. Henry Cavendish est le second fils de la famille, il n'a donc pas droit au titre, ce qui a toutefois l'avantage de le dispenser des travaux liés à cette charge, ni à la fortune. Mais un de ces oncles étant venu opportunément à décéder en lui léguant une considérable fortune acquise aux Indes, Henry Cavendish peut donc se consacrer à la science tout en étant à l'abri du besoin. Il possède dès lors deux maisons à Londres, l'une qu'il transforme en bibliothèque scientifique, l'autre qui lui sert à la fois d'atelier, d'observatoire et de laboratoire. Les sujets d'études de Cavendish sont nombreux. Il s'intéresse à l'électricité, en particulier à l'électrostatique, à la chimie où il s'attache particulièrement à l'étude des gaz à l'instar de Lavoisier, réalisant à son tour une analyse de l'air. Cet aspect de ses recherches a déjà été longuement étudié⁵⁰⁴, et c'est surtout à son travail lié à la loi de la gravitation universelle auquel nous allons nous intéresser ici car une lecture trop superficielle des résultats d'une recherche sur Henry Cavendish pourrait conduire à l'idée que grâce à sa balance de torsion, Cavendish a déterminé la constante de gravitation et qu'une fois de plus Newton triomphe par l'expérience. La réalité est plus complexe.

La balance de torsion elle même pose déjà question. L'idée initiale de l'expérience semble due à John Michell⁵⁰⁵, comme l'indique la correspondance qu'il menait avec Cavendish et

⁵⁰³ C'est l'une des récompenses annuelles décernées par les membres de la Royal Society.

⁵⁰⁴ Cavendish a laissé de nombreux manuscrits de ses travaux. Voir par exemple JUNGnickel C. *Cavendish: The Experimental Life*. Lewisburg, PA: Bucknell University Press, 1999.

⁵⁰⁵ Le Révérend John Michell (1724-1793) est une personnalité étonnante de la physique anglaise. Astronome, géologue, il s'est intéressé également au magnétisme ainsi qu'à la mesure de la masse des étoiles, allant jusqu'à anticiper le concept de trou noir. Il a imaginé un dispositif pour relier les forces de gravitation à l'action provoquant la torsion d'un fil, mais il meurt avant d'avoir pu achever la mise au point de son appareil qui est transmis à Wollaston puis à Cavendish.

que ce dernier a relaté dans sa communication pour la Royal Society⁵⁰⁶. Il apparaît que Michell puis Cavendish ont mené leurs travaux indépendamment de ceux que Coulomb a menés dans ses *Recherches théoriques et expérimentales sur la force de torsion et l'élasticité des fils de métal* en 1784 car si les deux dispositifs sont basés sur le même principe physique, à savoir qu'une force d'attraction provoque la torsion d'un fil, torsion dont l'angle peut être mesuré, dès le départ, le propos de Michell puis de Cavendish est bien de s'intéresser aux forces de gravitation alors que celui de Coulomb concerne l'attraction électrique. D'autre part, si le but de Coulomb est bien la *Détermination expérimentale de la loi suivant laquelle les éléments des corps électrisés du même genre d'électricité se repoussent mutuellement*⁵⁰⁷, le but de Cavendish est de poursuivre les travaux de Michell, à savoir :

A method of determining the density of the earth, by rendering sensible the attraction of small quantities of matter⁵⁰⁸

Il ne s'agit pas de la détermination expérimentale de la loi de l'attraction universelle, et encore moins d'établir la valeur de la constante de gravitation. Les deux lois sont remarquablement similaires⁵⁰⁹ mais l'utilisation qu'en fait Cavendish dans le cas de l'attraction universelle a pour but de déterminer la masse de la Terre sans exprimer la constante de gravitation. Le dispositif et les mesures ont fait l'objet de nombreuses publications, y compris à vocation pédagogique⁵¹⁰ car la qualité des résultats de Cavendish, obtenus après une vingtaine d'essais, a souvent été utilisée comme preuve expérimentale lors de cours sur la loi de l'attraction universelle. Le fléau de la balance mesure 2 m, et il est suspendu par un fil de torsion de 1 m de long. L'attraction mesurée est celle qui s'exerce entre des grandes sphères de plomb de 158 kg et des petites sphères de plomb de 0,730 kg distantes de 22,5 cm. Le calcul actuel de la force d'attraction donne une

⁵⁰⁶ CAVENDISH H. *Experiments to determine the Density of the Earth*, in *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (part II) 88 p.469-526, 21 juin 1798.

⁵⁰⁷ C'est le titre du mémoire que Coulomb a lu à l'Académie en juin 1785.

⁵⁰⁸ *Ibid*

⁵⁰⁹ La valeur de la force de gravitation F_g s'exerçant entre deux masses m_1 et m_2 distante de d est égale à

$F_g = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$ où G est la constante de gravitation, et celle de la force de répulsion électrique F_e entre deux charges

q_1 et q_2 de même signe est $F_e = \frac{k_C q_1 q_2}{d^2}$, k_C étant la constante de Coulomb.

⁵¹⁰ SPAGNOL M.L., « L'expérience de Cavendish », *Cahiers Clairault*, 2003,103.

valeur de $1,5 \times 10^{-7}$ N, une valeur extrêmement faible, à comparer aux poids des sphères de plomb, respectivement 1548 N et 7,15 N, c'est à dire dix millions de fois plus petite que la valeur du poids des petites sphères de plomb. C'est pourquoi, afin d'éviter toute perturbation extérieure au système, Cavendish avait enfermé son dispositif dans une pièce de sa maison et il utilisait des télescopes placés dans des trous percés de part et d'autre dans les murs de la pièce afin d'effectuer ces mesures.

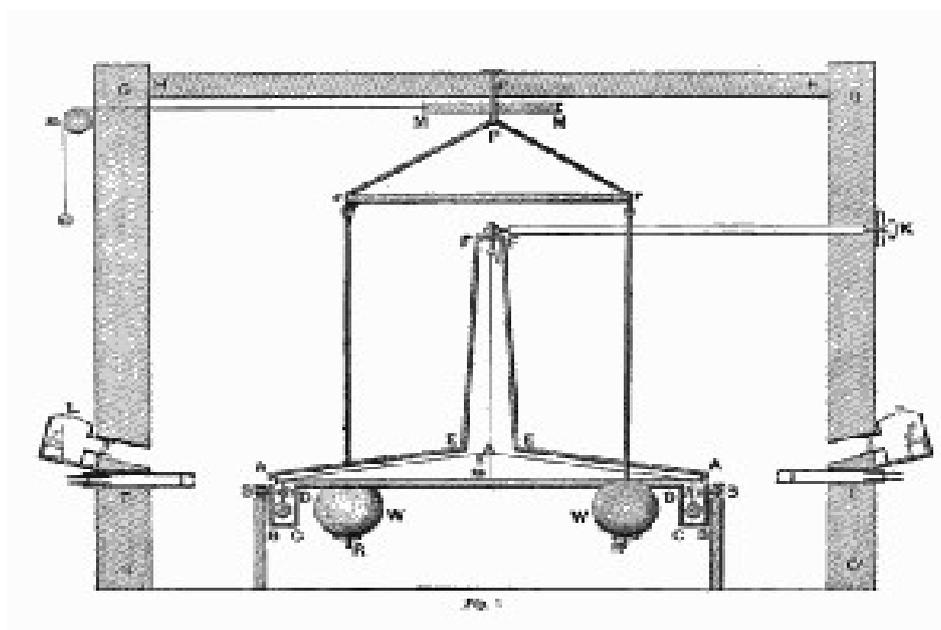


Figure 12: La balance de Cavendish

Il a pu ainsi mesurer des angles de torsion allant de $0,05^\circ$ à $0,25^\circ$, ce qui suppose, au regard des résultats qu'il a ainsi obtenus, que la valeur de la constante de gravitation G était de $6,75 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ s'il l'avait calculée, soit une valeur différente de 1,2% de la valeur admise aujourd'hui⁵¹¹. Mais ce n'est pas ce résultat, pourtant remarquable, que Cavendish publia. Dès le départ, l'objectif de Cavendish était de peser la Terre. Et donc, il va utiliser la loi de l'attraction universelle pour comparer la force d'attraction exercée par les grandes sphères de plomb sur les

⁵¹¹ $6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$. Un calcul plus détaillé des résultats de l'expérience de Cavendish est présenté dans GINOUX, Jean-Marc. *Les grandes découvertes de l'histoire de la physique et leurs démonstrations en 128 exercices*, Paris : Ellipses, 2018.

petites aux poids de ces dernières. Or ce mode de calcul permet justement d'éliminer la constante de gravitation. En effet, si l'on appelle M et m les masses respectives des grandes et des petites sphères de plomb séparées par la distance d , la force d'attraction exercée à pour expression $G \frac{Mm}{d^2}$, et le poids d'une petite sphère, lui, a pour expression $\frac{mGM_T}{R_T}$, M_T et R_T désignant la masse de la Terre et son rayon. En effectuant le rapport de ces deux expressions, on voit immédiatement que la constante de gravitation se simplifie, et que l'on peut obtenir la masse de la Terre en fonction de données connues. C'est ce que fit Cavendish, et il obtint une valeur de $5,98 \times 10^{24}$ kg, les mesures modernes donnant $5,97 \times 10^{24}$ kg, cette valeur lui servant ensuite à calculer la densité de la Terre. Cavendish arrête ensuite ses recherches sur ce sujet après ce remarquable calcul, estimant sans doute qu'il a obtenu tout ce qui lui était possible d'obtenir avec ces moyens. Cavendish continue ensuite à ne quitter sa maison que pour assister aux réunions de la Royal Society, une vie routinière qu'il gardera jusqu'à sa mort en 1810. La mesure de G proprement dite en tant qu'objectif expérimental devra attendre un siècle de plus avec les travaux de Boys en 1892. Les mesures de Cavendish n'ont pas suscité le même emballement pédagogique que les travaux de Coulomb. Peut-être était-ce prévisible.

La personnalité d'Henry Cavendish en premier lieu n'a pas contribué à l'essor de ses travaux sur la densité de la Terre. Comme l'indiquent Jungnickel et Mac Cormmach, Cavendish n'est pas un physicien, il reste un philosophe de la Nature, et à ce titre, son expérience le contente largement : il a mesuré la densité de la Terre, achevant les travaux que son collègue Michell n'avait pu mener à leur terme, et lorsqu'on est Cavendish, on ne va pas dehors pour connaître le monde, on reste chez soi, on fait des expériences avec des appareils, on raisonne avec des principes universels, et c'est la connaissance du monde qui vient à vous. En comparaison, Coulomb, lui, s'inscrit dans l'évolution conjointe de la physique et de l'ingénierie, le point commun étant l'usage des mathématiques. De plus, la science anglaise ne dispose pas de lieux d'enseignements ou de diffusion de la physique autres que l'université. Or l'expérience de Cavendish est trop compliquée à reproduire de façon pédagogique dans un établissement scolaire et pas assez spectaculaire pour être de la physique de salon. Elle ne pourra donc satisfaire que les scientifiques, mais il n'y a pas à l'exemple de la France un public de futurs ingénieurs comme à l'école Polytechnique ou de futurs professeurs comme à l'École normale de l'an III. Les savants français sont dans l'ordre professoral, Cavendish, lui, n'est d'aucun ordre.

Cavendish et ses confrères sont la parfaite illustration de la physique anglaise. Elle progresse indéniablement, que ce soit par exemple en astronomie avec William Herschel⁵¹² ou en optique avec Thomas Young⁵¹³ mais il n'y a pas un programme d'analyse mathématique appliquée à la physique comme celui de la Société d'Arcueil. Augustin Fresnel travaille sur les interférences lumineuses expérimentalement et mathématiquement sans avoir connu les travaux de Thomas Young, Coulomb puis Ampère mathématisent l'électricité, Joseph Fourier publie sa *Théorie analytique de la chaleur*. Cette physique à la française, issue des théories progressistes de la Révolution a probablement effrayé la Royal Society, plus conservatrice. Il manque en plus l'articulation entre ces scientifiques et le monde de l'enseignement, même s'ils sont parfois professeurs. Comme l'ont montré Nicole et Jean Dhombres⁵¹⁴, en France

Le bon scientifique devait se reconnaître à son aptitude à signer des traités ou des manuels sanctionnés par le consensus de la communauté. Ces ouvrages étaient à leur tour le fruit d'un enseignement, qui faisait d'ailleurs l'objet d'un encadrement assez strict

C'est même vrai pour l'ensemble des sciences physiques, englobant physique et chimie. Nous avons vu comment la chimie de Lavoisier avait conquis l'école en France, depuis les collèges, les écoles centrales et Polytechnique. Elle disposait pour cela du *Traité élémentaire de chimie*, clairement conçu comme un ouvrage pédagogique et renforcé par le pouvoir des savants, quand bien même le pouvoir politique de la Révolution avait bien mal récompensé son auteur. En Angleterre, Priestley ne démord pas de ses idées sur le phlogistique, et malgré la présence de Black, la faculté des sciences d'Edinburgh n'est fondée qu'en 1893, pratiquement un siècle après l'essor de la chimie. Le savoir universitaire, sans les ingénieurs, ce public sensible à l'imbrication entre mathématique et physique, ne peut à lui seul créer une dynamique.

Nous avons vu également que des conditions favorables existaient dans les Etats allemands. Sonnée par la défaite éclair de la guerre de 1870, lorsque la France s'interroge sur les causes de sa débâcle, elle constate l'efficacité de l'université allemande depuis la seconde moitié

⁵¹² Britannique, mais d'origine allemande car né dans l'électorat de Hanovre, William Herschel découvre Uranus en 1781.

⁵¹³ Thomas Young, initialement médecin, étudie la physique à Göttingen, avant d'enseigner la philosophie naturelle à la Royal Institution, la société savante britannique fondée en 1799. Son interprétation en terme d'ondes du phénomène d'interférences lumineuses met à mal la théorie corpusculaire de la lumière de Newton.

⁵¹⁴ [DHOMBRES, 1989]

du XIX^e siècle et admet l'urgence d'une réforme. Or, paradoxalement, l'université allemande a bénéficié d'une influence française. Ainsi l'université de Berlin, fondée en 1810 par le philosophe Wilhelm von Humboldt doit beaucoup aux conceptions du frère de son fondateur, Alexandre von Humboldt. Dans un essai consacré à l'organisation des établissements d'enseignement à Berlin, celui-ci ne peut évoquer un « état enseignant » à la française, car il n'y a toujours pas d'état allemand, mais il peut recommander des établissements autonomes, avec des avantages comparables permettant de développer des approches de recherche, d'enseignement, et de formation. Or, Alexandre von Humboldt a certes été formé à Göttingen entre autres par Lichtenberg, mais il a fréquenté assidûment le monde scientifique français de la Révolution à partir de 1798. Il fait même partie de la Société d'Arcueil que nous avons déjà évoquée, réalisant des expériences avec Gay-Lussac, et il est infiniment probable que c'est bien le modèle français qui a influencé notablement sa vision éducative⁵¹⁵. Et cette vision éducative va faire des émules, comme la fondation en 1825 par le grand-duc de Bade de l'École polytechnique de Karlsruhe, qui revendique clairement d'être à l'image de l'École polytechnique de Paris ainsi que celle en 1828 de l'Institut polytechnique de Dresde, créé pour répondre aux besoins de l'industrialisation. Il faudrait encore citer le rôle des connaissances scientifiques liées aux progrès militaires. Comme l'a montré Patrice Bret⁵¹⁶, il y a bien une originalité française dans la création d'une recherche publique, quand l'Angleterre verra la prédominance d'initiatives privées. L'Empire allemand de Bismarck retiendra la leçon en exigeant qu'à partir de 1883, dans toutes les écoles techniques supérieures allemandes, les étudiants passent un examen de sortie et rédigent un mémoire de fin d'études.

Nous avons donc montré quelle filiation s'est établie entre l'École royale du génie de Mézières et l'École polytechnique lieu de la spécificité française permettant l'émergence d'une physique mathématique appuyée par l'expérimentation, physique mathématique par ailleurs soutenue par la volonté de Laplace d'utiliser systématiquement des outils mathématiques perfectionnés pour résoudre des problèmes du domaine de la physique et de la chimie, ce qui fait l'originalité française de la physique à cette période. Nous avons montré également que les conditions de l'expérimentation sont liées à la fois à la place des sciences physiques dans le

⁵¹⁵ BOTTING D. *Humboldt, un savant démocrate*, Paris : Belin, 1988.

⁵¹⁶ [BRET, 2002]

métier d'ingénieur et l'évolution des sciences physiques elles-mêmes. Pour les liens entre les sciences physiques et le métier d'ingénieur, la création de l'École Centrale en 1829 va être un facteur déclenchant d'évolution⁵¹⁷, et concernant la place de l'expérimentation dans l'évolution de la physique, nous allons étudier maintenant ce qui s'est passé au Collège de France, ce curieux établissement d'enseignement sans programme imposé mais également lieu de recherche.

⁵¹⁷ Une évolution déjà perceptible lorsque Drappier puis Desormes à son tour quittent l'École polytechnique pour créer, dans le cas de Desormes, une entreprise de produits chimiques avec son gendre, Nicolas Clément. On y fabriquait entre autres de l'alun, utilisé comme accroche pour la teinture des tissus.

PARTIE III

L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE ET L'EXPERIMENTATION AU COLLEGE DE FRANCE DE 1750 A 1830

Ni grande école, ni université, le Collège de France est à plusieurs titres un établissement original. La création des lecteurs royaux par François I^{er} en 1530 ne s'est accompagné d'aucune fondation officielle, et l'on a pu très vite assister à des cours gratuits de grec puis de mathématiques ouverts à tous. Or, s'il y a eu incontestablement une innovation pédagogique, il est étonnant de constater que le Collège de France semble être une institution créée sous l'Ancien Régime qui a traversé la période révolutionnaire sans grands changements à la différence de l'Académie des Sciences. Les dates mentionnées dans la chronologie des chaires de physique par exemple paraissent indépendantes de celles des événements historiques majeurs. On peut ainsi citer l'exceptionnelle durée de Jean-Baptiste Biot, qui occupa la chaire de physique mathématique de 1801 à 1862, et celle, certes moindre, mais néanmoins significative, de Louis Lefèvre-Gineau, qui occupa la chaire de physique expérimentale de 1786 à 1823.

Pourtant, le Collège de France est aussi le lieu où Ampère peut expérimenter tout en y donnant ses cours alors qu'il publie en 1827 la *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques*, la synthèse de ses travaux sur l'électricité et le magnétisme.

Comment ont été transmis les savoirs enseignés ? Quelles ont été les méthodes et les instruments didactiques à une époque où il y a fort peu de différence entre la science enseignée et la science en construction et quel a été le statut de l'expérience ?

1. UNE INSTITUTION ORIGINALE

En 1530, l'université de Paris semble ignorer l'esprit de la Renaissance qui se répand à travers l'Europe. Constituée autour de ses quatre facultés : théologie, droit, médecine, arts, attachée jalousement à ses traditions et privilèges, on y use et abuse du seul latin dans des discussions et des syllogismes stériles et sans fin qui constituent l'enseignement universitaire de cette époque, dénoncé par Erasme. Or la Renaissance, c'est entre autres la possibilité grâce à l'imprimerie d'accéder à des textes de l'Antiquité écrits en grec, cette langue que les maîtres de la

scolastique ignorent, et qu'il faut pourtant interpréter et commenter. Et c'est pourquoi dès 1518, Jérôme de Busleiden, un mécène flamand ami d'Erasme et de Thomas More, avait fondé à Louvain le Collège des trois langues, où l'on traduisait des textes grecs, latins et hébreux. En France, Guillaume Budé, « Maître de la librairie du Roy » depuis 1522, conseille en ce sens François I^{er} et ce dernier institue en 1530 six lecteurs royaux : deux pour le grec, trois pour l'hébreu et un pour les mathématiques⁵¹⁸. Ce fut un succès. Les auditeurs affluèrent auprès de ces nouveaux maîtres qui permettaient, grâce à l'étude des langues, de remonter aux sources. Le Collège de France, ne relevant que du roi qui souhaitait un enseignement universitaire rénové⁵¹⁹, fut dès le XVI^e siècle un lieu de référence aussi bien pour la qualité de ses enseignants et celle de ses auditeurs⁵²⁰ que pour son indépendance.

Cette indépendance reste confirmée au cours du siècle suivant : en 1671, l'administration du Collège est assurée par la Maison du Roi. C'est le trésor royal qui paye les gages des professeurs et même le doyen, qui préside l'assemblée de ceux-ci, n'a qu'une fonction honorifique. Les professeurs jouissent bien d'une liberté et d'une indépendance totale par rapport à l'université. La seule limite porte sur l'organisation temporelle des cours, l'année étant organisée en semestre et les professeurs devant donner trois leçons d'une heure et demie par semaine, mais sans délivrance de diplôme. En ce qui concerne les élèves, avertis du contenu par

⁵¹⁸ Il s'agit d'Oronce Finé comme l'indique LEFRANC A. *Histoire du Collège de France depuis ses origines jusqu'à la fin du premier Empire*, Paris : Hachette, 1893. Oronce Finé a contribué à établir les mathématiques comme un sujet scientifique majeur en France. C'est aussi un constructeur d'instruments dits "mathématiques" tels que cadrans solaires ou horloges. Voir à ce sujet MARR A. (Éd.) *The worlds of Oronce Fine : mathematics, instruments and print in Renaissance France*, Donington: Shaun Tyas, 2009.

⁵¹⁹ Comme l'a montré André Tuillier, le Collège de France est l'aboutissement d'une évolution de la société de la Renaissance européenne qui suscite l'apparition d'une pensée critique fondée sur la connaissance des textes et non sur la dialectique et le discours scolastique. Voir TUILLIER A. (dir) *Histoire du Collège de France I La création 1530-1560*, Paris : Fayard, 2006.

⁵²⁰ Pierre de La Ramée y enseigna, et Ronsard ainsi que du Bellay furent auditeurs. Pierre de La Ramée, par ses réflexions et son enseignement, a valorisé les mathématiques en faisant de celles-ci un moyen fondamental de progresser dans la connaissance humaine ce qui incluait de nouvelles perspectives pour les arts mécaniques. À ce sujet, CIFOLETTI G. « L'utile de l'entendement et l'utile de l'action : discussion sur l'utilité des mathématiques au XVI^e siècle », *Revue de synthèse*, Paris : Springer, vol.122, n°2-4, 2001.

voie d'affiche au début de chaque semestre, il est précisé en 1772 que les professeurs n'ont pas à tenir de registre d'inscription⁵²¹. Là encore, une liberté totale.

2. LA CHRONOLOGIE DES CHAIRES DE PHYSIQUE DE 1707 A 1830

Au milieu du XVIII^e siècle, le Collège a donc déjà une longue histoire derrière lui et une reconnaissance européenne, même si les locaux qu'il occupe ne sont pas à la hauteur de cette reconnaissance. Le Collège va en effet mettre très longtemps à disposer de locaux dignes de sa réputation. Vite à l'étroit dans les murs qu'il partage avec les Collèges de Cambrai⁵²² et de Tréguier car il n'y dispose que de deux salles et d'une bibliothèque depuis 1634, le Collège de France aura le plus grand mal à s'agrandir. Comme l'indique Jean Torlais⁵²³ :

Mais, n'est-il pas curieux et pénible, tout à la fois, de constater qu'à une maison aussi illustre, tournée vers des préoccupations si hautement intellectuelles, ne furent jamais épargnés les problèmes budgétaires que posaient jusqu'aux menues dépenses journalières, les questions matérielles de logement, de locataires, de priorité, d'entrepreneurs et d'architectes, de murs mitoyens et d'hommes d'affaires ?

Mais malgré ces conditions matérielles difficiles, la physique est bien présente au Collège.

En 1707, le registre des délibérations indique vingt chaires d'enseignement dont neuf consacrées aux sciences et parmi celles-ci deux chaires appelées « philosophie grecque et latine », qui sont en fait consacrées à la physique : l'une est occupée par Pierre Varignon depuis 1694, l'autre par Michel Morus depuis 1703. Les affiches des cours qui nous sont parvenues⁵²⁴ nous montrent bien qu'il s'agit de physique, puisqu'il s'agit du titre que Michel Morus donne à ses cours de 1717 à 1719 et que Pierre Varignon parle de système du monde en 1720. Ce glissement de la philosophie grecque et latine, la philosophie en quelque sorte « naturelle », à la

⁵²¹ En fait, il en existera un, peut être officieux afin de pouvoir arguer de l'importante fréquentation des cours, de 1776 à 1809. Son contenu est étudié plus loin.

⁵²² Le trésor royal n'avait acheté en 1610 que la moitié du Collège de Cambrai, un Collège de l'université de Paris.

⁵²³ TORLAIS J. « Le Collège royal », in TATON R. *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris : Hermann, 1964.

physique, s'est sans doute opéré par le biais de la physique et la mécanique d'Aristote, qui fut le sujet de nombreux cours de ces deux chaires, dès le début de leurs existences⁵²⁵. La personnalité des professeurs y a également contribué. De plus, toujours dans le cadre de la liberté des professeurs, précisons que le Collège de France n'a ni programme ni examen terminal cloisonnant le contenu des cours des professeurs. Et les sciences étant à la mode de ce siècle de la curiosité, les professeurs peuvent changer la destination de leur chaire en y enseignant le sujet qui a permis d'établir leur renommée, renommée reconnue par le roi qui les a nommés au Collège de France.

Le tableau récapitulatif qui suit indique la succession des enseignants de cette période :

EN 1707, DEPUIS 1694	Philosophie grecque et latine Pierre Varignon	EN 1707, DEPUIS 1703	Philosophie grecque et latine Michel Morus
		1720	Jean Terrasson
1723	Joseph Privat de Molières		
1742	Jean Paul du Gua de Malves		
1749	Pierre-Charles Le Monnier		
1766	Jacques Antoine Joseph Cousin est adjoint en physique de Le Monnier.	1750	Charles Batteux : il y donne un enseignement de littérature. La chaire de philosophie grecque et latine disparaît en 1773, remplacée par une chaire de Littérature française.
1769	La chaire devient une chaire de Physique universelle	1773	Mathurin Georges Girault de Kéroutou : une chaire de syriaque est devenue cette chaire de Mécanique
1800	Jean Baptiste Biot (jusqu'en 1862)	1786	Louis Lefèvre Gineau : la chaire devient une chaire de Physique générale et expérimentale
		1823	André-Marie Ampère (jusqu'en 1836)

L'annexe 6 présente des éléments sur les professeurs et leurs enseignement avant 1750.

⁵²⁴ Archives du Collège de France, A XIV,8 : Affiches des cours du Collège royal, 1711 à 1794.

⁵²⁵ Voir dans SEDILLOT L. *Les professeurs de mathématiques et de physique générale au Collège de France*, Rome : Imprimerie des sciences mathématiques et physiques, 1869.

3. LA PHYSIQUE AU COLLEGE DE FRANCE DE 1750 A 1786

La période que nous évoquons maintenant a été déterminée par la date de la création d'une chaire de physique expérimentale. Il faut en effet attendre 1786 pour que soit mentionnée une telle chaire, malgré une importante redistribution des différentes chaires en 1774. Le Collège de France n'est pas le premier lieu de la physique expérimentale, c'est en effet au Collège de Navarre, et non au Collège de France, que l'abbé Nollet inaugurerait la première chaire officielle de physique expérimentale. Quelles sont les raisons qui n'ont pas fait du Collège de France le lieu de cette physique :

qui est proprement la seule digne de nos recherches⁵²⁶

pour reprendre les termes des Encyclopédistes ? Elles sont de plusieurs ordres.

3.1. Des conditions matérielles difficiles et une question de statut

Nous avons déjà évoqué les problèmes de locaux du Collège de France dès ses débuts. Ils ne se sont pas arrangés au fil du temps. Ainsi les cours ont lieu dans trois salles qualifiées d'humides et de malsaines dans le registre des délibérations du 14 novembre 1751⁵²⁷, et les professeurs demandent la construction de nouvelles classes, qui ne seront livrées qu'en 1775 seulement. Difficile d'envisager d'enseigner la physique expérimentale, qui demande au moins une salle de collection, dans de telles conditions. Et encore faudrait-il qu'il y ait une collection car nulle part dans les archives du Collège de cette période il n'est fait mention d'achat de matériel, et ce ne sont pas les professeurs qui vont acheter ce matériel sur leurs propres deniers, leur traitement annuel ayant diminué au cours du siècle⁵²⁸.

⁵²⁶ Article « Physique » de l'Encyclopédie.

⁵²⁷ ACF, registre manuscrit des délibérations prises aux assemblées des professeurs du Roi au Collège royal de France, II.

⁵²⁸ Il était de l'ordre de 600 livres, ce qui est assez peu pour un tel emploi au XVIII^e siècle. A titre de comparaison, on peut vivre modestement une année entière avec 200 livres, le curé d'une paroisse a un revenu de l'ordre de 300

En fait, jusqu'en 1770, le Collège de France vit difficilement, et le gouvernement, s'il accepte finalement d'augmenter sa contribution pour le fonctionnement du Collège, souhaite qu'il intègre l'université. Après négociation, l'abbé Garnier, professeur d'hébreu au Collège de France depuis 1760 puis inspecteur⁵²⁹ en 1768, obtient que le lien avec l'université se résume au fait que les professeurs soient diplômés de celle-ci et que les chaires soient incompatibles avec celles des autres collèges de la faculté des arts. Or justement, il existe une chaire de physique expérimentale au sein de la faculté des arts de Paris, c'est celle du Collège de Navarre qui est un collège de plein exercice de celle-ci⁵³⁰.

Une situation financière fragile, une concurrence impossible par principe avec l'université, l'enseignement de la physique expérimentale au Collège de France se heurte à ces deux difficultés majeures.

3.2. Une seule chaire de physique et consacrée tout d'abord à l'astronomie jusqu'en 1766

En 1750, il n'y a toujours pas de chaire intitulée officiellement chaire de physique au Collège de France, malgré le fait que la physique s'enseignait jusqu'à présent dans les deux chaires de philosophie grecque et latine. L'enseignement de la physique va même sembler en recul car la nomination de l'abbé Charles Batteux à la suite de Jean Terrasson amène un littéraire plutôt qu'un scientifique à cette chaire. Il est en effet professeur de rhétorique au Collège de Navarre, et associé non de l'Académie des Sciences mais de l'Académie des inscriptions et belles lettres, connu pour ses ouvrages sur les beaux arts et la littérature. Il va rester jusqu'en 1773 et sera remplacé par l'abbé Aubert, la chaire devenant alors une chaire de littérature française. La physique n'est donc plus enseignée que dans une seule chaire, celle de Pierre-Charles Le Monnier.

L'obtention de la chaire de philosophie grecque et latine du Collège de France par Pierre-Charles Le Monnier est la continuation d'une carrière commencée très tôt et une manifestation de

livres et avec 2 000 livres, on atteint le niveau de la bourgeoisie aisée. Voir VILAR P. *Or et monnaie dans l'histoire 1450-1920*, Paris : Flammarion, 1974.

⁵²⁹ Il rend compte au Roi du bon déroulement des cours. L'assemblée des professeurs du Collège de France s'est dotée d'un doyen, d'un syndic, ce dernier cumulant souvent la charge d'inspecteur.

⁵³⁰ Il fait partie des dix Collèges de la faculté des arts de Paris.

l'attention portée par Louis XV à cette carrière⁵³¹. Né en 1715, il poursuit une tradition familiale scientifique⁵³² en commençant à 16 ans par des observations astronomiques qui le font nommer adjoint géomètre à l'Académie des Sciences en 1736 et cette même année il accompagne Maupertuis et Clairaut dans l'expédition de Laponie pour la mesure de la longueur d'un arc de 1° de méridien terrestre⁵³³. De tels débuts se poursuivent par une activité scientifique soutenue⁵³⁴, concrétisée par une nomination en tant que membre de l'Académie des Sciences en 1746.

C'est bien en tant que professeur d'astronomie que Pierre Charles Le Monnier est nommé au Collège de France. Dans un premier temps, il remplace en 1746 François Chevallier, le titulaire de la chaire de mathématiques, chargé par le ministre Maurepas d'enseigner ces éléments d'astronomie. Dans une lettre datée du 5 octobre 1745, le ministre avait même précisé :

Cette partie des mathématiques, n'ayant pas encore été traitée depuis 20 ans, il m'a paru utile de nommer un substitut à M.Chevallier depuis le décès de M.Des Crutes ; M.Lemonnier y suppléera même plus utilement⁵³⁵.

C'est à la suite de la démission de Jean Paul de Gua de Malves qu'il est nommé professeur en titre sur la chaire de philosophie grecque et latine, chaire qu'il va occuper jusqu'à sa retraite en 1791, tout en continuant son activité d'astronome⁵³⁶. Il sera toutefois suppléé par

⁵³¹ Voir [SEDILLOT, 1869] ainsi que GOUJET CL.P. *Mémoires historiques et littéraires sur le Collège royal de France* t.II, Paris : Lottin, 1758. Pierre-Charles Le Monnier, devenu en quelque sorte l'astronome et le météorologiste de Louis XV, sera pensionné par ce dernier.

⁵³² Nous avons déjà cité son père Pierre Le Monnier, professeur de philosophie au Collège d'Harcourt, et son frère Louis-Guillaume Le Monnier.

⁵³³ Les mesures de cette expédition, couplées à celle du Pérou partie en 1735 avec Bouguer et La Condamine avaient pour but de montrer que la Terre est un ellipsoïde aplati aux pôles, conformément aux prévisions théoriques de Newton.

⁵³⁴ Il est membre de la Royal Society en 1739. C'est également à Le Monnier que l'on doit en 1743 le tracé méridien qui orne le sol de Saint-Sulpice, traversé à midi par l'image du Soleil.

⁵³⁵ SEDILLOT : François Chevallier, appelé à donner des leçons de mathématiques à Louis XV puis au Dauphin, a été suppléé successivement par Étienne de Cury de 1738 à 1744, puis par Pierre-François Fontaine des Crutes en 1745. Au décès de François Chevallier en 1748, c'est Robert Bidet de Montcarville, lui même suppléant de Joseph Nicolas Delisle, qui prendra sa suite.

⁵³⁶ La Lune fut entre autres l'objet de ses recherches. Il l'observa continuellement pendant cinquante ans en vue d'en déterminer les irrégularités de son mouvement, par ailleurs étudiée du point de vue théorique par Euler, Lagrange, puis Laplace et aussi d'Alembert. Le Monnier est l'une des sources essentielles des articles d'astronomie de

Jacques-Antoine-Joseph Cousin à partir de 1766.

Nous n'allons pas donner ici la liste de tous les cours assurés par Pierre Charles Le Monnier, liste disponible par ailleurs⁵³⁷. On peut la résumer en disant qu'il traite bien évidemment d'astronomie, du mouvement des corps célestes entre autres, mais qu'il commente également les écrits mathématiques de Mac Laurin, de Moivre, de Newton sur les quantités imaginaires, les développements de fonctions etc., et aborde aussi la résistance des matériaux et les mouvements des océans. Il n'est pas question d'expérimentation dans cet enseignement, nous sommes dans la continuité de Newton, à savoir le traitement mathématique des connaissances astronomiques. Il s'agit bien de physique pour nous, mais plus précisément de parties mathématisées de celle-ci, et dans le cas présent de mécanique céleste et d'astronomie. D'autres parties mathématisées de la physique sont d'ailleurs enseignées dans la chaire de mathématiques comme par exemple l'hydraulique et le mouvement des fluides par Robert Bidet de Montcarville en 1756. L'expérimentation, pour cette partie de la physique qu'enseignait Pierre Charles Le Monnier, eût été la pratique d'observations astronomiques, mais le Collège de France ne disposait pas encore d'un observatoire à cet effet.

3.3. Changements et continuité avec Jacques-Antoine-Joseph Cousin

L'étude des dossiers personnels des professeurs royaux⁵³⁸ nous indique que Pierre Charles Le Monnier est remplacé dans ses cours par Jacques-Antoine-Joseph Cousin à partir de 1766. Le cours inaugural du 15 décembre 1766 portant sur le mouvement des corps célestes a bien été donné par Cousin, et le cours de 1767-1768 annoncé comme cours de Le Monnier « *lois du maximum et du minimum* » a également été également fait par lui et non par Le Monnier⁵³⁹.

l'Encyclopédie. C'est à l'initiative de Le Monnier que l'on décida d'envoyer Lacaille au Cap et Lalande à Berlin pour observer les hauteurs de Mars et de la Lune en 1751.

⁵³⁷ [TORLAIS, 1964].

⁵³⁸ ACF.

⁵³⁹ Il est probable que Le Monnier a préféré occuper la charge de « préposé au perfectionnement de la navigation » libérée par le décès d'Alexis Clairault en 1765. Pensionnée par le secrétaire d'État à la Marine, cette charge rapporte 1500 livres par an, bien plus que les 600 livres du Collège de France. Voir à ce sujet la thèse de Guy Boistel, *L'astronomie nautique au XVIII^e siècle en France : tables de la Lune et longitudes en mer*. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, centre François Viète, 2001.

Cousin a le titre de professeur remplaçant, et Le Monnier celui de professeur désigné. Il poursuit en 1769 avec tout d'abord « *mouvements non libres des corps en milieux résistants* » mais cette année voit un changement d'importance se produire : en effet, une ordonnance en provenance du conseil d'état du roi transforme la chaire de philosophie grecque et latine en chaire de physique, et effectivement, l'affiche des cours du Collège de France pour le deuxième semestre 1769 mentionne pour la première fois la chaire « *Universae Physices* » avec Le Monnier et Cousin, ce dernier donnant un cours intitulé « *éléments de mathématiques en physique* ». Les intitulés des cours assurés ensuite par Cousin sont assez significatifs :

1770, *éléments de mathématiques en physique*,

1770 et 1771, *méthodes de recherche de la vérité en sciences naturelles et en sciences physico-mathématiques*,

1771, *force et mouvement des fluides*,

1772, *première théorie des planètes*,

1773, *situation et mouvement des corps nageant dans l'eau puis dispositions générales de la Terre*.

Nous sommes à nouveau en présence d'une physique mathématisée où l'expérimentation a sans doute peu de place⁵⁴⁰. De plus, Jacques-Antoine-Joseph Cousin peut être défini comme mathématicien, il est en effet professeur de mathématiques à l'École Militaire⁵⁴¹ depuis 1769, et il devient adjoint géomètre à l'Académie des Sciences en 1772 .

Les importantes transformations du Collège de France en 1774 changent peu de choses pour la physique expérimentale. Certes le salaire des professeurs a doublé, de nouveaux locaux sont enfin en construction, la distribution des chaires est revue⁵⁴², mais si une chaire de chimie confiée tout d'abord à Florent-Charles Bellot⁵⁴³ est créée, elle n'est pas accompagnée d'une chaire de physique expérimentale mais d'une chaire de mécanique que nous étudierons plus loin.

⁵⁴⁰ Sauf peut être pour les fluides : c'est l'époque des expérimentations faites par Bossut entre autres sur les jets d'eau.

⁵⁴¹ Le niveau enseigné n'y est toutefois pas comparable à celui des grandes écoles du moment comme l'École royale du Génie de Mézières. Mais le salaire y est intéressant : entre 1800 et 2400 livres par an, à comparer avec les 600 livres reçues au Collège de France !

⁵⁴² On voit ainsi apparaître officiellement une chaire d'astronomie, confiée à Jérôme de Lalande.

⁵⁴³ Il est docteur en médecine de la faculté de Paris. Il occupait auparavant une chaire intitulée « médecine, chirurgie, pharmacie et botanique ». Son cours s'intitule « *explication des éléments de chimie et confirmation expérimentale* ». Jean Darcet lui succèdera au cours de cette même année 1774.

Quant aux cours de Cousin, ils seront toujours des cours de physique mathématisée, on peut citer entre autres l'*Hydrodynamique* de l'abbé Bossut qui est le sujet de l'année 1775, ou *les principes du calcul intégral et raison de son application en physique*, un cours qui reviendra régulièrement⁵⁴⁴.

À partir de 1791, Jacques-Antoine-Joseph Cousin devient le seul professeur titulaire de la chaire, car Pierre-Charles Le Monnier, qui jusqu'ici avait toujours assisté aux délibérations des professeurs du Collège de France, doit renoncer à toute activité suite à une attaque de paralysie. Cette même année voit Cousin commencer à jouer un rôle politique qui le mènera à un poste de sénateur en 1799 jusqu'à sa disparition en 1800. Nous étudierons plus loin l'évolution de la chaire de physique universelle, qui deviendra une chaire de physique mathématique lorsque Jean-Baptiste Biot prendra la suite de Cousin à la mort de ce dernier en 1800, mais nous pouvons constater que la physique mathématique a été une des grandes affaires du Collège de France, en y incluant la mise en place d'une astronomie reposant sur la mécanique céleste⁵⁴⁵. C'est déjà un travail considérable, et si la physique expérimentale a tardé à être établie au Collège de France, c'est sans doute parce qu'il n'y avait pas la conjonction des hommes et des moyens nécessaires. En effet, la physique expérimentale en France, c'est la personne de l'abbé Nollet et il ne peut pas être au Collège de France pour des raisons à la fois d'emploi du temps et statutaires. Ensuite, si chacun s'accorde à dire que la physique expérimentale est importante, elle est après tout enseignée à l'élite militaire de l'École royale du Génie de Mézières, les incitations à la mise en place de cet enseignement au Collège de France émanant du Conseil du Roi ne sont pas accompagnées des financements nécessaires. La langue utilisée elle-même pose problème. Car au Collège de France, il sera longtemps défendu de dicter ou d'expliquer en français⁵⁴⁶, or la physique expérimentale s'expose en français depuis la leçon inaugurale de l'abbé Nollet au

⁵⁴⁴ On pourra à nouveau consulter TORLAIS J. « Le Collège royal », pour la liste des cours de 1774 à 1790. Pour les années suivantes, les cours furent :

1791 et 1792, *théorie des planètes*, c'est à dire le même programme qu'en 1790,

1793 et 1794, *éléments de calcul différentiel et intégral*,

1796 et 1797, *l'analyse applicable surtout aux mécaniques*.

⁵⁴⁵ Il n'y a d'ailleurs pas d'autre mécanique céleste possible : tout dépend de la loi de la gravitation et du calcul différentiel pour relier celle-ci à la troisième loi de Kepler. La montée en puissance de la mécanique céleste est une constante de l'astronomie française de la période.

⁵⁴⁶ C'est Jean Darcet qui sera le premier à faire son cours de chimie en français.

Collège de Navarre en 1753. Enfin, la candidature spontanée de Sigaud de Lafond⁵⁴⁷ qui propose même de mettre à disposition son propre cabinet de physique pour diminuer le coût de cet enseignement n'a pas de suite, peut-être parce qu'il ne fait pas partie de l'Académie des Sciences⁵⁴⁸. La conjonction de la bonne personne, au bon moment et avec les moyens afférant va demander du temps.

⁵⁴⁷ Ancien élève des Jésuites à Bourges, puis ayant suivi les cours de l'abbé Nollet, Sigaud de Lafond est à cette période répétiteur de philosophie et de mathématiques au Collège Louis le Grand. Malgré la richesse de ses publications sur la physique expérimentale et le succès de son cabinet de physique situé rue Saint Jacques, il ne fera pas une carrière scientifique parisienne et retournera à Bourges où il enseignera la physique expérimentale au Collège royal de la ville dans une chaire créée par Louis XVI en 1786.

⁵⁴⁸ Il n'en sera que membre associé. Mathurin-Georges Brisson, le successeur de Nollet au Collège de Navarre, lui, est académicien depuis 1759.

4. LA CHAIRE DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE

4.1. Une création tardive

Les lettres patentes et l'arrêt du Conseil du Roi de juin 1773 définissent très précisément les dix-neuf chaires au Collège de France . Ainsi, comme l'a montré Wolf Feuerhahn⁵⁴⁹, le choix d'un intitulé de chaire, la désignation d'un titulaire résultent de l'état de la science et d'un contexte académique, politique et social ainsi que d'une politique institutionnelle précise. Les lettres patentes précisent même que le cours de physique deviendrait encore plus utile :

les machines mettant le professeur à portée de confirmer ses explications par des expériences.

Le financement est obtenu non par une création, mais par la transformation d'une chaire de syriaque en chaire de mécanique, l'idée étant qu'associée aux chaires de mathématiques et d'astronomie, elle compléterait l'enseignement des sciences mathématiques du Collège de France. Sans doute faut-il y voir le respect de l'accord passé avec l'université : le Collège de France ne doit pas concurrencer la chaire de physique expérimentale de la faculté des arts de Paris. Ce sera donc bien une chaire de mécanique. Et après tout, l'abbé Nollet était adjoint-mécanicien à l'Académie des Sciences.

Et on y donne effectivement des cours de mécanique : l'abbé Mathurin-Georges Girault de Kéroudou, professeur de philosophie au Collège de Navarre, commence en 1774 avec des *lectures de mécanique*. En 1776, alors que Cousin traite dans la chaire de physique des *principes du calcul intégral et raison de son application en physique* et que Lalande dans la chaire d'astronomie expose la *doctrine des éclipses*, Kéroudou présente les *lois du mouvement*. Cet instantané de l'enseignement scientifique au Collège de France fait de celui-ci incontestablement un établissement d'enseignement supérieur, établissement dont Jean Darcet⁵⁵⁰ pourra dire en 1783 qu'il :

commence là où tout autre établissement d'éducation finit ; on y enseigne non les éléments des sciences, mais les sciences elles mêmes.

⁵⁴⁹ FEUERHAHN W. (dir.) *La Politique des chaires au Collège de France*, Paris : Les Belles Lettres, 2017.

⁵⁵⁰ Il est le titulaire de la chaire de chimie de 1774 à 1800.

La physique expérimentale n'est-elle alors pas suffisamment considérée comme une science ? Certainement pas. C'est un public analogue à celui qui suit les cours de physique expérimentale au Collège de Navarre qui assiste également aux cours du Collège de France, ces hommes, toujours selon Jean Darcet :

déjà engagés dans les divers états de la vie.

Il y a même un arrêt du conseil du roi du 20 juin 1775 qui indique que la chaire de physique occupée par Cousin doit être consacrée à la physique expérimentale. Alors, que s'est-il passé ?

Le plus probable est qu'encore et toujours ce sont des problèmes de locaux et d'argent qui ont retardé la création de cette chaire. Ainsi dès 1777, le Collège de France, qui possède dorénavant six salles de cours, un amphithéâtre d'anatomie et un observatoire, n'a pas de salle de chimie et qu'il convient d'en construire une comme le mentionne le registre des délibérations de l'assemblée des professeurs du 2 novembre 1777. Et lorsque Girault de Kéroudou démissionne en 1786 de sa chaire, son dernier cours ayant été la méthode des fluxions, le baron de Breteuil⁵⁵¹ écrit à l'abbé Garnier que le roi a accepté la démission de l'abbé Girault de Keroudou de la chaire de mécanique, et qu'il garde la jouissance des honneurs et prérogatives du Collège. Le Roi a nommé Louis Lefèvre-Gineau pour lui succéder et le baron de Breteuil indique que la chaire continue d'être appelée chaire de mécanique et complète toutefois son courrier par les propos suivant :

Mais j'ai cru devoir faire observer à sa Majesté que, suivant un arrêt du conseil du 20 juin 1775, la chaire occupée par le sieur Cousin devait être consacrée à la physique expérimentale, que ce professeur, faute d'instruments, a professé la physique générale qui comprend la mécanique et qu'il serait à propos de consacrer la nouvelle chaire à la physique expérimentale beaucoup plus propre que la mécanique à attirer les auditeurs. Sa Majesté a approuvé ces arrangements.

Ainsi donc, c'est bien « *faute d'instruments* », et donc surtout faute de moyens, qu'il n'y a pas eu de cours de physique expérimentale au Collège de France dès 1775. Jean Darcet, que nous avons évoqué précédemment, avait dû acheter lui même l'équipement nécessaire à ses cours de chimie. Mais cette fois-ci, la volonté politique s'accompagne des moyens nécessaires car le baron

⁵⁵¹ C'est le ministre de la Maison du roi du moment, et donc en charge du Collège de France.

de Breteuil précise aussi à l'abbé Garnier qu'il doit rédiger avec Lefèvre-Gineau :

un état de ce qui sera nécessaire pour le mettre à portée de professer la physique expérimentale, état qui sera mis sous les yeux du roi.

Nous évoquerons plus loin la collection de physique ainsi constituée car il nous faut maintenant évoquer la personnalité de Louis Lefèvre-Gineau, celui par qui la physique expérimentale entre enfin au Collège de France.

4.2. Louis Lefèvre-Gineau

4.2.1. Un début de carrière typique de l'Ancien Régime

Tout comme Jean Terrasson, c'est grâce à l'appui du pouvoir ecclésiastique que Louis Lefèvre-Gineau commence une carrière scientifique conséquente pour laquelle son seul talent n'aurait pas suffi⁵⁵² à le faire connaître. Né à Authé, dans les Ardennes, en 1751, c'est son oncle, curé de la paroisse voisine d'Étrepigny, qui se charge de son éducation et l'initie en particulier aux sciences. Il part ensuite au collège de l'université de Reims, où ses succès dans l'étude des mathématiques incitent ses parents à l'envoyer à Paris. La recommandation de Henri-Gaston de Lévis, l'évêque de Pamiers, lui permet d'entrer comme précepteur dans l'entourage du baron de Breteuil et y enseigne les mathématiques à ses enfants. Il poursuit sa formation scientifique en suivant les cours au Collège de France de Cousin, qui le prend sous sa protection. Il acquiert ainsi des connaissances mathématiques suffisantes pour lui permettre de faire paraître en 1781 une nouvelle édition de l'*Analyse des infiniment petits* du marquis de l'Hôpital enrichie de ses notes⁵⁵³. Attaché quelque temps à la Bibliothèque Royale, il est nommé à la chaire de mécanique

⁵⁵² Il n'y a pas de biographie de référence pour Louis Lefèvre-Gineau. La plupart des informations proviennent de la *Biographie universelle* de MICHAUD ainsi que de la pièce 3 de son dossier personnel CXII aux Archives du Collège de France, une notice biographique .

⁵⁵³ L'édition originale datait de 1696. Il s'agit de l'édition de 1781, publiée à Paris chez Jombert le jeune. C'est ce type d'enseignement qui a manqué à Hassenfratz. Alors qu'ils ont des entrées assez similaires dans le monde des sciences, une même origine modeste, le même intérêt comme nous le verrons plus loin pour les travaux de Lavoisier, le Collège de France a formé au calcul infinitésimal Lefèvre-Gineau.

du Collège de France dans les conditions que nous avons évoquées précédemment. Son discours d'inauguration du 3 décembre 1786 s'intitule *Sur l'origine et les progrès des sciences physiques*.

4.2.2. L'œuvre scientifique de Lefèvre-Gineau

Avant d'étudier plus loin les cours de Lefèvre-Gineau au Collège de France, nous allons d'abord évoquer sa carrière en tant que scientifique. En effet, à la différence de ses prédécesseurs, Lefèvre-Gineau va contribuer de manière significative à la science de l'époque.

À l'instar de Monge, Lefèvre-Gineau s'intéresse à la synthèse de l'eau en 1788, trois ans après les expériences menées par Lavoisier. C'est dans le cadre du Collège de France comme l'indique Chaptal⁵⁵⁴ que Lefèvre-Gineau réussit le 23 mai 1788 à produire de l'eau à partir de dioxygène et de dihydrogène qu'il a préparé auparavant⁵⁵⁵. La qualité de l'expérience de Lefèvre-Gineau équivaut à celles menées par Lavoisier, en particulier lorsque l'on regarde la densité de l'eau obtenue : 1,001025 pour Lefèvre-Gineau, 1,0051 pour Lavoisier. Ces qualités d'expérimentateur vont permettre à Lefèvre-Gineau de participer avec succès à la création du système métrique. En effet, il est chargé de la réalisation précise du kilogramme, en fait un étalon de masse représentant aussi exactement que possible la masse d'un décimètre cube d'eau. Commentant ces mesures, Paul Langevin⁵⁵⁶ considère que :

Le travail effectué par Lefèvre-Gineau, en collaboration avec Fabroni, pour constituer l'étalon qui sert aujourd'hui encore de base à la définition du kilogramme, représente, étant donné les moyens dont on disposait à l'époque, un véritable miracle de précision. Il a fallu, pour qu'on s'en rendît compte, attendre plus d'un siècle l'apparition de l'instrument nouveau que constituent les méthodes interférentielles de l'optique.

⁵⁵⁴ CHAPTAL M.J.A. *Chimie appliquée aux arts*, Paris : de Roret, 1830. Lefèvre-Gineau a également décrit cette expérience lors de la séance publique du Collège de France le 10 novembre 1788.

⁵⁵⁵ Le chauffage du dioxyde de manganèse MnO_2 à partir de $535^\circ C$ donne du dioxygène et du sesquioxyde de manganèse Mn_2O_3 : c'est le procédé utilisé par Carl Scheele. Le dihydrogène H_2 est obtenu par la réaction entre le fer et l'acide sulfurique.

⁵⁵⁶ LANGEVIN P «IV. La Physique au Collège de France » in LEFRANC A. *Le Collège de France 1530-1930 Livre jubilaire*, Paris : PUF, 1932.

Lefèvre-Gineau a pesé l'eau contenue dans un cylindre de laiton creux dont il a mesuré en un grand nombre de points les dimensions intérieures pour pouvoir calculer exactement le volume d'eau contenu. Le résultat obtenu suppose que les mesures ont été faites en moyenne avec une erreur inférieure au cinq centième de millimètre. Ces travaux sont en fait la deuxième détermination de l'étalon de masse, la première ayant été menée par Lavoisier et Haüy en 1793⁵⁵⁷.

Ces travaux font de Louis Lefèvre-Gineau un acteur important de monde scientifique parisien, qui cumule également un certain nombre de fonction comme l'indique son dossier personnel⁵⁵⁸ au Collège de France. Il est successivement administrateur des subsistances pendant la Révolution, membre de la section physique expérimentale de l'Institut en 1799, administrateur du Collège de France en 1800, et il est ensuite l'un des quatre inspecteurs généraux de l'université sous l'Empire. Élu député en 1807, il sera réélu jusqu'en 1827 en siégeant constamment sur les bancs de l'opposition libérale ce qui lui vaudra sa révocation en tant qu'administrateur du Collège de France en 1823. Une carrière bien remplie donc.

4.2.3. Les cours de Lefèvre-Gineau au Collège de France

Nous disposons d'informations très partielles sur ces cours. Néanmoins, nous allons essayer d'en donner une image à partir des différents documents dont nous disposons.

Toujours à partir du dossier personnel de Lefèvre-Gineau, les intitulés de ses cours nous sont connus pour les années allant de 1786 à 1797 :

1786 et 1787, *exposition et démonstration expérimentale des principes mathématiques de l'optique,*

1789 et 1790, *le flux magnétique, l'air, et les autres fluides élastiques,*

1790 et 1791, *la lumière,*

1791 et 1792, *état général de la matière, le mouvement. l'électricité,*

1793 et 1794, *propriétés générales des corps, principes et lois du mouvement, équilibre*

⁵⁵⁷ On pourra consulter à ce sujet BIREMBAUT A. « Les deux déterminations de l'unité de masse du système métrique ». In: *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*. 1959, Tome 12 n°1. pp. 25-54. On y trouve également une description très précise de la méthode suivie par Lefèvre-Gineau.

⁵⁵⁸ ACF, dossier personnel CXIII.

des solides et des fluides, théorie de l'atmosphère,

1796 et 1797, principes et lois du mouvement, équilibre des solides.

À la lecture de ces intitulés, on peut voir une évolution intéressante. Si les premières années traitent de sujets typiquement du domaine de la physique expérimentale comme l'électricité ou le magnétisme, les sujets sur les lois du mouvement et de l'équilibre reviennent ensuite. Et cette fois-ci, ce n'est pas par manque de matériel. Nous avons laissé en 1786 le dossier de l'équipement en physique expérimentale du Collège de France, dossier que le baron de Breteuil suivait de très près⁵⁵⁹. L'intention fut cette fois-ci confirmée car le Collège de France dispose d'une collection qui nous est connue grâce à l'inventaire qu'en firent Charles, Lenoir et Fortin⁵⁶⁰. Que nous apprend-il ?

Le Collège de France possède un équipement assez riche constitué d'une base d'appareils assez classique. On y trouve les deux machines incontournables de toute collection du XVIII^e siècle, à savoir une machine électrique et une machine pneumatique, accompagnées de leurs très nombreux accessoires, conducteurs, bouteilles de Leyde, cloches, baromètres etc. ce qui donne une fausse impression d'une grande quantité d'appareils. L'optique est représentée par des lanternes, des prismes, un œil artificiel, un microscope ainsi que le désormais classique projecteur dérivé du microscope solaire⁵⁶¹. Par contre, on trouve également l'équipement de la chimie pneumatique, à savoir deux gazomètres, deux eudiomètres et un appareil pour la décomposition de l'eau. Ainsi, si la collection d'appareils de physique évoque certains appareils que l'on peut trouver dans un collège de l'époque, certes richement doté, nous retrouvons bien ce rôle de diffusion des nouvelles connaissances scientifiques du moment. Fait du hasard, les premiers appareils de la liste sont ceux que Lefèvre-Gineau a utilisé lors de ses expériences à l'École normale de l'an III que nous allons évoquer un peu plus loin, à savoir la pompe à vide et le tube

⁵⁵⁹ Nommé membre honoraire de l'Académie Royale des Sciences en 1785, le baron de Breteuil est très actif au sein de l'Académie. Il contribue ainsi à la mise en place de grandes commissions d'enquête et d'expertise menées par des équipes d'académiciens.

⁵⁶⁰ En décembre 1793, les membres du Comité d'instruction publique remplacent la commission des Monuments, qui datait de 1790, par la Commission temporaire des arts, constituée de savants, d'artistes et des gens de lettres divisés en classes pour faciliter leurs travaux. La deuxième classe, celle de physique, est constituée de Fortin, Charles, Lenoir, Dufourny et Janvier. En chimie, on trouve Pelletier, Vauquelin, Leblanc et Berthollet. Cet inventaire est aux Archives Nationales F¹⁷ 1219.3 et il est reproduit en annexe 4.

⁵⁶¹ C'est un appareil de projection fixé au volet d'une fenêtre dans lequel un miroir envoie la lumière solaire. Voir [DAUMAS, 1953].

de Newton. Et c'est sans doute grâce au matériel de chimie pneumatique que Lefèvre-Gineau a pu réaliser ses expériences de 1788 sur la synthèse de l'eau. Étonnamment, on n'y trouve pas de matériel de mécanique, pourtant classique dans les collections de l'époque, comme on peut le voir dans l'annexe 2 consacrée au collège d'Auxerre. Il y a une balance de Coulomb, mais il n'y a pas de machine d'Atwood, machine utilisée par Lefèvre-Gineau à l'École normale de l'an III. L'évolution de l'intitulé des cours, en y réintroduisant pourtant la mécanique, montre que Lefèvre-Gineau souhaitait peut être aller au-delà de la physique expérimentale, c'est à dire qu'elle englobe finalement tout ce qui n'était pas du domaine des mathématiques pures. Il conçoit de plus son enseignement comme lié à celui de la chimie et de l'histoire naturelle car comme l'indique un mémoire de Lalande⁵⁶² de 1793 :

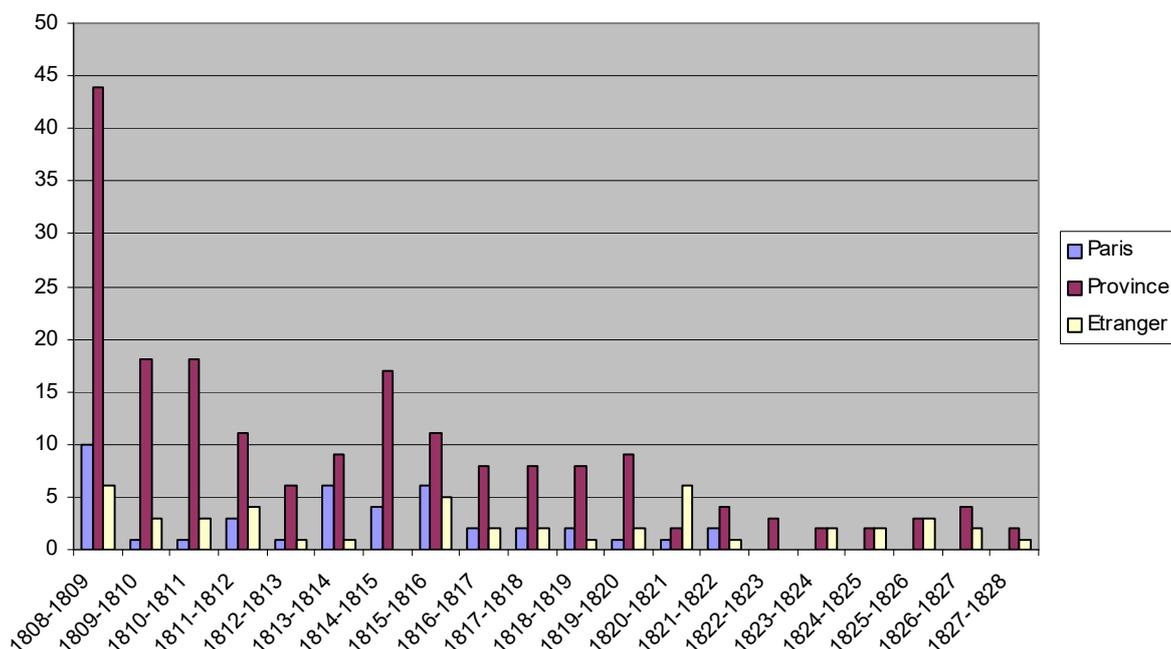
Convaincus de l'étroite union de la chimie, de l'histoire naturelle et de la physique expérimentale depuis longtemps, les trois professeurs⁵⁶³ indiquent leurs leçons aux mêmes jours et à des heures consécutives. Ils ont même l'attention de disposer tellement leur matériel, que les élèves passant d'une classe à l'autre sans perte de temps, sans dérangement dans l'ordre de leurs idées, entendent successivement des vérités liées entre elles, les unes comme principes et les autres comme conséquences.

La liste des intitulés des cours s'arrête en 1797, et nous n'avons pas trouvé d'autres mentions de ce que Lefèvre-Gineau a enseigné. Par contre, il existe un registre des élèves⁵⁶⁴, intitulé *Inscriptions pour le cours de physique expérimentale commencé le 28 novembre 1808 au Collège impérial de France*. Il mentionne les noms des auditeurs, du moins ceux qui ont bien voulu s'inscrire, ainsi que leur origine géographique. Le dépouillement de ce registre est résumé par le graphique suivant :

⁵⁶² « Mémoire des professeurs du Collège de France, sur l'indivisibilité de leurs travaux ». Bibliothèque nationale ms.FR12273, cc. 213-222.

⁵⁶³ Darcet pour la chimie et Daubenton pour l'histoire naturelle.

⁵⁶⁴ ACF, registre des élèves A-XIV 19. Il comporte une étiquette « physique générale et expérimentale, monsieur Savart » et à l'intérieur, « Mr Lefevre, professeur ».



Il montre la présence constante d'auditeurs de province venu assister au cours de physique expérimentale, en particulier sur le début de la période du registre, lorsqu'elle n'est plus enseignée au lycée impérial. Mais il n'y a pas de corrélations possibles entre la fréquentation des auditeurs et le contenu des cours de Lefèvre-Gineau qui nous reste inconnu pour l'instant. Toutefois, nous disposons d'un témoignage⁵⁶⁵ sur ce à quoi pouvait ressembler son enseignement. En effet, Lefèvre-Gineau est intervenu lors des trois derniers débats⁵⁶⁶ consacrés à des expériences faisant suite aux leçons de Haüy à l'École normale de l'an III. Ils se connaissaient suite à leurs travaux concernant les poids et mesures et sans doute avaient-ils des conceptions communes sur la place de l'expérimentation dans un cours de physique. Ainsi, lors du septième débat, Lefèvre-Gineau présente l'expérience du tube de Newton⁵⁶⁷, montre que la température d'ébullition de l'eau change lorsque l'on fait le vide et qu'un corps, lorsqu'il s'évapore, absorbe de la chaleur. Le huitième débat est entièrement consacré à la machine

⁵⁶⁵ GUYON E. (dir) *L'École normale de l'an III Leçons de physique de chimie d'histoire naturelle*, Paris : Rue d'Ulm, 2006.

⁵⁶⁶ Haüy a donné quinze leçons de physique, et il y a eu dix séances de débats sur les leçons.

⁵⁶⁷ C'est la dénomination moderne d'une expérience qui consiste à mettre dans un tube plusieurs objets de masses différentes. Ils chutent ensemble lorsque l'on a fait le vide dans le tube.

d'Atwood⁵⁶⁸ pour illustrer la chute des corps et le neuvième à la pression atmosphérique, illustrée par l'expérience des hémisphères de Magdebourg⁵⁶⁹ et l'expérience de Torricelli⁵⁷⁰.

Lors des expériences du septième débat, Lefèvre-Gineau commence par introduire un morceau de papier et un morceau de cuivre dans un tube de verre. Il le retourne, le morceau de cuivre arrive le premier en bas, puis après avoir fait le vide au moyen d'une machine pneumatique, il retourne à nouveau le tube et fait constater que les deux objets arrivent en bas au même moment

Ce qui prouve évidemment que la loi de la pesanteur est telle que l'a exposée le citoyen professeur⁵⁷¹

Lefèvre-Gineau montre ensuite que l'eau peut bouillir à 38 degrés Réaumur lorsque l'on fait le vide au lieu des 80 degrés Réaumur habituels sous la pression atmosphérique⁵⁷² puis fait la même expérience avec de l'alcool et de l'éther. L'explication de Haüy utilise le calorique⁵⁷³ qui par sa force expansive permet le passage d'un état à un autre mais en plus exerce une force sur la pression de l'air

En sorte qu'au moment où il parvenait à vaincre cet obstacle, le corps passait à l'état de vapeur

Enfin, il montre qu'un charbon imbibé d'éther voit sa température diminuer lors de l'évaporation de l'éther car

les corps qui se dilatent enlèvent du calorique aux corps environnants

⁵⁶⁸ Un fil sur une poulie qui relie deux masses différentes.

⁵⁶⁹ Deux hémisphères accolées dans lesquelles on a fait le vide deviennent impossibles à séparer de part l'action de l'atmosphère.

⁵⁷⁰ Une colonne de mercure a une hauteur d'environ 76 cm, et laisse apparaître un vide dans le tube où elle se trouve.

⁵⁷¹ Haüy avait énoncé que la pesanteur agit également sur toutes les molécules des corps, et que si certains corps moins denses mettent plus de temps à arriver au sol, c'est parce que l'air leur oppose une plus grande résistance.

⁵⁷² L'échelle Réaumur utilise comme zéro le point de fusion de l'eau et le point d'ébullition de l'eau avec une valeur de 80. L'*Instruction sur les mesures déduites de la grandeur de la Terre* où Haüy propose de remplacer la graduation de Réaumur par une graduation centésimale a été publiée le 12 germinal an II (1^{er} avril 1794) mais c'est le 18 germinal an III (7 avril 1795) que la Convention adopte le système métrique. Les thermomètres de Lefèvre-Gineau sont donc encore gradués en degrés Réaumur.

⁵⁷³ Lavoisier a adopté cette théorie qui fait de la chaleur un fluide matériel.

Ce sont des expériences presque classiques maintenant que présente Lefèvre-Gineau, mais il ne faut pas oublier le but des cours de l'École normale de l'an III : il s'agit de former des enseignants et de leur montrer des expériences de cours convaincantes et reproductibles par ces futurs professeurs. Son discours est très clair, argumenté, nous sommes bien dans une expérimentation qui veut prouver. Mais à la lecture des interventions de Lefèvre-Gineau, on peut aussi constater le soin tout particulier qu'il apporte à présenter des résultats expérimentaux précis, comme par exemple dans le huitième débat pour justifier la loi du mouvement uniformément accéléré. À l'aide de la machine d'Atwood que nous avons déjà évoquée, et qui lui permet de mesurer les distances parcourues par une masse en chute verticale associée à un pendule qui mesure la seconde, il obtient les résultats suivants :

Vous voyez qu'à la fin de la première seconde, cette masse a frappé le curseur après avoir parcouru les 3 pouces qui répondent au temps de sa chute. Je vais placer le curseur à 12 pouces. La masse a parcouru ces 12 pouces en 2 secondes [...]. Fixons maintenant le curseur à 27 pouces. Ici la durée de la chute a été de 3 secondes.

Si l'on présente les mesures obtenues par Lefèvre-Gineau dans un tableau,

t (secondes)	1	2	3
t^2	1	4	9
d (pouces)	3	12	27

on constate effectivement que les deux dernières lignes correspondent à un tableau de proportionnalité. La distance parcourue est bien proportionnelle au carré du temps de chute. Soucieux de pédagogie, après avoir indiqué que les lois auxquelles est soumise la chute des corps sont dues à Galilée, Lefèvre-Gineau précise que

Les expériences qui avaient servi à vérifier ces lois ne pouvaient être transportées dans l'enseignement, à cause des hauteurs considérables dont il fallait faire tomber les corps, pour mesurer les espaces.

Lefèvre-Gineau montre ainsi que l'expérimentation dans l'enseignement nécessite un matériel adapté car l'expérimentation du chercheur n'est pas forcément aisée.

Ce souci pédagogique, et le soin de présenter des résultats précis et parlants, nous les retrouvons lors du neuvième débat lorsque qu'il mesure la masse de l'air contenu dans un ballon afin de déterminer la masse volumique de l'air :

Cela fait un peu plus de 11 gros pour 1728 pouces cube.

En convertissant ces valeurs avec les unités actuelles⁵⁷⁴, on obtient une masse volumique de l'air de $1,2 \text{ kg/m}^3$, ce qui est la valeur admise pour l'air considéré au niveau de la mer et à 20°C .

Même lorsqu'il réalise l'expérience des hémisphères de Magdebourg ou qu'il montre le phénomène du siphon, expériences déjà parlantes visuellement, Lefèvre-Gineau insiste sur la mesure des pressions, la hauteur de la colonne d'eau.

Évoquons à nouveau ici les expériences de Lavoisier et Laplace sur la mesure des chaleurs spécifiques. Haüy ne les évoque pas dans son cours à l'École normale⁵⁷⁵, probablement parce qu'elles ont déjà été mentionnées par Berthollet dans son cours de chimie mais elles présentaient quelques résultats remarquables qui auraient pu entrer dans le domaine de compétence de Lefèvre-Gineau. Ses travaux sur l'étalon de l'unité de poids pouvaient être reliés à la mesure de la chaleur latente de fusion de la glace calculée par Lavoisier et Laplace car après tout il s'agit de métrologie. De plus la valeur déterminée était assez précise. En effet, Lavoisier et Laplace indiquent que

La chaleur nécessaire pour faire fondre la glace est égale aux trois quarts de celle qui peut élever le même poids d'eau de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante.

Ce qui correspond à une chaleur latente de fusion de la glace de $313,5 \text{ kJ/kg}$, la valeur actuelle étant de $3339,6 \text{ kJ/kg}$. Or Lefèvre-Gineau ne présente pas non plus cette expérience. Il a présenté des expériences à ces futurs professeurs qui sont raisonnablement simples afin qu'ils puissent les mettre en oeuvre à leur tour pendant un cours, alors que les mesures de Lavoisier et Laplace sont des mesures du domaine de la recherche. Lefèvre-Gineau fait la différence entre une salle d'expériences de physique à but pédagogique et un laboratoire de recherche. En cela il se rattache aux choix de Haüy d'utiliser des expériences qui permettent le raisonnement et non pas

⁵⁷⁴ En gardant deux chiffres significatifs, $1 \text{ gros} = 3,8 \text{ g}$ et $1 \text{ pouce} = 2,7 \text{ cm}$.

⁵⁷⁵ Rappelons qu'il les évoque dans son cours de physique pour les lycées.

vocation à être du spectacle gratuit⁵⁷⁶. Par contre, que les mesures de Laplace et Lavoisier soient dans un livre de cours de physique comme celui de Haüy est finalement normal. Et ce n'est pas incompatible avec un enseignement efficace car Haüy, dont une grande partie des leçons a été consacrée à l'étude des cristaux, a néanmoins soigneusement décrit des appareils de mesures élémentaires comme le thermomètre, et en cela il se rapproche d'Hassenfratz à l'École polytechnique, ces descriptions ayant été sans aucun doute d'une grande utilité pour Joseph Fourier, élève de l'École normale de l'an III, avant de devenir lui même professeur à l'École polytechnique puis de créer la physique mathématique⁵⁷⁷.

Ainsi, même si nous n'avons pas de témoignages directs des cours de Lefèvre-Gineau au Collège de France, il est probable, si l'on considère son travail en tant que scientifique, que son enseignement de la physique est basé sur la mesure. D'ailleurs, nous pouvons mieux comprendre son intérêt à participer à la création d'un système d'unités cohérent, lorsque l'on voit la gymnastique intellectuelle nécessaire pour retranscrire les résultats obtenus avec nos valeurs. Finalement, les travaux de Lefèvre-Gineau sont destinés surtout à faciliter et à développer les applications de la science, sur la mesure précise des grandeurs physique usuelles et sur les unités nécessaires à ces mesures. Dans son article sur la physique au Collège de France⁵⁷⁸, Paul Langevin place dans cette même catégorie les mesures de Regnault sur la chaleur et les propriétés des gaz et des vapeurs. En fait il partage l'effort scientifique du Collège de France en deux aspects différents, l'un qui tend vers le but de la compréhension et de l'explication du monde pour la libération de l'esprit, but le plus élevé de la science selon Langevin, l'autre plus positif et plus utilitaire, où la science a plus pour but de mesurer et de prévoir afin de faciliter et de féconder l'action. Et comme le précise Langevin, ces deux attitudes, l'une spéculative, l'autre plus orientée vers les applications :

semblent prédominer alternativement au cours du développement de la physique, comme si l'une reposait sur l'autre et facilitait son retour.

Ces deux aspects sont parfaitement illustrés par Lefèvre-Gineau et les conditions de l'expérimentation qui déterminent la qualité de celle-ci sont la clé de cet enseignement de la

⁵⁷⁶ [BLONDEL, 2003]

⁵⁷⁷ [DHOMBRES, ROBERT, 1998]

⁵⁷⁸ [LANGEVIN, 1932].

physique dont nous assistons ici à sa formation en tant que discipline scientifique indépendante.

4.3. Ampère

4.3.1. Une candidature mouvementée

Louis de Launay⁵⁷⁹, dans son livre consacré à Ampère, qualifie d'histoire lamentable la candidature d'Ampère au Collège de France. C'est tout d'abord un décret du sous-secrétaire d'état à l'Intérieur Jacques Joseph de Corbière qui met fin aux 37 années de carrière de Lefèvre-Gineau au Collège de France, à la fois en tant qu'administrateur et en tant que professeur⁵⁸⁰. Aussitôt la place vacante, Ampère pose sa candidature pour deux raisons principales : la première est que la chaire au Collège de France est un peu mieux payée que sa chaire à l'École Polytechnique⁵⁸¹ où il enseigne l'analyse et la mécanique et la deuxième est la forme de l'enseignement du Collège de France où le professeur développe le sujet de son choix aussi librement que possible devant un auditoire acquis d'avance. Alors qu'à Polytechnique, on lui demande de rédiger ses cours... De plus, depuis 1820 et les compte-rendus à l'Institut des expériences d'Oersted, Ampère est physicien. Son enseignement très mathématique à l'École Polytechnique n'est plus son principal centre d'intérêt. Seulement voilà : pour être élu, il faut officiellement un vote des professeurs du Collège de France, un vote de l'Académie des Sciences et une désignation par le ministre. Or Ampère accumule les maladresses. Il va voir Lefèvre-Gineau, qui le prend très mal, il oublie de voir Sylvestre de Sacy et en plus Fresnel aussi se

⁵⁷⁹ LAUNAY L. *Le grand Ampère*, Paris : Perrin, 1925.

⁵⁸⁰ Les professeurs du Collège sont pourtant inamovibles de par les statuts originels datant de François I^{er}. Le fait est si peu habituel qu'on laisse son traitement à Lefèvre-Gineau. Il est probable que les opinions libérales de Lefèvre-Gineau sont la cause de son éviction ainsi que le fait qu'il se soit opposé à la nomination de Binet comme successeur de Delambre, le professeur d'astronomie décédé en 1821. Mathieu, son suppléant avait été présenté par le Collège. Son successeur, Sylvestre de Sacy, est plus dans la ligne du gouvernement de l'époque. C'est toutefois un remarquable linguiste et orientaliste, lui même ancien professeur de persan au Collège de France et administrateur de l'École spéciale des langues orientales. Champollion fut son élève.

⁵⁸¹ Or Ampère a quelques soucis d'argent en cette année 1824. Bien que membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique et inspecteur général de l'université, ayant acheté des instruments de physique, il doit emprunter 50 francs à Fresnel pour les frais de son ménage.

présente ! Le jour du vote au Collège de France, Ampère ne compte que trois voix et Fresnel deux. Les professeurs ont choisi François Beudant, le successeur d'Haüy à la chaire de minéralogie et géologie de la faculté des sciences de Paris. Mais finalement, après quelques péripéties et quiproquos⁵⁸², Ampère est finalement choisi en juillet 1824 et une ordonnance du Roi du 20 août 1824 le nomme professeur de physique expérimentale au Collège de France⁵⁸³.

4.3.2. Les cours d'Ampère au Collège de France

Si nous avons eu souvent à déplorer l'absence de témoignages directs sur les cours de physique des professeurs au Collège de France, dans le cas d'Ampère c'est tout le contraire. Il y en a peut être même trop ! Nous disposons en effet des manuscrits d'Ampère conservés dans ses archives à l'Académie des Sciences, dont une grande partie a été numérisée⁵⁸⁴ ainsi que des notes de cours d'un de ses auditeurs au Collège de France. Seulement voilà, à part pour cette dernière source, qui est l'image fidèle de ce qu'il a dit, avec Ampère, il sera difficile de distinguer ce qui est d'une part du domaine du projet, du brouillon, de la note de cours et d'autre part de ce qui est du domaine de la réalité enseignée, quand les documents ne mélangent pas ce qui est du domaine du collège de France et de la réflexion que mène Ampère sur l'enseignement des sciences physiques dans les collèges royaux en tant qu'inspecteur général de l'université. Le rythme des cours est soutenu, l'année est toujours organisée en deux semestres avec une interruption de deux ou trois semaines entre les deux, et le règlement de 1825 stipule que chaque professeur doit faire trois leçons par semaine du 20 novembre au 20 juillet. Mais comme il n'y a pas l'ensemble des affiches des cours pour la période, nous allons reconstituer la chronologie de l'enseignement d'Ampère jusqu'en 1830.

⁵⁸² L'Académie des Sciences ne soutient pas Beudant. Ampère se retire, mais Beudant renonce au profit d'Ampère qui passe alors pour le candidat du gouvernement. Les courriers qu'Ampère écrit à son fils à ce sujet montrent un homme bien perdu dans ces complications. D'autant plus que l'administration de l'instruction publique dirigée par Frayssinous lui demande sa démission d'inspecteur général qu'il accepte et il doit garder son cours à Polytechnique. Ce n'est qu'en 1828 qu'il redevient inspecteur général, et qu'il peut alors démissionner de son poste à l'École Polytechnique.

⁵⁸³ Les compte-rendus des différents votes sont dans le dossier personnel d'Ampère, ACF, cote C-XII.

⁵⁸⁴ <http://www.ampere.cnrs.fr/manuscrits/parcourir/>

Nous avons le texte, plus exactement un plan de cours de la leçon du 6 décembre 1824 qui traite de l'élasticité et dont voici un extrait retranscrit :

18. Une partie solidifiée reste donc suspendue en équilibre, donc les poussées qui s'exercent sur sa surface font équilibre à son poids, il en résulte donc une force égale et opposée à ce poids, la surface restant de même, elle reste la même en remplissant la même surface d'une substance plus ou moins pesante. Mais alors on a la différence pour faire monter ou descendre suivant que cette substance est plus légère ou plus lourde à volume égal, la poussée verticale est donc égale au volume d'eau déplacé.

19. Le prouver avec le cylindre creux de la balance hydrostatique.

20. Expérience avec liège, bois, cire etc. [illisible] pierre, métaux etc.

21. Ballon quand le corps est plus léger [arrivé] en haut il flotte, voyez flotter le bois sur l'eau, le fer sur le mercure.

Il s'agit bien d'un cours s'appuyant sur des expériences. D'ailleurs, en 6 juillet 1826, Ampère obtient la nomination d'un préparateur, Félix Savart, son collègue à l'Académie des Sciences⁵⁸⁵.

Changement complet pour l'année 1826 où nous disposons du cours noté par Joseph Liouville, élève de l'École Polytechnique, qui assiste aux leçons d'Ampère. Il s'agit d'un cours de physique mathématique, plus exactement de mécanique. La lecture de ces cinq cahiers est relativement aisée car le cours d'Ampère est très similaire à un cours actuel de mécanique de par le formalisme utilisé⁵⁸⁶ mais il n'y a pas de références à des expériences dans le cours. Il semble qu'Ampère donnait soit des leçons purement théoriques soit des leçons consacrées aux expériences.

On trouve ainsi dans le descriptif des leçons données également en 1826, la même année que celle du cours suivi par Joseph Liouville, des mentions comme :

Expérience avec une grande flamme d'esprit de vin dont on cache successivement diverses parties donner aux parties découvertes différentes formes [...] Réunir les couleurs du prisme pour montrer qu'elles font du blanc [...] Boule de verre de M.Pixii [...] Influence de l'opacité, de la couleur du corps sur l'échauffement. Deux boules contenant un même liquide coloré dans l'une et non coloré dans l'autre. Montrer que celui où le liquide est transparent s'élève lorsqu'on noircit le tube...

⁵⁸⁵ Félix Savart remplace Ampère, malade, en 1829 et 1830. Il prendra sa suite au Collège de France à la mort d'Ampère en 1836.

⁵⁸⁶ Par exemple, l'abscisse d'un point en mouvement est décrite par $x = a + vt$

C'est ce que l'on constate également pour le deuxième semestre 1828 :

M. Ampère continuera la partie de son cours qui est relative aux forces et aux mouvements moléculaires; il traitera d'abord de la Chaleur et de la Lumière. Il montrera comment tous les phénomènes qui s'y rapportent s'expliquent avec la plus grande facilité lorsqu'on les considère comme produits par des mouvements vibratoires, quels sont ceux dont on ne peut rendre raison dans aucune hypothèse, et en quoi consiste la différence entre les mouvements auxquels sont dus les phénomènes de la Chaleur et ceux de la Lumière. Il s'occupera ensuite de l'Électricité moléculaire et terminera son cours par l'application de toutes les parties de la Physique à l'explication des phénomènes généraux de notre globe, ou de la météorologie.

Leçons consacrées aux expériences les lundis et vendredis. Leçons purement théoriques, les mercredis.

Et donc pour cette année universitaire 1827-1828, ce n'est ni plus ni moins que toute la physique, y compris la physique du globe, qu'Ampère se propose d'enseigner. On retrouve dans ses nombreux projets de cours un corpus considérable de connaissances, et toujours appuyées sur l'expérience comme nous le prouvent les commandes qu'il a effectuées et reçues auprès des fournisseurs de matériels⁵⁸⁷. On y trouve pêle-mêle un dynamomètre hydrostatique, un électroscope, un appareil pour la liquéfaction de l'acide carbonique ou encore une grande table portant des conducteurs fixes et mobiles pour les lois de la répulsion électrodynamique. Les expériences de Lavoisier et Laplace font partie intégrante de ce cours. Nous n'en avons pas le détail, mais d'une part la commande d'un calorimètre et la mention dans les notes de cours d'Ampère des calorimètres de Lavoisier et de Rumford, ainsi que de la

diversité de capacité pour la chaleur

indiquent bien la place de ces expériences dans son exposé. Ampère ne devait sans doute pas refaire toutes les mesures mais montrer concrètement le principe de celles-ci.

Avec un contenu aussi riche, Ampère n'hésitait pas à exposer ses vues personnelles sur la constitution des corps et la nature de la chaleur et de la lumière, ce qui l'éloigne quelquefois de

⁵⁸⁷ Le dossier personnel d'Ampère au Collège de France comprend un état des dépenses engagées chez Pixii et Dumotiez pour les instruments de physique, chez Robiquet pour des produits chimiques et chez Acloque pour de la verrerie. Dès 1824, Ampère a acheté chez Bréguet un appareil pour démontrer la force d'inertie.

son propos. Dans la biographie d'Ampère qu'Arago lut à l'Académie des sciences en 1839, il dit que :

Quand on parle des savants, nos contemporains, dont les facultés immenses ont été mal appliquées, le nom d'Ampère est le premier qui se présente à la pensée. Un homme d'Etat, célèbre par ses bons mots, disait d'un de ses adversaires politiques : « *sa vocation est de ne pas être ministre des Affaires étrangères.* » A notre tour, nous pourrions affirmer à l'égard d'Ampère, que sa vocation était de ne pas être professeur. Cependant c'est au professorat qu'on l'a forcé de consacrer la plus belle partie de sa vie, c'est par des leçons rétribuées qu'il a toujours dû suppléer à l'insuffisance de sa fortune patrimoniale. Mais le savoir, mais le génie ne suffisent pas [...] on doit l'avouer, les leçons en souffraient; mais les forces d'un homme de génie auraient facilement reçu un emploi plus judicieux, plus utile.

Cet esprit universel a même rédigé un mémoire sur la création d'un cours de philosophie des sciences au Collège de France et ses derniers cours seront consacrés aux rapports mutuels et la classification naturelle des sciences, les lundis, et à leurs principes fondamentaux et en particulier ceux de la physique, les mercredis et vendredis.

Ainsi, au Collège de France, Ampère construit une représentation abstraite, adéquate et synthétique du monde qui nous entoure, fondée sur l'expérience. Paul Langevin, pour qui l'expérience d'Oersted est aussi fondamentale dans l'évolution de la physique que la découverte des rayons de Röntgen, estime que la loi quantitative de Biot et Savart, d'ailleurs établie au laboratoire du Collège de France, et concernant l'action d'un courant rectiligne sur un aimant voisin, reste interprétée comme l'avait fait Oersted comme le conflit des électricités dans le fil tout comme l'aimant communique au métal du fil une vertu analogue à celle qui résulte de l'aimantation d'un morceau de fer sous l'action d'un aimant. La loi de Laplace qui traduit le résultat des expérimentations de Biot et Savart fonctionne dans le même cadre. L'action nouvelle est purement magnétique. Le conducteur a une aimantation spéciale due au courant. Alors que l'idée d'Ampère est de ne plus considérer le courant comme transformant le fil en un nouveau type d'aimant, ce qui ne conduit à rien de simple dans l'immédiat, mais de chercher au contraire ce que devenait l'action quand on remplaçait l'aimant par un autre courant. D'où la justification de son expérience des deux fils parallèles⁵⁸⁸.

⁵⁸⁸ Il n'est pas dans notre propos de développer ici sur celui que Maxwell appelait « le Newton de l'électricité » car de nombreuses études ont été consacrées à ce sujet. On pourra en particulier consulter BLONDEL C. *Ampère et la*

L'expérimentation en physique au Collège de France a illustré ce tournant concernant sa place dans la constitution de la physique, et un esprit aussi complet que celui d'Ampère a visiblement passé un temps considérable à articuler les différentes facettes constituant l'enseignement de la physique que Michel Hulin qualifiait d'enseignement impossible⁵⁸⁹. Les découvertes d'Ampère sont essentiellement liées à l'Académie des Sciences qui reste le lieu de la validation du savoir scientifique.

5. BIOT ET LA CHAIRE DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE

Pour conclure notre étude sur les conditions de l'expérimentation au Collège de France, nous allons évoquer la chaire de physique mathématique que nous avons laissée aux mains de Cousin en 1785. Physique mathématique donc, où il ne saurait être question d'expérimentation car si le dossier personnel de Biot ne donne aucune indication sur les intitulés de ses cours, un registre de 1808 qui a pour titre *Registre pour le cours de mécanique céleste de Mr Biot, commencé le 1er décembre 1808* nous permet de supposer qu'il s'agissait bien toujours de physique mathématique. Lorsque Biot est remplacé pour l'année universitaire 1827-1828, c'est Cauchy qui le remplace. Il est peu probable que la physique mathématique soit devenue expérimentale à son contact.

Mais, étonnamment, dans le cadre du Collège de France, Biot écrit à Sylvestre de Sacy, l'administrateur, afin de disposer dans les combles du Collège de France de deux chambres dans lesquelles :

j'ai disposé mes appareils de polarisation: et j'ai fait placer tout autour des planches pour déposer les produits de mes expériences ainsi que les divers objets dont je me sers.

Finalement après discussion avec la direction des bâtiments et monuments publics, les deux pièces restent provisoirement à la disposition de Biot. Et dans la monographie intitulée *La vie et l'œuvre de Jean Baptiste Biot* dont Émile Picard fit la lecture en 1929 à l'Académie des Sciences,

création de l'électrodynamique (1820-1827), Paris: Bibliothèque nationale, 1982, ainsi que LOCQUENEUX R. *Ampère, encyclopédiste et métaphysicien*, Les Ulis: EDP sciences, 2008.

⁵⁸⁹ HULIN M. *Le Mirage et la nécessité. Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*, Paris : Presses de l'École normale supérieure, 1992.

ce dernier considère que c'est son travail sur le pouvoir rotatoire qui est le plus marquant de tous ces travaux, contribuant par là même à relier physique et chimie. Il est notable que ces expériences aient eu lieu au Collège de France, définitivement le lieu où peuvent se constituer ces sciences, y compris dans leur interconnexions. Mais ce n'était pas dans un but d'enseignement mais bien de recherches que ces interconnexions ont eu lieu.

Ainsi donc, lieu de la liberté totale de l'enseignant et de la liberté totale de l'auditeur potentiel d'assister ou pas à ses cours, le Collège de France n'a pas été un laboratoire pédagogique où aurait pu se construire une pédagogie de l'expérimentation et de la connaissance dans le cadre de la physique libre de tout carcan. À la lecture des innombrables ratures des préparations de cours d'Ampère, il est visible que cette construction n'était pas évidente. Si l'on perd de vue le côté « enseignement professionnel » de la physique comme pour les ingénieurs, très vite le programme devient complexe, car par contre le Collège de France a bien montré qu'encore une fois, faire de la physique, et pas seulement l'enseigner, c'est bien être à l'intersection d'au moins deux démarches différentes, à savoir mathématique et expérimentale, et que l'on ne peut échapper aux deux, même en partant d'une seule d'entre elles.

CONCLUSION

Parvenu au terme de cette étude sur les conditions dans lesquelles s'est déroulée l'expérimentation en sciences physiques et sur sa contribution à la formation des savoirs scientifiques, nous avons donc montré dans un premier temps que la physique des collèges Oratoriens de l'Ancien Régime a permis de commencer à concilier dans un même enseignement une physique philosophie de la nature et une physique expérimentale, mais que cet enseignement pouvait se faire ou être complété en dehors d'un établissement scolaire. En cela nous étions bien dans un ancien régime des savoirs car il y avait déjà des ingénieurs, il y avait des professeurs, il y avait des constructeurs d'appareils spécifiques à l'enseignement parfois également montreurs de science, il y avait une culture des Lumières disponible dans les bibliothèques publiques pour un public qui pouvait alors apprécier que l'expérience soit aussi un spectacle lorsqu'il voyait s'élever des aérostats. C'est sur ce terrain fertilisé que la Révolution a pu amener une conception pédagogique d'un enseignement des sciences physiques intégrant la pratique expérimentale, jusqu'à parler de méthode expérimentale pour l'enseignement. Le métier d'enseignant a été professionnalisé mais pourtant, le lycée impérial a fait disparaître cet enseignement ou plus exactement l'a souvent ramené à une culture livresque. Pourquoi ? Parce que jugé coûteux sans doute mais surtout parce que jugé inutile dans le cadre de l'enseignement secondaire. L'expérience intervenait dans l'exposé de la théorie, mais la pratique expérimentale n'était pas nécessaire. L'expérience ne se suffit pas à elle-même pour justifier de son existence dans un enseignement « général » sans objectif professionnalisant.

En parallèle, dans un deuxième temps, nous avons montré la montée en puissance de l'ingénieur qui, après le savant et l'homme de l'art, pouvait enfin relier théorie et pratique, et être, comme l'avait pressenti le philosophe et mathématicien Christian Wolff dans son avant-propos à la traduction en allemand de *l'Architecture hydraulique*⁵⁹⁰ de Bélidor, ce troisième homme pouvant unifier la science et l'art. Ainsi, comme l'a montré Antoine Picon⁵⁹¹, l'École des ponts et chaussées, dont *l'Architecture Hydraulique* était justement un des livres d'étude incontournables,

⁵⁹⁰ *Architecture hydraulique, ou l'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différents besoins de la vie*, a été publié en 1737 par l'ingénieur militaire Bernard Forest de Bélidor.

⁵⁹¹ PICON A. *L'invention de l'ingénieur moderne. L'École des Ponts et chaussées, 1747-1851*, Paris : Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 1992.

a joué un rôle décisif dans l'émergence de l'« ingénieur moderne », en transformant une culture professionnelle proche de celles des hommes de l'art en une approche analytique des problèmes de construction nécessitant sciences mathématiques et physiques. Et s'il y a bien une pratique qui demande des compétences d'ingénieurs, c'est bien la pratique expérimentale, qui nécessite des compétences à la fois scientifiques, techniques et même parfois économiques. De plus, l'École royale du Génie de Mézières puis l'École Polytechnique ont permis de mettre en contact le monde des ingénieurs, les élèves, avec le monde des savants, leurs professeurs, ces savants devenus acteur d'un nouveau pouvoir en France à partir de la Révolution. Mais c'est aussi le degré de mathématisation des sciences physiques qui ont contribué au positionnement de leur enseignement. Tout autre que le débat philosophique entre théorie et expérience, c'est au plus haut niveau des instances éducatives que se sont opposées deux visions des sciences physiques, le terme lui-même faisant débat, à savoir les tenants d'une physique mathématisée dissociée d'une chimie liée à l'histoire naturelle d'un côté, et d'un autre les partisans d'un rapprochement de la physique et de la chimie au titre de leurs aspects expérimentaux. Même si ce sont les seconds qui semblent l'avoir finalement emporté, on pourrait presque parler d'une opposition entre physique sérieuse, ou pour le moins savante et mathématique, à une pratique expérimentale, la réflexion didactique sur l'aspect utile de l'expérimentation n'ayant pas été le facteur déterminant de sa place dans l'enseignement de la physique. Postérité de l'École normale de l'an III, où l'expérience de physique appuyait le discours du professeur, il y a été établie une tradition académique de la leçon de physique, terme que l'on retrouve encore dans l'actuel concours de l'agrégation, où l'épreuve de montage est dissociée de la leçon. Et l'on a continué à différencier une agrégation de physique et une de chimie sous la forme d'options de l'agrégation de physique-chimie. Les traditions perdurent. Finalement, s'il y a eu des travaux pratiques de chimie à l'École Polytechnique, c'est parce que cela était utile, tout comme l'était la coupe de pierre à Mézières. La physique expérimentale n'avait pas d'utilité sérieuse ou demandait au contraire des compétences mathématiques trop élevées.

Cette prééminence des mathématiques, que l'on peut renvoyer à l'essence même de l'enseignement de l'École Polytechnique, n'a pourtant pas empêché l'émergence d'un autre facteur influant le contenu même de l'enseignement des sciences physiques, à savoir la nécessité d'un savoir de l'ingénieur qui va apparaître peu à peu sous des termes comme « cours sur les machines », ou encore « cours de chimie appliquée aux arts ». Ce savoir ne pouvait pas être le fondement des savoirs de l'École Polytechnique, mais il ne pouvait pas être non plus délivré dans

les facultés des sciences comme sur le modèle allemand par exemple. En effet, comme l'a indiqué Bruno Noguès⁵⁹², on peut considérer que l'université post révolutionnaire rate l'enseignement des sciences physiques. Pourtant, les facultés devaient être la suite du lycée impérial comme leur statut de 1810 le prévoyait. Ce même statut qui indiquait que les professeurs des hautes classes des lycées étaient membres de droit des facultés. Mais c'est un problème d'objectifs de l'enseignement qui a fait gripper la machine car dès l'origine, le contenu des cours de faculté doit rendre compte de l'avancée de la recherche et témoigne d'un souci épistémologique absent de la réglementation sur les lycées. Bref, ce n'est pas l'université des métiers et encore moins une université technologique. Pourtant, l'université avait des cours publics, tout comme le Collège de France, libéré, lui, de tout carcan réglementaire. Mais la question « qu'est-ce que la physique et comment l'enseigner ? » a suffi à occuper le cadre de ses leçons. Le public lui même pose question. Il est difficile de satisfaire dans un même cours des auditeurs profanes, qui ne souhaitent surtout pas un enseignement trop poussé, et les étudiants qui veulent progresser. Or il fallait tout de même bien avoir quelques pré-requis pour suivre les cours d'Ampère au Collège de France, surtout lorsqu'il s'attela à la physique mathématique à laquelle il n'avait pu échapper. Ce que nous a montré le Collège de France, c'est que la question ne se pose pas de façon binaire entre physique expérimentale et physique théorique. La physique expérimentale d'Ampère l'a amené à une théorie fondée sur l'expérience, et la physique mathématique de Biot ne l'a pas empêché de produire un travail expérimental de grande qualité. L'originalité de la physique, c'est bien d'être le point de convergence de démarches mathématiques, expérimentales, pratiques, et vouloir dissocier ces démarches est aller à l'encontre de ce que décriait Fontenelle, que nous avons déjà cité :

la physique était alors comme un grand royaume démembré, dont les provinces ou les gouvernements seraient devenus des souverainetés presque indépendantes [...] La physique appauvrie et dépouillée n'avait plus pour son partage que des questions également épineuses et stériles.

Mon hypothèse était qu'une interaction entre l'expérimentation et l'enseignement des sciences physiques ne pouvait aboutir que s'il y avait comme objectif de former des ingénieurs.

⁵⁹² NOGUES B « Élèves ou auditeurs ? Le public des facultés de lettres et de sciences au XIX^e siècle (1808-1878) », *Histoire de l'éducation*, 2008, 120.

Comme j'ai tenté de le montrer, si cette interaction a bien eu lieu, c'est uniquement à l'École royale du Génie de Mézières, avec les limitations de son époque et pour une moindre part à l'École Polytechnique, ce qui valide mon hypothèse. Et pour conforter cette démonstration, deux autres faits sont à évoquer.

Le premier est qu'en 1830, le temps a donc passé où l'on pouvait se renfermer dans les abstractions philosophiques lorsque l'on enseignait la physique: la science a modifié l'industrie, et l'industrie à son tour a modifié les conditions de la science. C'est particulièrement vrai si l'on regarde la chimie, « science physique » éminemment expérimentale a priori. Or, comme l'a montré Sacha Tomic⁵⁹³, la mise en place des travaux pratiques de chimie dans les établissements d'enseignement a été très longue. La raison en est qu'il fallait trancher entre former des citoyens éclairés, aptes à comprendre les enjeux sociaux de la chimie ou bien former des professionnels de l'industrie et de la recherche. Car dans le premier cas, des cours magistraux suffisent, éventuellement illustrés de quelques démonstrations plus spectaculaires que didactiques, tandis que dans le second, la pratique est indispensable. La demande de cadres pour l'industrie chimique augmentant, à la fin du XIX^e siècle on ouvre de nouveaux établissements comme l'École municipale de physique et de chimie industrielles à Paris en 1882 alors qu'au contraire le Collège de France, ne délivrant pas de diplôme, forme davantage des citoyens que des ingénieurs. C'est ce qui s'est passé pour la physique et les sciences de l'ingénieur avec la création de l'École centrale.

Le deuxième est que dans le projet initial de l'École Polytechnique, qui devait s'appeler « Travaux publics » on devait y dispenser selon les termes de Gaspard Monge

toutes les connaissances positives qui sont nécessaires pour ordonner, diriger et administrer les travaux de tous les genres, commandés pour l'utilité générale, et exécutés aux frais de la République.

L'analyse et la mécanique n'y représentaient que 10% de l'emploi du temps. Mais très vite, le poids des mathématiques, le rôle de la Société d'Arcueil transformant le projet de Monge en projet de Laplace font que la vocation aux arts et métiers de Polytechnique passe au Conservatoire des Arts et Métiers où Charles Dupin, ancien polytechnicien, aura pour mission en

⁵⁹³ TOMIC S. « Le cadre matériel des cours de chimie dans l'enseignement supérieur à Paris au XIX^e siècle », *Histoire de l'éducation*, 2011, 130.

1819 de créer un enseignement public et gratuit pour l'application des sciences aux arts industriels.

Former des ingénieurs structure donc l'enseignement des sciences physiques dans ses liens avec l'expérimentation et en ce qui concerne le lien entre le monde des mathématiques et celui des ingénieurs, ce sont les sciences physiques qui l'établissent, et c'est ainsi que l'enseignement de la physique comprendra la mécanique et la thermodynamique. On peut s'en convaincre en constatant le rôle fondamental de Claude Navier, polytechnicien puis professeur de mécanique appliquée à l'École nationale des Ponts et chaussées à partir de 1819. La convergence du caractère instrumental de l'art d'un ingénieur avec des outils mathématiques tels que les équations aux dérivées partielles permettent à Navier de mathématiser les savoirs techniques donnant lieu à la théorie de l'élasticité, de l'hydraulique et jusqu'à la résistance des matériaux, science de l'ingénieur par excellence⁵⁹⁴. Et nous rejoignons John L. Heilbron⁵⁹⁵ qui relie l'essor de la physique mathématique à l'influence du programme newtonien de Laplace mais aussi à l'émergence d'une expérimentation de précision qui avait démarré avant les ruptures de la période révolutionnaire. On peut en juger par la précision remarquable de la mesure de la chaleur latente de fusion de la glace réalisée par Lavoisier et Laplace et dont le résultat est publié en 1780, et ce bien dans le cadre d'une expérimentation de physique et non pas de philosophie naturelle comme aurait pu le faire Cavendish. Cette expérimentation devient expérience dans les cours de physique des différents établissements que nous avons étudiés, et deviendra travaux pratiques dans les écoles d'ingénieurs après 1830. Ce mouvement de balancier met en évidence des enjeux plus globaux en matière d'enseignement scientifique comme en matière de définition des disciplines. La mécanique, une des sciences de base de tout ingénieur, s'est ainsi promenée entre mathématiques et physique jusqu'à une période très récente.

Sur les perspectives qu'ouvrent ces résultats, je m'étais positionné au début de ces recherches à la fois comme un praticien de l'enseignement des sciences physiques et comme un historien des sciences.

En tant que praticien, tout comme à un moment donné des parties de notre actuelle physique quittaient celle-ci en fonction de leur degré de mathématisation, nous pouvons constater qu'aujourd'hui ce sont les parties d'ingénierie qui quittent à leur tour la physique : les actuelles

⁵⁹⁴ [PICON, 1992].

⁵⁹⁵ HEILBRON, J.L. "Weighing imponderables and Other quantitative Science Around 1800", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, Supplement to vol.24. part.1, 1993, Berkeley: University of California Press.

spécialités de sciences de l'ingénieur reprennent de nombreuses connaissances qui sont du domaine de la mécanique, de l'électricité et de l'électronique, ces deux dernières ayant été appelées « physique appliquée » pendant une période, bénéficiant même d'une option à l'incontournable agrégation de sciences physiques, option qui excluait la chimie du corpus de connaissances exigées. Mais il semble qu'aujourd'hui, l'expérimentation s'efface peu à peu des contenus de l'enseignement des sciences physiques. Après une apparition triomphante dans l'épreuve du baccalauréat, dont nous avons vu combien il avait structuré les contenus de l'enseignement, l'épreuve d'évaluation des compétences expérimentales en sciences physiques s'inscrit non pas dans le rôle de l'expérimentation dans la construction des savoirs mais dans la nouvelle tendance de l'enseignement des sciences physiques, à savoir l'enseignement par compétences. Démarche intéressante s'il en est, mais qui suppose une profonde réflexion sur l'articulation entre expérimentation et formulation mathématique. Or, nous constatons surtout actuellement une profonde méconnaissance mutuelle des savoirs respectifs des sciences physiques et des mathématiques, alors qu'il semble bien que l'alliance entre des connaissances mathématiques solides et des pratiques expérimentales ont donné quelques beaux résultats, pour ne citer que Coulomb ou Fresnel. La question des apports mutuels entre raisonnement abstrait et empirisme reste donc finalement ouverte et si l'objectif de former des ingénieurs a structuré les liens entre expérimentation et enseignement des sciences physiques, il faudrait étudier la réciproque à savoir si l'enseignement des sciences physiques et l'expérimentation peut structurer la formation des ingénieurs et de quelle manière.

En tant qu'historien des sciences maintenant, si l'incontournable abbé Nollet dispose de nombre de publications à son sujet, j'ai pu constater que Sigaud de Lafond était moins bien servi. Il bénéficie certes d'un remarquable site internet⁵⁹⁶ réalisé par une équipe de professeurs de sciences physiques, ce qui n'aurait pas été pour déplaire à cet homme des Lumières, mais je pense qu'une étude biographique plus complète encore pourrait lui être consacrée. Je crois en particulier que la visée pédagogique des ouvrages de Sigaud de Lafond est plus aboutie pour un public scolaire que celle de l'abbé Nollet. C'est en tout cas un sujet qui mérite une étude avec la méthodologie de l'histoire des sciences.

Histoire des sciences encore, la notion de mise en perspective historique, qui est l'un des outils fondamentaux de notre discipline, nous imposera de nous intéresser à l'après 1830. Nous

⁵⁹⁶ http://s.bourdreux.free.fr/cabinet_Sigaud/index.htm

avons arrêté notre étude au moment de la création de L'École centrale des arts et manufactures qui a repris pour partie l'ancien nom de l'École polytechnique, comme si le projet de Gaspard Monge restait encore à venir. L'École centrale des arts et manufactures a-t-elle structuré l'enseignement de la physique pour les ingénieurs en son sein et a-t-elle eu une influence sur la vision de cet enseignement ? C'est une question qui reste à traiter⁵⁹⁷, car si la République avait finalement bien besoin des savants, elle va également avoir bien besoin d'ingénieurs de l'industrie dans ce XIX^e siècle qui va voir le mariage apparemment paradoxal mais clairement revendiqué de l'Industrie et des Arts ainsi que l'émergence des ingénieurs civils.

⁵⁹⁷ A l'instar de l'étude d'Antoine Picon sur l'École nationale des Ponts et chaussées. [PICON, 1992]

BIBLIOGRAPHIE

ARCHIVES CONSULTEES

Archives municipales de Nantes :

Archives anciennes (antérieures à 1790)

BB 93 Liasse. Administration communale, délibérations de la ville de Nantes, 1753-1754.

DD 377 Liasse. Propriétés communales, supplément, 1766-1769.

FF 279 Registre. Justice, lieux publics, supplément, 1757-1789.

GG 651 Liasse. Culte, instruction et assistance publique, université 1576-1787.

GG 661 Liasse. Culte, instruction et assistance publique, collège de l'Oratoire 1655-1791.

Archives modernes (1790-1939)

R1 Carton 47 Dossier 1. Instruction publique, collèges et lycée de garçon, collège de l'Oratoire.

Archives départementales de Loire Atlantique :

Archives antérieures à 1790

H 345 Liasse. Clergé régulier, ordres religieux d'hommes, ordres divers, Oratoriens de Nantes, Collège Saint-Clément de Nantes.

H 346. Registre. Clergé régulier, ordres religieux d'hommes, ordres divers, Oratoriens de Nantes, Comptabilité.

Archives de l'époque révolutionnaire (1790-1800)

L 58 Registre. Administration du département de 1790 à l'an VIII, directoire du département, procès verbaux des séances, délibérations et arrêtés des membres du directoire.

L 70 Registre. Administration du département de 1790 à l'an VIII, administration centrale, délibérations et arrêtés, arrêtés pris au bureau de l'intérieur.

L 74 Cahier. Administration du département de 1790 à l'an VIII, administration centrale, délibérations et arrêtés, arrêtés, circulaires et instructions du bureau de l'intérieur.

L 616 Liasse. Administration du département de 1790 à l'an VIII, instruction publique, instruction secondaire.

L 620 Liasse. Administration du département de 1790 à l'an VIII, instruction publique, jury d'instruction publique.

L 626 Liasse. Administration du département de 1790 à l'an VIII, instruction publique, arts et sciences.

L 1051 Registre. Administration du département de 1790 à l'an VIII, administration des districts, répertoire, district de Nantes, livre des délibérations du directoire du district.

L 1060 Cahier. Administration du département de 1790 à l'an VIII, administration des districts, répertoire, district de Nantes, journal de correspondance.

Médiathèque de Nantes :

372 Manuscrit. Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques de France, t.XXII, XLII et LVIII.

373 Manuscrit. Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques de France, t.XXII, XLII et LVIII.

2521 Manuscrit. Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques de France, t.XXII, XLII et LVIII.

Bibliothèque municipale d'Angers :

H 3804 Liasse. Recueil de pièces relatives à divers collèges ou établissements d'instruction publique de l'Anjou. XVII^e - XIX^e.

Archives départementales du Maine et Loire :

13 Q 13 Liasse. Domaines, biens nationaux, Oratoire d'Angers, inventaires de 1792-1793.

Service historique de la Défense :

Ancien Régime

Article 18 Carton 1. 1748- 1783 ; Département de la Guerre, archives de l'Inspection du Génie.

Archives du Collège de France :

15 CDF 7 Dossier. Professeurs. Dossiers personnels-avant 1789. Ampère.

15 CDF 35 Dossier. Professeurs. Dossiers personnels-avant 1789. Biot.

15 CDF 182 Dossier. Professeurs. Dossiers personnels-avant 1789. Lefèvre-Gineau

Académie des sciences :

Histoire de l'Académie royale des sciences année 1783.

Archives Nationales :

Archives postérieures à 1789

AD^{XVIII}A32. Archives imprimées du pouvoir législatif, rapports, discours et opinions des députés.

F/17/1219/3 Carton. Versement des ministères et des administrations qui en dépendent, instruction publique, recherche et conservation des objets de physique et d'astronomie 1793-1800.

F/17/1344/1 Carton. Versement des ministères et des administrations qui en dépendent, instruction publique, Ecoles centrales.

F/17/7905 Carton. Versement des ministères et des administrations qui en dépendent, instruction publique, enseignement secondaire, lycées des départements.

OUVRAGES DE LITTÉRATURE PRIMAIRE EN SCIENCES PHYSIQUES

CHAPTAL, Jean-Antoine. *Chimie appliquée aux arts*, Paris : de Roret, 1830.

COULOMB, Charles-Augustin. « Premier mémoire sur l'électricité et le magnétisme », *Mémoire de l'Académie royale des Sciences*, 1785 [1788], p.569-577.

D'ALEMBERT, Jean. *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*. Introd. et annoté par Michel Malherbe, Paris : Vrin, 2000.

DESCARTES, René. *Principia philosophiæ*, Amsterdam : Elsevirium, 1644.

DU GUA DE MALVES, Jean-Paul. *Usages de l'Analyse de Descartes pour découvrir sans le secours du calcul différentiel les propriétés, ou affections principales des lignes géométriques de tous les ordres*, Paris : Briasson, 1740.

GALILEO, Galilei. *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*, traduction de Maurice Clavelin, Paris : Armand Colin, 1970.

LAVOISIER, Antoine Laurent, LAPLACE Pierre Simon. « Mémoire sur la chaleur », *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, 1780 [1784], p.355-408.

LAVOISIER, Antoine-Laurent. *Traité élémentaire de chimie*, Paris : Cuchet, 1789.

KEPLER, Jean. *Astronomia nova*, traduction de Jean Peyroux, Paris : Blanchard, 1979.

NEWTON, Isaac. *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, Londres: Innys, 1726.

NOLLET, Jean-Antoine. *Leçons de physique expérimentale*, Paris : Guérin, 1750.

NOLLET, Jean-Antoine. *L'art des expériences*, Paris : Durand, 1770.

PASCAL, Blaise. *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*, Paris : Desprez, 1663.

S'GRAVESANDE, Gulielmo Jacobo. *Physices elementa mathematica experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam*, Leyde: Langerak Verbeek, 1742.

SIGAUD DE LAFOND, Joseph-Aignan. *Leçons de physique expérimentale*, Paris : Des Ventes de la Douée, 1767.

SIGAUD DE LAFOND, Joseph-Aignan. *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, Paris : Gueffier, 1775.

SIGAUD DE LAFOND, Joseph-Aignan. *Précis historique et expérimental des différents phénomènes électriques*, Paris : Serpente, 1781.

OUVRAGES DE LITTÉRATURE SECONDAIRE

Nous avons choisi de thématiser cette partie de la bibliographie selon les différentes parties du texte, ce qui a fait apparaître une problématique liée à chacune des ces parties. Il s'est également dégagé le thème commun à toute la thèse, à savoir l'aspect matériel de l'enseignement de la physique et de la chimie, que nous avons rajouté en fin de bibliographie, afin que le lecteur puisse facilement se référer à cet aspect de l'enseignement expérimental.

Sciences physiques et expérimentation à Nantes : du collège oratorien au lycée impérial. Perspectives sur l'enseignement et l'éducation.

AMALOU, Thierry, NOGUÈS, Boris. (dir.) *Les universités dans la ville XVI^e-XVIII^e siècle*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2013.

ASTOLFI, Jean-Pierre, GIORDAN, André, GOHAU, Gabriel, HOST, Victor, MARTINAND, Jean-Louis, RUMELHARD, Guy et ZADOUNAISKY, Georges. *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?*, Paris : PUF, 1978.

ATTAL, Frédéric, GARRIGUES, Jean, KOUAME, Thierry, VITTU, Jean-Pierre. *Les universités en Europe du XIII^e siècle à nos jours : espaces, modèles et fonctions*, Paris : Publications de la Sorbonne, 2005.

AUBERT, Gauthier. « La noblesse et la ville au XVIII^e siècle. Réflexions à partir du cas rennais », *Histoire urbaine*, 2001, vol. 4, n^o2, p. 127-149.

BACHELIER, Alcime. *Essai sur l'Oratoire à Nantes au XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris : Librairie Nizet et Bastard, 1934.

BALPE, Claudette. « L'enseignement des sciences physiques : naissance d'un corps professoral (fin XVIII^e - fin XIX^e siècle) », *Histoire de l'éducation*, 1997, n^o3, p. 49-85.

BALPE, Claudette. « Constitution d'un enseignement expérimental : La physique et chimie dans les écoles centrales ». *Revue d'histoire des sciences*, 1999, t.52, n^o2, p. 241-284.

BALPE, Claudette. *Enseigner la physique au collège et au lycée. Une approche historique*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2001.

BALPE, Claudette. « Expérience, démonstration et instrumentation dans les lycées au XIX^e siècle ». *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 2002, n^o845, p. 1131-1146.

BARREAU, Joël, GUIFFAN, Jean, LITERS, Jean-Louis. *Un grand Lycée de province : le Lycée Clemenceau de Nantes dans l'histoire et la littérature depuis le 1^{er} Empire*, Thonon-les-bains : L'Albaron, 1992.

BELHOSTE, Bruno. « L'enseignement des mathématiques dans les collèges oratoriens au XVIII^e siècle » in *Le collège de Riom et l'enseignement oratorien en France au XVIII^e siècle*, EHRARD, Jean. (dir.), Paris : CNRS-éditions, et Oxford : Voltaire foundation, 1993.

BELHOSTE, Bruno, BALPE, Claudette, LAPORTE, Thierry. *Les sciences dans l'enseignement secondaire français*, t.1 1789-1914, Paris : INRP-Economica, 1995.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette. *Lavoisier, Mémoires d'une révolution*, Paris : Flammarion, 1993.

BOIS, Jean-Pierre. *Maurice de Saxe*, Paris : Fayard, 1992.

BOIS, Jean-Pierre. *Les guerres en Europe 1494-1792*, Paris : Belin, 1993.

BOIS, Paul. *Histoire de Nantes*, Toulouse : Privat, 1977.

BOISSIER, Gaston. « La réforme des études au XVI^e siècle », *Revue des Deux Mondes*, 1^{er} décembre 1882, p.590.

BOISTEL, Guy (dir), SAUZEREAU, Olivier. (dir) *Entre Ciel et Mer : des observatoires pour l'enseignement de l'astronomie, des sciences maritimes et le service de l'heure, en France et en Europe, de la fin du XVIII^e au début du XX^e siècle : institutions, pratiques et cultures*, Cahiers François Viète, Série II, n°8-9, 2016.

BOUDON, Jacques-Olivier. (dir) *Napoléon et les lycées*, Paris : Nouveau Monde éditions, 2004.

BRET, Patrice. « Un bateleur de la science : Le « machiniste-physicien » François Bienvenu et la diffusion de Franklin et Lavoisier », *Annales historiques de la Révolution française*, 338, 2004.

BRUNEAU, Olivier. PASSERON, Irène. « Des lions et des étoiles : Dortous de Mairan, un physicien distingué », *Revue d'Histoire des Sciences*, Paris : Armand Colin, 2015, t.68. n°2.

CHARTIER, Roger, COMPERE, Marie-Madeleine, JULIA, Dominique. *L'éducation en France du XVI^e au XVIII^e siècle*. Paris : SEDES-CDU, 1976.

CIFOLETTI Giovanna. « L'utile de l'entendement et l'utile de l'action : discussion sur l'utilité des mathématiques au XVI^e siècle », *Revue de synthèse*, Paris : Springer, vol.122, n°2-4, 2001.

COMPERE, Marie-Madeleine. *Du collège au lycée*, Paris : Gallimard, 1985.

COMPERE, Marie-Madeleine, JULIA, Dominique. *Répertoire des collèges français (XVI^e-XVIII^e siècles)*. 2 tomes. Paris : CNRS, 1983-1988.

COMPERE, Marie-Madeleine (dir.), SAVOIE, Philippe. (dir.) « L'établissement scolaire et l'histoire de l'éducation », *Histoire de l'éducation*, 2001, n°90.

CONDILLAC, Etienne. *Traité des systèmes*, Paris : Fayard, réédition 1991.

COSTABEL Pierre. « L'oratoire de France et ses collèges » in TATON, René.(dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.

CROSLAND, Maurice. *The Society of Arcueil: A view of French science at the time of Napoleon I*. London : Heinemann, 1967.

DAUMAS, Maurice. *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris : P.U.F, 1955.

DARNTON, Robert. *La fin des Lumières, le mesmérisme et la Révolution*, Paris : Perrin, 1984.

DHOMBRES, Nicole et Jean. *Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France 1793-1824*, Paris : Payot, 1989.

DHOMBRES, Jean.(éd.) *Un musée dans sa ville*, Nantes : Ouest éditions, 1990.

DHOMBRES, Jean.(dir.), *La Bretagne des savants et des ingénieurs: 1825-1900*. Rennes: Editions Ouest-France, 1994.

DHOMBRES, Jean.(dir.), *Aventures scientifiques. Savants en Poitou-Charentes du XVI^e au XX^e siècle*. Poitiers : Les éditions de l'Actualité Poitou-Charentes, 1995.

DURKHEIM, Emile. *L'évolution pédagogique en France*. Paris : P.U.F, 1938.

EHRHARDT, Caroline. « L'identité sociale d'un mathématicien et enseignant », *Histoire de l'éducation*, 2009, n°123.

FRIJHOFF, Willem, JULIA, Dominique, « Les Oratoriens de France sous l'Ancien régime. Premiers résultats d'une enquête », *Revue d'histoire de l'Église de France*, t.65, n°175, 1979. p. 225-265.

GOUPIL, Michelle. *Du flou au clair ? Histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*, Paris : Editions du CTHS, 1991.

GRAU, Hervé. « L'enseignement des sciences physiques fut-il révolutionnaire ? La physique expérimentale à Nantes, du collège oratorien à l'école centrale », *Annales historiques de la Révolution française*, 2000, n°320.

HUARD, Pierre. « L'enseignement médico-chirurgical » in TATON, René.(dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.

JULIA, Dominique. « La fréquentation des écoles centrales. Quelques hypothèses ». *Sciences et Techniques en Perspective*, 1983, n°2.

KOYRE, Alexandre. *Études galiléennes*, Paris : Hermann, 1939 1^{ère} édition, réédition 2001.

LACOARRET, Marie, TER-MENASSIAN. « Les universités » in TATON, René.(dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.

LAMANDE, Pierre. « La mutation de l'enseignement scientifique en France (1750-1810) et le rôle des écoles centrales: l'exemple de Nantes ». *Sciences et Techniques en Perspective*, 1988, n°15.

LELIEVRE, Claude, NIQUE, Christian. *Bâtisseurs d'école*, Paris : Nathan, 1994.

LEHMAN, Christine. « Les multiples facettes des cours de chimie en France au milieu du XVIII^e siècle », *Histoire de l'éducation*, 2011, n°130.

LE PICHON, Philippe. (dir.), ORAIN Arnaud. (dir.), *Graslin, Le temps des Lumières à Nantes*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2008.

LE ROY, Thierry. *Les bretons et l'aéronautique*, Rennes : PUR, 2002.

- LILTI, Antoine. *Le monde des salons: Sociabilité et mondanité à Paris au XVIII^e siècle*, Paris : Fayard, 2005.
- LOCHER, Fabien. « Les sciences et les techniques dans l'enseignement supérieur français (XIX^e-XX^e siècles) », *Histoire de l'éducation*, 2009, n°122.
- MAILLARD, Jacques. *L'Oratoire à Angers aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles*, Paris : Klincksieck, 1975.
- MARTIN, Jean-Clément. « Nantes-Paris, Paris-Nantes pendant la Révolution ». *Nantes dans l'histoire de la France*, Nantes : Ouest éditions, 1991.
- MICHAUX, Gérard. « Naissance et développement des académies en France au XVII^e et XVIII^e siècles », *Mémoires de l'Académie nationale de Metz*, 2007.
- NOGUÈS, Boris. *Une archéologie du corps enseignant. Les professeurs des collèges parisiens aux XVII^e et XVIII^e siècles (1598-1793)*, Paris : Belin, 2006.
- NOGUES, Boris « Élèves ou auditeurs ? Le public des facultés de lettres et de sciences au XIX^e siècle (1808-1878) », *Histoire de l'éducation*, 2008, n°120.
- MOREAU, Henri. *Le système métrique. Des anciennes mesures au système international d'unité*, Paris : Chiron, 1975.
- PESTRE D. (dir.) VAN DAMME S.(dir.) *Histoire des sciences et des savoirs 1. De la Renaissance aux Lumières*, Paris : Seuil , 2015.
- ROCHE, Daniel. *Le siècle des Lumières en province - Académies et académiciens provinciaux, 1680-1789*, Paris : Editions de l'EHESS, 1989.
- SAUPIN, Guy. (dir.) *Histoire sociale du politique. Les villes de l'Ouest atlantique français à l'époque moderne (XVI^e-XVIII^e siècle)*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2010.
- SCHIEBINGER, Londa. *The Mind Has no Sex, Women in the Origins of Modern Science*, Cambridge: Harvard University Press, 1989.
- SUTEAU, Marc. *Une ville et ses écoles. Nantes, 1830-1940*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 1999.
- TATON, René.(dir.) *La science moderne, Histoire générale des sciences*, t.II, Paris : P.U.F, 1958 1^{ère} édition, réédition Quadrige 1995 pour l'édition consultée.
- TATON, René.(dir.) *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris: Hermann, 1964.
- WARESQUIEL, Emmanuel. *Fouché, les silences de la pieuvre*, Paris : Tallandier, 2014.

VIEL Claude. « Le Dictionnaire de chimie de Pierre-Joseph Macquer, premier en date des dictionnaires de chimie. Importance et éditions successives », *Revue d'histoire de la pharmacie*, 2004, n°342.

Sciences physiques et expérimentations à l'École royale du Génie de Mézières et à l'École polytechnique : un modèle pérenne pour l'enseignement des sciences physiques en France ou une mode passagère ?

La physique et les mathématiques.

ANTOINE, Michel. *Louis XV*, Paris : Fayard, 1989.

AUGOYAT, (Colonel) Antoine-Marie. *Aperçu historique sur les fortifications, les ingénieurs et le corps du Génie en France*, 3 vol., Paris : TENERA, 1858 - 1864.

BARROW-GREEN, June. « A Corrective to the Spirit of too Exclusively Pure Mathematics: Robert Smith (1689-1768) and his Prizes at Cambridge University », *Annals of Science*, 1999, n°56. p. 271-316.

BELHOSTE, Bruno, PICON, Antoine, SAKAROVITCH, Joël. « Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la révolution » *Histoire de l'Éducation*, 1990, n°46, p. 53-109.

BELHOSTE, Bruno. « Éditorial » in DUPONT, Jean-Yves. *Le cours de Machines de l'École polytechnique, de sa création jusqu'en 1850*, *Bulletin de la SABIX*, n°25, octobre 2000.

BELHOSTE, Bruno. « La préparation aux grandes écoles scientifiques au XIX^e siècle: établissements publics et institutions privées », *Histoire de l'éducation*, 2001, n°90.

BLANCHARD, Anne. *Les ingénieurs du Roi de Louis XIV à Louis XVI. Etude du corps des fortifications*, Montpellier : collection du Centre d'histoire militaire et d'études de la défense nationale, n°9, 1979.

BLANCHARD, Anne. *Vauban*, Paris : Fayard, 1996.

BOTTING, Douglas. *Humboldt, un savant démocrate*, Paris : Belin, 1988.

BOUILLER, Victor. *Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799), essai sur sa vie et ses œuvres littéraires*, Paris : Édouard Champion, 1914.

BRET, Patrice. *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1780)*. Rennes : P.U.R, 2002.

BRET, Patrice. « Du laboratoire de l'Académie de Dijon à celui de l'École polytechnique, trente-six ans d'expérience d'enseignement de la chimie », *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École Polytechnique*, n°60, janvier 2017.

BRUNDTLAND, Terje. « Francis Hauksbee and his air pump », *Notes & records of the Royal Society*, 2012, n°66, p. 253-272

CARPENTER, Audrey.T. *John Theophilus Desaguliers : A Natural Philosopher, Engineer and Freemason in Newtonian England*, London: Continuum International Publishing Group, 2011.

DARDONVILLE, (Colonel) Bertrand. *L'École royale du Génie de Mézières*, Nancy : Berger-Levrault, 1948.

DHOMBRES, Jean. « La théorie de la capillarité selon Laplace, mathématisation superficielle ou étendue ? » *Revue d'histoire des sciences*, 1989, vol.42, n°1, p. 43-77.

DHOMBRES, Nicole et Jean. *Lazare Carnot*, Paris : Fayard, 1997.

DHOMBRES, Jean, ROBERT, Jean-Bernard. *Fourier, créateur de la physique mathématique*, Paris : Belin, 1998.

DUGAS, René, COSTABEL, Pierre. « Naissance d'une science moderne: la mécanique », dans TATON, René.(dir.) *La science moderne, Histoire générale des sciences*, t.II, Paris : P.U.F, 1958 1^{ère} édition, réédition Quadrige 1995.

FAUVEL, John, FLOOD, Raymond, WILSON, Robin J. *Oxford figures, 800 years of the Mathematical Sciences*, Oxford: Oxford University Press, 2000.

FOURCY, Ambroise. *Histoire de l'École Polytechnique*, Paris : Belin, réédition 1987.

GILAIN, Christian, GUILAUD, Alexandre.(dir), *Sciences mathématiques 1750-1850. Continuités et ruptures*, Paris : CNRS Éditions, 2015.

GILLISPIE, Charles Coulston.(éd.) *Dictionnaire of Scientific Biography*, New York: Scribners and Sons, 1970-1976.

GINOUX, Jean-Marc. *Les grandes découvertes de l'histoire de la physique et leurs démonstrations en 128 exercices*, Paris : Ellipses, 2018.

GOWING, Ronald. *Roger Cotes – Natural Philosopher*, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

GRISON, Emmanuel. *L'étonnant parcours du républicain J.H. Hassenfratz (1755-1827)*, Paris : Les Presses de l'École des Mines, 1996.

GRISON, Emmanuel. « Fourcroy », dans *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École Polytechnique*, vol. 23, avril 2000.

- GUERLAC, Henry. « Francis Hauksbee: Expérimentateur au profit de Newton », dans *Archives internationales d'histoire des sciences*, 16 (1963), p. 113–128.
- HAHN, Roger. « L'enseignement scientifique aux écoles militaires et d'artillerie » in TATON, René.(dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.
- HEILBRON, John Lewis. *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study of Early Modern Physics*, Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1979.
- HEILBRON, John Lewis. “Weighing imponderables and Other quantitative Science Around 1800”, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, Supplement to vol.24. part.1, 1993, Berkeley: University of California Press.
- JACOMY, Bruno. *Une histoire des techniques*, Paris : Seuil, 1990.
- JUNGNICKEL, Christa, MAC CORMMACH, Russel. *Cavendish*, Philadelphia: Memoirs of the American Philosophical Society vol.220, 1996.
- LANGINS, Jānis. « The decline of chemistry at the École polytechnique (1794-1805) », *Ambix*, 1981, n°28.
- LANGINS, Jānis. *La République avait besoin de savants*, Paris : Belin, 1987.
- LAVISSE, Ernest. *Louis XIV*, Paris : Robert Laffont, réédition 1989.
- MALHERBE, Michel. « Mathématiques et sciences physiques dans le Discours préliminaire de l'Encyclopédie », *Recherches sur Diderot et l'Encyclopédie*, 1990, n°9, p. 109-146.
- MAURY, Jean-Pierre. *Newton et la mécanique céleste*, Paris : Gallimard, 1990.
- MORNET, Daniel. *La pensée française au XVIII^esiècle*, Paris : Armand Colin, 1936.
- MICHELET, Jules. *Histoire de la Révolution française*, Paris : Chamerot, 1847.
- PAUTET, Sébastien. « Les élèves de l' École du génie de Mézières et leurs territoires au XVIII^e siècle ». *Encyclo*. Revue de l'école doctorale ED 382, 2013, p. 81-99.
- PICON, Antoine. *L'invention de l'ingénieur moderne. L'École des Ponts et chaussées, 1747-1851*, Paris : Presses de l'École nationale des Ponts et chaussées, 1992.
- REBELIAU, Alfred. *Vauban*, Paris : Fayard, 1962.
- ROCOLLE, Pierre. *2000 ans de fortification française*, Paris : Lavauzelle, 1972-73.
- SAKAROVITCH, Joël. « The Teaching of Stereotomy in Engineering Schools in France in the XVIIIth and XIXth centuries : an Application of Geometry, an « Applied Geometry », or a Construction Technique» in RADELET-DE GRAVE, Patricia, BENVENUTO, Eduardo. (éd) *Entre Mécanique et Architecture*, Basel, Boston, Berlin : Birkhäuser, 1995.

SCHAFFER, Simon. *La fabrique des sciences modernes*, Paris: Seuil, 2014.

SERBOS, Georges. « L'École royale des Ponts et Chaussées » in TATON, René.(dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*. Paris : Hermann, 1964.

TATON, René. *L'œuvre scientifique de Gaspard Monge*, Paris : P.U.F, 1951.

TATON, René. « Jean-François Clouet, chimiste ardennais. Sa vie, son œuvre », *Présence ardennaise*, 1952, n°10.

TATON, René. « Quelques précisions sur le chimiste Clouet et deux de ses homonymes », *Revue d'histoire des sciences*, 1952, t.V.

TORLAIS Jean. *Un physicien au siècle des Lumières : l'Abbé Nollet*, Elbeuf : 1987.

TRON Hélène. « L'enseignement de la chimie à l'École polytechnique 1794-1805: Les années fastes », *Bulletin de la Sabix*, 1996, n°15.

TODERICIU, Doru. « Balthasar-Georges Sage (1740-1824), chimiste et minéralogiste français, fondateur de la première École des Mines (1783) » dans *Revue d'histoire des sciences*, t.37, n°1, 1984.

L'enseignement de la physique et l'expérimentation au collège de France de 1750 à 1830.

Une originalité éducative.

BIREMBAUT, Arthur. « Les deux déterminations de l'unité de masse du système métrique », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 1959, t.12, n°1, p. 25-54.

BLAY, Michel. *La naissance de la mécanique analytique*, Paris : Presses universitaires de France, 1992.

BLAY, Michel, HALLEUX, Robert. *La science classique, XVI^e-XVIII^e siècle, dictionnaire critique*, Paris : Flammarion, 1998.

BLONDEL, Christine. *Ampère et la création de l'électrodynamique (1820-1827)*, Paris: Bibliothèque nationale, 1982.

BOISTEL, Guy. *L'astronomie nautique au XVIII^e siècle en France : tables de la Lune et longitudes en mer*. [En ligne]. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, Centre François Viète, 2001. Disponible sur : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01340554>

CHAMBERS, Liam. *Michael Moore c.1639-1726: Provost of Trinity, Rector of Paris*, Dublin: Four Courts Press, 2005.

- COSTABEL, Pierre. *Malebranche et la réforme mathématique en France de 1689 à 1706*, t.XVII, in *Œuvres complètes de Malebranche*, Paris : Vrin, 1968 et 1979.
- DEMEULENAERE-DOUYERE, Christiane. article « Académies » in BLAY, Michel, HALLEUX, Robert. *La science classique, XVI^e-XVIII^e siècle, dictionnaire critique*, Paris : Flammarion, 1998.
- FEUERHAHN, Wolf. (dir.) *La Politique des chaires au Collège de France*, Paris : Les Belles Lettres, 2017.
- FONTENELLE, Bernard. *Éloges des académiciens; avec l'Histoire de l'Académie royale des sciences en MDCXCIX, avec un discours préliminaire sur l'utilité des mathématiques*, La Haye : Vanderkloot, 1740.
- FUMAROLI, Marc. *La querelle des Anciens et des Modernes*, Paris : Gallimard, 2001.
- GOUJET, Charles-Pierre. *Mémoires historiques et littéraires sur le Collège royal de France* t.II, Paris : Lottin, 1758.
- GUYON, Étienne.(dir.) *L'École normale de l'an III Leçons de physique de chimie d'histoire naturelle*, Paris : Rue d'Ulm, 2006.
- KAFKER, Frank Arthur, LOVELAND, Jeff. « La vie agitée de l'abbé De Gua de Malves et sa direction de l'Encyclopédie », *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°47, 2012.
- LANGEVIN, Paul. «IV. La Physique au Collège de France » in LEFRANC, Abel. *Le Collège de France 1530-1930 Livre jubilaire*, Paris : PUF, 1932.
- LAUNAY, Louis. *Le grand Ampère*, Paris : Perrin, 1925.
- LEFRANC, Abel. *Le Collège de France 1530-1930 Livre jubilaire*, Paris : PUF, 1932.
- LOCQUENEUX, Robert. *Ampère, encyclopédiste et métaphysicien*, Les Ulis: EDP sciences, 2008.
- MARR Alexander. (éd.) *The worlds of Oronce Fine : mathematics, instruments and print in Renaissance France*, Donington: Shaun Tyas, 2009.
- McNIVEN HINE, Ellen. « Dortous de Mairan, the Cartesian », *Studies on Voltaire*, 266, 1989.
- MICHAUD, Louis Gabriel.(dir.) *Biographie universelle, ancienne et moderne, ou Histoire, par ordre alphabétique, de la vie publique et privée de tous les hommes qui se sont fait remarquer par leurs écrits, leurs actions, leurs talents, leurs vertus et leurs crimes*, t.45, Paris : Michaud, 1826.
- MOUY, Paul. *Le développement de la physique cartésienne, 1646-1712*, Paris : Vrin, 1934.

SCHMIT, Christophe. *Équilibre et dynamique. Études sur la mécanique française aux XVII^e et XVIII^e siècles : Malebranche, Varignon, science des machines et collisions*. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, Nantes, 2007.

SEDILLOT, Louis. *Les professeurs de mathématiques et de physique générale au Collège de France*, Rome : Imprimerie des sciences mathématiques et physiques, 1869.

TERRASSON, Jean. *La Philosophie applicable à tous les objets de l'esprit et de la raison, ouvrage en réflexions détachées*, Paris : Prault, 1754.

TERRASSON, Jean. *Traité de l'infini créé*, édition critique de Antonella Del Prete, Paris : Champion, 2007.

TUILLIER André.(dir.) *Histoire du Collège de France I La création 1530-1560*, Paris : Fayard, 2006.

La physique, la chimie, leurs matériels et leurs manuels.

BLONDEL, Christine. « Haüy et l'électricité : de la démonstration-spectacle à la diffusion d'une science newtonienne » *Revue d'histoire des sciences*, 1997, vol.50, n° 3, p. 265-282.

CRÉPEL, Pierre. « La physique dans l'Encyclopédie », *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, 2006, n°40-41, p. 251-278.

CRÉPEL, Pierre, EHRARD, Jean.(dir) *Étienne-François Dutour de Salvert (1711-1789) Un physicien auvergnat du XVIII^e siècle*, Paris : L'Harmattan, 2014.

DAUMAS, Maurice. *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris : P.U.F, 1953.

DHOMBRES, Jean, JULIA, Dominique. « Les repères d'une culture mathématique vers 1800: le témoignage de deux listes de livres », *Rivista di Storia della Scienza*, ser.II, vol.2, n°1, 1993, p. 1-83.

DRAKE, Stillman. « Galileo's Discovery of the Law of Free Fall », *Scientific American*, 1973, n°228, p. 84-92.

FAUQUE, Danielle. « Le mégamètre de Charles-François de Charnières (1766-1774) », in JULLIEN, Vincent. (dir.), *Le calcul des longitudes : un enjeu pour les mathématiques, l'astronomie, la mesure du temps et la navigation*, Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2002.

FOX, Robert, GOODAY, Graeme . *Physics in Oxford, 1839-1939: Laboratories, Learning and College Life*, Oxford: Oxford University Press, 2005.

GIORDAN, André. *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Paris : Centurion, 1978.

GIRES, Francis. (dir.) *Physique impériale, cabinet de physique du lycée Impérial de Périgueux*, Niort : ASEISTE, 2004.

GIRES, Francis. (dir.) *Encyclopédie des instruments de l'enseignement de la physique du XVII^e au milieu du XX^e siècle*, Niort: ASEISTE, 2016.

HULIN, Michel. *Le Mirage et la nécessité. Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*, Paris : Presses de l'École normale supérieure, 1992.

HULIN, Nicole. « René-Just Haüy: Des leçons de l'an III au Traité élémentaire de physique », *Revue d'histoire des sciences*, 1997, vol.50, n°3, p. 243-263.

HULIN, Nicole (dir.) *Physique et humanités scientifiques. Autour de la réforme de l'enseignement de 1902*, Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, 2000.

POGGENDORF, Johann Christian. *Histoire de la Physique*, Paris : Dunod, 1883, 1^{ère} édition, réédition Gabay 1993.

PROVOST, Sylvie. « Charles Coulomb. La précision de l'ingénieur » in DHOMBRES, Jean.(dir.) *Aventures scientifiques. Savants en Poitou-Charentes du XVI^e au XX^e siècle*, Poitiers : Les éditions de l'Actualité Poitou-Charentes, 1995.

PYENSON Lewis, GAUVIN Jean-François.(dir) *L'art d'enseigner la physique. Les appareils de démonstration de Jean-Antoine Nollet 1700-1770*, Sillery (Québec) : Septentrion, 2002.

ROBARDET, Guy, GUILLAUD, Jean-Claude. *Éléments de didactique des sciences physiques*, Paris : P.U.F, 1997.

SETTLE, Thomas. « An experiment in the history of science », *Science*, 1961, n°133.

TORLAIS Jean. « La physique expérimentale » in TATON, René.(dir.) *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris : Hermann, 1964.

TOMIC, Sacha. « Le cadre matériel des cours de chimie dans l'enseignement supérieur à Paris au XIX^e siècle », *Histoire de l'éducation*, 2011, n°130.

VIENNOT, Laurence. *Raisonnement en physique, la part du sens commun*, Paris et Bruxelles : De Boeck Université, 1996.

INDEX DES NOMS*

- Acloque, 253
Adet, 113, 119
Aepinus, 116, 206
Airy, 215
Alembert, 99, 100, 159, 166, 181, 190, 204
Amontons, 177
Ampère, 23, 76, 181, 224, 227, 250, 251, 252, 254, 259
Anjou des Molières, 47
Arago, 254
Arbogast, 94, 145
Archimède, 303
Argenson, 132, 180, 350, 351, 353
Aristote, 71, 361
Arlandes, 170
Asfeld, 352, 357
Athénas, 98, 100, 103, 109
Atwood, 215, 216, 246, 247
Baret, 98
Barruel, 153, 189, 190
Baumé, 73
Becher, 55
Bélibor, 356
Belle-Isle, 132
Bellot, 235
Bergman, 55
Bernoulli, 50, 204, 215
Berthaud, 36, 142
Berthollet, 97, 104, 115, 116, 117, 119, 186, 190, 194, 195, 243, 248
Bérulle, 37
Beudant, 251
Bézout, 135, 136, 144, 148, 158, 162, 171
Bianchi, 85
Bienvenu, 76, 77
Bignon, 362
Biot, 113, 116, 117, 118, 126, 181, 227, 254, 255, 259
Black, 207, 208, 224
Blanchard, 54
Blondel, 138
Bocador, 340
Bonjour, 195
Borda, 132, 160
Bose, 206
Bossuet, 37
Bossut, 133, 134, 135, 147, 148, 151, 152, 158, 160, 165, 168, 173, 184, 236
Bougeant, 72, 79
Boyle, 71
Bradley, 212, 217
Brahé, 41, 59

* Les personnes dont les noms figurent en caractères gras font l'objet d'une notice biographique pédagogique.

- Bréguet, 253
Brisson, 75, 108, 237
Bucquet, 186
Buffon, 98, 136, 161
Bugge, 150
Calonne, 140
Camus, 132, 134, 144, 145, 149, 159, 166, 180
Carnot, 94, 135, 142, 158, 181
Carny, 195
Cattaneo, 341
Caux de Blacquetot, 135
Cavendish, 68, 218, 219, 220, 221, 222, 223
Chaptal, 101, 191, 194
Charles, 68, 70, 140, 153, 243
Charpak, 70
Chastillon, 133, 134, 144, 355, 357
Châtelet, 71
Chaulnes, 155
Chaussier, 194
Chéri Roux, 120, 122
Chevallier, 233, 352, 369
Choiseul, 79, 133, 134, 146
Clairaut, 159, 162, 365
Clément, 226
Clouet, 136, 148, 153, 156, 158, 169, 170, 172, 173
Cluzel, 192
Colbert, 345, 352
Colin, 192
Condillac, 92
Condorcet, 92, 94, 96, 161
Condren, 37
Copernic, 41, 50, 59, 101
Coriolis, 181
Cotes, 213
Coulomb, 25, 109, 116, 121, 126, 132, 158, 160, 163, 179, 182, 183, 185, 202, 221, 223, 224, 262
Cousin, 234, 235, 238
Coustard de Massy, 69
Coustard du Massy, 83
Cox, 128
Crucy, 65
Cury, 369
Damoreau de la Brière, 76
Darbefeulle, 98, 104, 106, 108, 109, 111, 116, 128
Daubenton, 98
Daunou, 92, 106
Delambre, 182
Delisle, 363, 366
Demeuré, 128
Depesret, 95
Desaguliers, 207, 209, 210, 212, 213
Désaguliers, 162
Desault, 105
Descartes, 42, 46, 50, 71, 101, 343, 361, 362, 364, 366
Desormes, 191, 226
Despretz, 192
Deurbrouq, 82
Dick, 208
Diderot, 190

- Dortous de Mairan, 23
Drappier, 191, 226
Drouin, 82
Du Hamel, 360
Dubois, 120
Dufay, 62, 102, 365
Dufourny, 243
Duhamel, 140
Duhamel du Monceau, 354
Dulong, 192
Dumas, 129, 192
Dumotiez, 66, 93, 122, 253
Dutour, 87
Errard, 341
Erxleben, 205
Euler, 204
Fabroni, 241
Fénelon, 162
Ferré des Molières, 47
Ferry, 136, 148, 172, 346
Finé, 228
Fischer, 115, 116, 118, 123
Flamand, 340
Fontanes, 114
Fontenelle, 162, 347, 360
Fortin, 66, 125, 157, 243
Fouché, 25, 53, 54, 73, 92, 93, 95
Fourcroy, 73, 97, 113, 115, 119, 122, 132, 145, 158, 174, 175, 186, 187, 190, 192, 196, 201
Fourier, 23, 181, 201
Franklin, 62, 76, 81, 163
Fresnel, 181, 224, 251, 262
Fritach, 341
Galilée, 41, 42, 43, 44, 71, 213, 247, 359
Galloys, 352
Galvani, 121
Gardeur-Lebrun, 195, 199, 201
Gareau, 69
Gassendi, 41, 46, 50
Gaultier de Claudry, 192
Gay-Lussac, 140, 191, 200, 225
Germain, 181
Giorgio Martini, 340
Giraud, 71
Girault de Kéroudou, 238, 239
Goethe, 205
Grandjean de Fouchy, 363
Graslin, 74, 82, 83, 84
Gravesande, 44, 71, 162, 206, 212
Gray, 61, 102
Gribeauval, 133, 144
Grou, 82
Grozellier, 73
Gua de Malves, 233, 368
Guépin, 128
Guericke, 61, 62, 203
Guerini, 340
Guyton de Morveau, 73, 91, 97, 190, 192, 194, 196
Hachette, 136, 172, 184, 195
Hassenfratz, 97, 140, 190, 192, 195, 198, 199, 201
Hauksbee, 210, 213

- Hausen, 206
- Haüy**, 97, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118,
121, 123, 126, 182, 245, 248, 251
- Héron, 67
- Héron d'Alexandrie, 307
- Herschel, 224
- Hooke, 50
- Hornsby, 212
- Humboldt, 205, 225
- Huygens, 71
- Jallabert, 87
- Keill, 209, 210
- Kepler, 47
- Kipp, 69
- l'Aligant de Morillon, 69
- L'Etoile, 54, 92
- La Chalotais, 91
- La Condamine, 162
- La Ramée, 228
- La Villegreux, 82
- Labauche, 42
- Lacroix, 113, 145
- Lagrange, 117
- Lalande, 102, 103, 104, 244
- Lamy, 43, 72, 361
- Laplace, 60, 89, 102, 104, 108, 113, 117,
168, 169, 182, 185, 254
- Laplanche, 139
- Lavallée, 129
- Lavoisier, 55, 60, 63, 64, 69, 71, 73, 89, 93,
102, 103, 108, 113, 115, 119, 140, 143, 145,
151, 153, 157, 168, 169, 170, 182, 186, 190,
192, 193, 199, 224, 241, 246
- Le Bouvier Desmortiers, 85, 107, 112
- Le Mesle, 45
- Le Monnier, 61, 163, 232, 234, 236
- Le Peletier de Sougy, 346
- Le Tellier, 344
- Leblanc, 243
- Leblond, 142
- Lecomte, 136
- Lefèvre-Gineau**, 118, 227, 239, 241, 242,
244, 245, 247, 249, 250
- Lehot, 192
- Leibniz, 204, 359
- Lemercier, 70
- Lenoir, 243
- Lepertière, 42
- Lepinasse, 80
- Lévêque, 68, 70
- Lichtenberg, 204, 205, 207, 225
- Louvois, 344, 346
- Mac Laurin, 234
- Machiavel, 340
- Macquer, 60, 73, 145, 151, 186
- Malebranche, 37, 364, 366
- Malherbe, 98
- Malus, 181
- Marchais, 167
- Mariotte, 50, 132
- Mas, 121
- Maupertuis, 204, 363
- Mazure, 95

- Mégnié, 157
Mellier, 39, 73
Messmer, 85
Meusnier, 69
Meusnier de la Place, 69
Michel-Ange, 340
Michelet, 130
Michell, 220, 223
Millon, 77
Moivre, 234
Monge, 23, 25, 90, 113, 135, 136, 144, 148,
149, 150, 152, 155, 156, 158, 165, 166, 167,
170, 171, 173, 184, 186, 189, 195, 198, 199,
316
Montaudoin, 74
Montaudouin, 82
Montcarville, 234
Montgolfier, 68
Moore, 361
Morus, 229
Mouchet, 54, 68
Musschenbroek, 71, 102, 206, 212
Newton, 46, 50, 59, 64, 71, 101, 143, 162,
182, 207, 209, 212, 213, 220, 234, 245, 358,
363, 365, 366
Nollet, 62, 66, 72, 75, 76, 78, 80, 81, 86, 87,
88, 96, 121, 132, 134, 143, 144, 147, 149,
151, 152, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 163,
164, 166, 167, 173, 176, 177, 179, 207, 213,
231, 238, 262, 300, 308, 311, 315, 316
Northmore, 157
Noyer, 95
Oersted, 224, 254
Olivier, 129
Oudet, 54
Pagan, 342
Panckoucke, 169, 190
Pascal, 41
Paul, 37
Paulian, 72
Péclet, 129
Pellerin, 46, 47, 58
Pelletier, 191, 243
Perronet, 354
Petit, 192
Pézenas, 151
Pihon-Dufeillay, 128
Pilâtre de Rozier, 170
Pixii, 122, 125, 253
Poirier, 95
Poisson, 127, 181
Polinière, 72, 78, 79, 162
Potet, 45
Pothnot, 366
Pralon, 95
Prébuissou, 145
Prestet, 37
Priestley, 145, 151, 224
Privat de Molières, 47, 365, 367
Prony, 199
Ptolémée, 41, 50, 59
Pujol, 132
Rabiqueau, 66
Rameau, 162

- Ramsault, 134, 148, 159, 166
Réaumur, 147, 160, 162
Regnault, 72, 249
Reyneau, 366
Rieu, 196
Rigaud, 212
Ripoche, 41
Robiquet, 192, 253
Robison, 208
Rohault, 72, 364
Romme, 94
Rousseau, 91
Roussel, 51
Sage, 139, 140
Sales, 37
Sauveur, 142, 348, 352
Savart, 132, 135, 154, 252, 254
Saxe, 351, 354
Shepherd, 215, 216, 217
Sigaud de Lafond, 23, 61, 62, 66, 72, 75,
76, 96, 110, 237, 262, 300, 301, 308, 311,
315
Simon, 126
Smith, 151, 215
Stahl, 55
Symmer, 147
Talleyrand, 92
Targone, 340
Tencin, 80
Terrasson, 240, 362, 363, 368
Thalès, 55
Thénard, 123, 126, 127, 191, 192
Thorel, 63
Thuilier, 142
Tienne, 100, 101
Torricelli, 41, 213, 246
Trudaine, 162, 354
Vallières, 132, 144, 354
Vandermonde, 166, 168
Varignon, 132, 229, 358, 366
Vauban, 272, 274, 344, 345, 346, 347, 349,
350, 352, 355
Vauquelin, 191, 243
Vernay, 42
Vicq d'Azyr, 186
Vignau, 149
Villars, 350
Ville, 342
Villemontguy, 136, 171
Vince, 215
Vinci, 340
Volder, 212
Volta, 93, 121, 169
Voltaire, 71, 349
Watson, 61
Watt, 208
Wehler, 61
Welter, 195
Whiteside, 212, 217
Woodhouse, 215
Young, 224

ANNEXE 1 :

UN PANORAMA DES LIVRES PRESENTS AU COLLEGE DE L'ORATOIRE DE NANTES

La liste ci dessous est une sélection extraite de Émile Péhant, *Catalogue méthodique de la bibliothèque publique de la ville de Nantes, second volume, Sciences naturelles, exactes et occultes, Arts*, Nantes : Guéraud, 1861. Elle ne se veut pas exhaustive car il est difficile de prouver que ces ouvrages sont ceux qui furent effectivement présents au collège de l'Oratoire en l'absence d'une liste officielle. Les ouvrages de cette période sont bien évidemment dans la catégorie patrimoine de la bibliothèque municipale, et il faudrait vérifier un par un qu'ils portent l'inscription « Bibliotheca publica civitatis namnetensis ». Néanmoins le peu d'apports extérieurs au moment de la Révolution peuvent laisser supposer que ce fond ancien provient très probablement de l'Oratoire et il s'agit ici de surtout relever la présence des ouvrages les plus marquants, en particulier pour leur intérêt pédagogique, tout en mettant en avant le riche patrimoine de Nantes⁵⁹⁸ aisément accessible.

Dans ce catalogue, dont les divisions et les dénominations sont dues à Émile Péhant, la physique et la chimie sont respectivement le premier et le deuxième titre de la classe IV *Sciences naturelles* de la division *Sciences*. Toutefois, dans la classe V, *Sciences exactes*, on trouve le titre III *Sciences physico-mathématiques* comprenant la mécanique, l'astronomie et l'optique. Il faut mentionner également l'appellation *Arts physico-chimiques* dans la division *Arts*, titre II, *Arts industriels* et chapitre 1, qui comprennent avec les arts alimentaires tels que la boulangerie ou les conserves, l'éclairage, la pyrotechnie, le blanchiment, les peintures et les arts mécaniques.

Nous avons d'abord conservé les éléments du classement d'Émile Péhant pour établir cette liste, ce qui présente l'intérêt de voir la division des sciences telle qu'elle pouvait être perçue au moment de la rédaction de ce catalogue, en nous limitant à tout ce qui est antérieur à 1790 en terme d'édition et nous avons rétabli, lorsque cela était nécessaire, le titre complet de l'ouvrage parfois abrégé par Émile Péhant. Lorsque nous avons pu l'identifier, nous précisons également s'il s'agit de l'édition originale ou d'une réédition.

La même liste est ensuite présentée par auteurs, afin d'avoir une vision peut-être plus

⁵⁹⁸ Le *fond patrimonial* est consultable à la médiathèque Jacques Demy de Nantes.

classique d'une bibliothèque consacrée aux sciences dans un collège oratorien.

Introduction et généralités

12224 *Nouveau dictionnaire raisonné de physique et des sciences naturelles, contenant l'histoire générale des végétaux, des minéraux, & de tous les phénomènes de la nature avec l'histoire des sciences physico-mathématiques, et de tout ce qui a rapport à la Physique & à l'Histoire Naturelle, par une société de physiciens*, Amsterdam : Rey, 1777. Troisième édition.

12532 Louis Cotte, *Leçons élémentaires de physique, d'hydrostatique, d'astronomie et de météorologie avec un traité de la sphère par demandes et réponses à l'usage des enfans*, Paris : Barbou, 1788.

12542 P.Bougeant et P.Groselier, *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique, extraites et recueillies des meilleurs mémoires*⁵⁹⁹, Paris : Bordelet, 1719-1730. Édition originale.

12545 Abbé François Rozier, *Introduction aux observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts*, Paris : Le Jay, Barrois 1777. Édition originale.

Physique

Introduction, histoire et dictionnaires

12551 P.Noël Regnault, *L'origine ancienne de la physique nouvelle, où l'on voit dans des Entretiens par Lettres, Ce que la Physique Nouvelle a apporté à l'Ancienne. Le degré de perfection de la Physique Nouvelle sur l'Ancienne. Les moyens qui ont amené la Physique à ce point de perfection*, Paris : Clousier, 1734. Édition originale.

12552 P.Aimé-Henri Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton, précédés des vies littéraires de ces deux chefs de la physique moderne*, Avignon : Girard, 1763. Édition originale.

12555 P. Aimé-Henri Paulian, *Dictionnaire de physique*, Avignon : Chambeau, 1773.

12556 Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Dictionnaire de physique*, Paris : rue et hôtel Serpente, 1781. Édition originale.

12557 Mathurin-Jacques Brisson, *Dictionnaire raisonné de physique*, Paris : hôtel de Thou ,

⁵⁹⁹ Le volume de 1726 porte la mention manuscrite *Oratorii Namnetensis*.

1781. Édition originale.

Cours, traités généraux et mélanges

12589 *Œuvres de M.Mariotte*, La Haye : Neaulme, 1740.

12590 Jacques Rohault, *Traité de physique*, Paris : Savreux, 1671. Édition originale.

La bibliothèque possède également les éditions de 1676, 1681, 1705, 1723.

12598 Robert Boyle, *Opera varia quorum posthac exstat catalogus, cum indicibus necessariis, multirique figuris Aeneis*, Genève : Cramer et Perrachon (Samuel de Tournefort), 1680. Seconde édition.

12605 Madame la Marquise du Chastelet, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Paris : Desaint et Saillant, Lambert, 1759. Édition originale.

12606 George Peter Domcke, *Philosophiae mathematicae newtoniae illustratae: tomi duo*, Londres: Meighan and Batley, 1730. Édition originale.

12608 Voltaire, *Éléments de la philosophie de Newton, mis à la portée de tout le monde*, Amsterdam : Ledet, 1738. Édition originale.

12609 Guillaume Jacob's Gravesande, *Physices elementa mathematica experimentis confirmata Sive Introductio ad Philosophiam Newtonianam*, Leyde: Langerak , Verbeek, 1742. Édition originale.

12610 Guillaume Jacob's Gravesande, *Éléments de physique ou introduction à la physique de s'Gravesande, traduit par C.F.Roland de Virloys*, Paris : Jombert, 1747. Édition originale.

12611 Pierre Sigorgne, *Institutions newtoniennes* ; Paris : Guillyn, 1747. Édition originale.

12612 Colin Maclaurin, *Exposition des découvertes philosophiques de M. le chevalier Newton ; par M.Maclaurin, ouvrage traduit de l'anglais M.Lavirotte*, Paris : Durand, Pissot,1749. Édition originale.

12614 P.Noël Regnault, *Les entretiens physiques d'Ariste et d'Eudoxe ou physique nouvelle en dialogues, qui renferme précisément ce qui s'est découvert de plus curieux & de plus utile dans la Nature*, Paris : Clouzier, 1732. Probablement la seconde édition, la première datant de 1729.

12617 et 12618 Pierre van Musschenbroeck, *Essai de physique, avec une description de nouvelles sortes de machines pneumatiques et un recueil d'expériences par Mr.J.V.M., traduit du hollandais par Mr Pierre Massuet*, Leyde : Luchtman, 1734 et 1739. Probablement la première édition.

12619 *Institutions de physique*, Paris : Prault, 1740. Édition originale, publiée anonymement, l'auteur étant Émilie du Chatelet.

12621 Abbé Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, Paris : Guerin, 1743-64. Il s'agit sans doute d'une édition regroupant les trois éditions successives de 1749, 1753 et 1764.

12624 Jean Théophile Désaguliers, *Cours de physique expérimentale, traduit de l'anglais par le R.P.Pezenas*, Paris : Rollin, Jombert, 1751. Édition originale.

12631 *Œuvres de M.Franklin, docteur ès loix, traduites par M.Barbeau du Bourg avec des additions nouvelles et des figures en taille douce*, Paris : Quillau, Esprit, Barbeau du Bourg, 1773.

12632 Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Éléments de physique théorique et expérimentale, pour servir de suite à la Description d'un Cabinet de physique expérimentale*, Paris : Griffier, 1777. Édition originale.

12635 Antoine-Hubert Wandelaincourt, *Le manuel des jeunes physiciens ou nouvelle physique élémentaire, contenant les découvertes les plus curieuses & les plus utiles des Physiciens modernes, mises dans un nouvel ordre, & à la portée de tout le monde*, Verdun : Christophe, 1778. Édition originale.

Des éléments

12713 Joseph Priestley, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air, traduit de l'anglais de M.J.Priestley, docteur en droit, membre de la Société Royale de Londres, par M.Gibelin, Docteur en médecine, Membre de la Société Médicale de Londres*, Paris : Nyon l'aîné, 1777-1780. Édition originale.

12715 Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Essai sur différentes espèces d'air-fixe ou de gas, pour servir de suite aux Elemens de Physique du même auteur*, Paris : Gueffier, 1785. Il s'agit d'une nouvelle édition revue et augmentée par Urbain François Rouland, le neveu de Sigaud de Lafond.

Des propriétés générales des corps, du mouvement, de la pesanteur, de l'attraction

12741 Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze Attenenti alla meccanica et i movimenti locali del signor Galileo Galilei Linceo*, Leida : Elzeviro, 1638. Édition originale.

12746 Blaise Pascal, *Traitez de l'Equilibre des liqueurs et de la Pesanteur de la masse de l'air*,

Paris : Desprez, 1663. Édition originale.

Electricité, magnétisme et galvanisme

12775 Joseph Priestley, *Histoire de l'électricité, traduit de l'anglais de Joseph Priestley avec des Notes critiques*, Paris/ Hérissant, 1771. Édition originale. La page de titre n'indique pas le traducteur. La notice de la Bibliothèque nationale de France indique qu'il s'agit de Mathurin Jacques Brisson.

12781 Abbé Nollet, *Essai sur l'électricité des corps*, Paris : Guérin, 1754. Il s'agit d'une réédition, l'édition originale date de 1746.

12789 Charles Rabiqueau, *Le spectacle du feu élémentaire ou cours d'électricité expérimentale*, Paris : Jombert, Knapen, Duchesne, 1753. Édition originale.

12790 Pierre Charles Le Monnier, *Lois du magnétisme comparées aux observations et aux expériences dans les différentes parties du globe terrestre pour perfectionner la théorie générale de l'aimant, & indiquer par-là les courbes magnétiques qu'on cherche à la mer, sur les cartes réduites*, Paris : Imprimerie Royale, 1776-1778. Édition originale.

12792 Jean-Paul Marat, *Recherches physique sur l'électricité*, Paris : Clousier, 1782. Édition originale.

12795 Abbé Haüy, *Exposition raisonnée de la théorie de l'électricité et du magnétisme d'après les principes de M.Aepinus*, Paris : Desaint, 1787. Édition originale.

Lumière

12873 Christian Huygens, *Traité de la lumière où sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la réflexion et la réfraction, et particulièrement dans l'étrange réfraction du cristal d'Islande, par C.H.D.Z avec un discours de la cause de la pesanteur*, Leyde : Pieter Van der Aa, 1690. Édition originale.

12875 Isaac Newton, *Optiks, or a treatise of the Reflections, refractions, Inflections and Colours of Light, the fourth edition, corrected*, Londres: Innys, 1730. Comme le titre l'indique, il s'agit de la quatrième édition de l'ouvrage paru initialement en 1704, dont le titre était *Optiks, or a treatise of the Reflections, refractions, Inflections and Colours of Light. Also Two Treaties of the Species and magnitude of Curvilinear Figures*.

Expériences et instruments de physique

12934 Robert Boyle, *Some Considerations touching the usefulness of experimental natural Philosophy*, Oxford: Hall, 1664. Il s'agit de la seconde édition, la première date de 1663.

12936 Abbé Nollet, *L'art des expériences ou avis aux amateurs de la physique sur le choix, la construction et l'usage des instruments, sur la préparation et l'emploi des drogues qui servent aux expériences*, Paris : Durand, Neveu, 1770. Édition originale.

12938 Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, Paris : Gueffier, 1775. Édition originale.

12943 Pierre Polinière, *Expériences de physique*, Paris : Gissey, Clouzier, Bordelet, Henry, 1734. Il s'agit de la quatrième édition, considérée comme la plus complète avec ses dix-neuf planches et augmentée d'un *Abrégé de la vie M.Polinière*.

12954 Goubert, *Description et usage des baromètres, thermomètres et autres instruments météorologiques*, Dijon : Capel, Paris : Jombert, 1781. Il s'agit probablement de l'édition originale, car il existe une seconde édition *revue et considérablement augmentée avec un tableau de comparaison des thermomètres*, datant de 1785. Goubert, dont le prénom n'est pas mentionné, et sur lequel la Bibliothèque nationale de France n'a pas d'autres éléments, est indiqué sur la page de titre du livre comme ingénieur et constructeur d'instruments de physique.

Chimie:

Introduction, histoire et dictionnaires

12999 Robert Boyle, *Chymista scepticus; vel, dubia et paradoxa chymico-physica, Circa Spagyricorum Principia, vulgo dicta Hypostatica, Prout proponi & propugnari solent à Turba alchymistarum. Cui Par præmittitur Alterius cujusdam Dissertationis ad idem Argumentum spectans*, Genève : Samuel de Tournes, 1680. Il s'agit d'une nouvelle édition de l'ouvrage initialement en 1661.

13011 Louis-Bernard Guyton de Morveau, Antoine Lavoisier, Claude-Louis Berthollet, Antoine-François Fourcroy, Jean-Henri Hassenfratz, Pierre Auguste Adet, *Méthode de nomenclature chimique, proposée par MM. De Morveau, Lavoisier, Berthollet et De Fourcroy, On y a joint un*

nouveau système de caractères chimiques, adaptés à cette nomenclature, par MM. Hassenfratz & Adet, Paris : Cuchet, 1787. Édition originale.

13019 Pierre-Joseph Macquer, *Dictionnaire de Chymie, contenant la théorie et la pratique de cette science, son application à la physique, à l'histoire naturelle, à la médecine, & aux arts dépendans de la Chymie*, Paris : Lacombe, 1766. Édition originale.

Chimie générale

13031 Nicaise Le Febvre, *Traité de la Chymie*, Paris : Jolly, 1660. Il s'agit de l'édition originale, la bibliothèque possède également les éditions de 1669, 1674 et 1692.

13036 Nicolas Lemery, *Cours de Chymie, contenant la manière de faire les opérations qui sont en usage dans la Médecine, par une méthode facile, avec des raisonnements sur chaque opération, pour l'Instruction de ceux qui veulent s'appliquer à cette Science*, Paris : chez l'auteur, 1681. Il s'agit de la quatrième édition du traité, paru initialement en 1675. La bibliothèque possède également les éditions de 1693, 1701, 1713 et 1756.

13044 Herman Boerhaave, *Elémens de Chymie, traduit du latin par J.N.S. Allamand*, Paris : Durand, 1754. Troisième édition de cette traduction française réalisée par Jean-Nicolas-Samuel Allamand, Boerhaave ayant publié ses *Elementa chemiae* en 1732.

13046 Pierre Joseph Macquer, *Elémens de Chimie théorique*, Paris : Hérissant, 1756. Seconde édition de l'ouvrage paru en 1751.

13049 Antoine Baumé, *Chymie expérimentale et raisonnée*, Paris : Didot, 1773. Édition originale.

13052 Antoine-François Fourcroy, *Leçons d'histoire naturelle et de chimie*, Paris, rue et hôtel Serpente, 1782. Édition originale.

13053 Antoine-François Fourcroy, *Mémoires et observations de chimie*, Paris : Cuchet, 1784. Édition originale.

13056 Balthazar-Georges Sage, *Mémoire de chimie*, Paris : Imprimerie Royale, 1773. Édition originale.

Liste par auteurs :

Antoine Baumé, *Chymie expérimentale et raisonnée*, Paris : Didot, 1773.

Herman Boerhaave, *Elémens de Chymie, traduit du latin par J.N.S. Allamand*, Paris : Durand, 1754.

P.Bougeant et P.Groselier, *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique, extraites et recueillies des meilleurs mémoires*⁶⁰⁰, Paris : Bordelet, 1719-1730.

Robert Boyle, *Some Considerations touching the usefulness of experimental natural Philosophy*, Oxford: Hall, 1664.

Robert Boyle, *Opera varia quorum posthac exstat catalogus, cum indicibus necessariis, multirique figuris Aeneis*, Genève : Cramer et Perrachon (Samuel de Tourne), 1680.

Robert Boyle, *Chymista scepticus; vel, dubia et paradoxa chymico-physica, Circa Spagyricorum Principia, vulgo dicta Hypostatica, Prout proponi & propugnari solent à Turba alchymistarum. Cui Par præmittitur Alterius cujusdam Dissertationis ad idem Argumentum spectans*, Genève : Samuel de Tourne, 1680.

Mathurin-Jacques Brisson, *Dictionnaire raisonné de physique*, Paris : hôtel de Thou, 1781.

Louis Cotte, *Leçons élémentaires de physique, d'hydrostatique, d'astronomie et de météorologie avec un traité de la sphère par demandes et réponses à l'usage des enfans*, Paris : Barbou, 1788.

Jean Théophile Désaguliers, *Cours de physique expérimentale, traduit de l'anglais par le R.P.Pezenas*, Paris : Rollin, Jombert, 1751.

George Peter Domcke, *Philosophiae mathematicae newtoniae illustratae: tomi duo*, Londres: Meighan and Batley, 1730.

Emilie du Châtelet, *Institutions de physique*, Paris : Prault, 1740.

Emilie du Châtelet, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Paris : Desaint et Saillant, Lambert, 1759.

Antoine-François Fourcroy, *Leçons d'histoire naturelle et de chimie*, Paris, rue et hôtel Serpente, 1782.

Antoine-François Fourcroy, *Mémoires et observations de chimie*, Paris : Cuchet, 1784.

Benjamin Franklin, *Œuvres de M.Franklin, docteur ès loix, traduites par M.Barbeau du Bourg avec des additions nouvelles et des figures en taille douce*, Paris : Quillau, Esprit, Barbeau du Bourg, 1773.

Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze Attenenti alla meccanica et i movimenti locali del signor Galileo Galilei Linceo*, Leida : Elzeviro, 1638.

⁶⁰⁰ Le volume de 1726 porte la mention manuscrite *Oratorii Namnetensis*.

Goubert, *Description et usage des baromètres, thermomètres et autres instruments météorologiques*, Dijon : Capel, Paris : Jombert, 1781.

Guillaume Jacob's Gravesande, *Physices elementa mathematica experimentis confirmata Sive Introductio ad Philosophiam Newtonianam*, Leyde: Langerak , Verbeek, 1742.

Guillaume Jacob's Gravesande, *Éléments de physique ou introduction à la physique de s'Gravesande, traduit par C.F.Roland de Virloys*, Paris : Jombert, 1747.

Louis-Bernard Guyton de Morveau, Antoine Lavoisier, Claude-Louis Berthollet, Antoine-François Fourcroy, Jean-Henri Hassenfratz, Pierre Auguste Adet, *Méthode de nomenclature chimique, proposée par MM. De Morveau, Lavoisier, Berthollet et De Fourcroy, On y a joint un nouveau système de caractères chimiques, adaptés à cette nomenclature, par MM. Hassenfratz & Adet* , Paris : Cuchet, 1787.

Abbé Haüy, *Exposition raisonnée de la théorie de l'électricité et du magnétisme d'après les principes de M.Aepinus*, Paris : Desaint, 1787.

Christian Huygens, *Traité de la lumière où sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la réflexion et la réfraction, et particulièrement dans l'étrange réfraction du cristal d'Islande, par C.H.D.Z avec un discours de la cause de la pesanteur*, Leyde : Pieter Van der Aa, 1690.

Nicaise Le Febvre, *Traité de la Chymie*, Paris : Jolly, 1660.

Pierre Charles Le Monnier, *Lois du magnétisme comparées aux observations et aux expériences dans les différentes parties du globe terrestre pour perfectionner la théorie générale de l'aimant, & indiquer par-là les courbes magnétiques qu'on cherche à la mer, sur les cartes réduites*, Paris : Imprimerie Royale, 1776-1778.

Nicolas Lemery, *Cours de Chymie, contenant la manière de faire les opérations qui sont en usage dans la Médecine, par une méthode facile, avec des raisonnements sur chaque opération, pour l'Instruction de ceux qui veulent s'appliquer à cette Science*, Paris : chez l'auteur, 1681.

Colin Maclaurin, *Exposition des découvertes philosophiques de M. le chevalier Newton ; par M.Maclaurin, ouvrage traduit de l'anglais M.Lavirotte*, Paris : Durand, Pissot,1749.

Pierre Joseph Macquer, *Elémens de Chimie théorique*, Paris : Hérissant, 1756.

Pierre-Joseph Macquer, *Dictionnaire de Chymie, contenant la théorie et la pratique de cette science, son application à la physique, à l'histoire naturelle, à la médecine, & aux arts dépendans de la Chymie*, Paris : Lacombe, 1766.

Jean-Paul Marat, *Recherches physique sur l'électricité*, Paris : Clousier, 1782.

Abbé Mariotte, *Œuvres de M.Mariotte*, La Haye : Neaulme, 1740.

Pierre van Musschenbroeck, *Essai de physique, avec une description de nouvelles sortes de machines pneumatiques et un recueil d'expériences par Mr.J.V.M., traduit du hollandais par Mr Pierre Massuet*, Leyde : Luchtmans, 1734 et 1739.

Isaac Newton, *Optiks, or a treatise of the Reflections, refractions, Inflections and Colours of Light, the fourth edition, corrected*, Londres: Innys, 1730.

Abbé Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, Paris : Guerin, 1743-64.

Abbé Nollet, *Essai sur l'électricité des corps*, Paris : Guérin, 1754.

Abbé Nollet, *L'art des expériences ou avis aux amateurs de la physique sur le choix, la construction et l'usage des instruments, sur la préparation et l'emploi des drogues qui servent aux expériences*, Paris : Durand, Neveu, 1770.

Blaise Pascal, *Traitez de l'Equilibre des liqueurs et de la Pesanteur de la masse de l'air*, Paris : Desprez, 1663.

P.Aimé-Henri Paulian, *Traité de paix entre Descartes et Newton, précédés des vies littéraires de ces deux chefs de la physique moderne*, Avignon : Girard, 1763.

P. Aimé-Henri Paulian, *Dictionnaire de physique*, Avignon : Chambeau, 1773.

Pierre Polinière, *Expériences de physique*, Paris : Gissey, Clouzier, Bordelet, Henry, 1734.

Joseph Priestley, *Histoire de l'électricité, traduit de l'anglais de Joseph Priestley avec des Notes critiques*, Paris/ Hérisant, 1771.

Joseph Priestley, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air, traduit de l'anglais de M.J.Priestley, docteur en droit, membre de la Société Royale de Londres, par M.Gibelin, Docteur en médecine, Membre de la Société Médicale de Londres*, Paris : Nyon l'aîné, 1777-1780.

Charles Rabiqueau, *Le spectacle du feu élémentaire ou cours d'électricité expérimentale*, Paris : Jombert, Knapen, Duchesne, 1753.

P.Noël Regnault, *Les entretiens physiques d'Ariste et d'Eudoxe ou physique nouvelle en dialogues, qui renferme précisément ce qui s'est découvert de plus curieux & de plus utile dans la Nature*, Paris : Clouzier, 1732.

P.Noël Regnault, *L'origine ancienne de la physique nouvelle, où l'on voit dans des Entretiens par Lettres, Ce que la Physique Nouvelle a apporté à l'Ancienne. Le degré de perfection de la Physique Nouvelle sur l'Ancienne. Les moyens qui ont amené la Physique à ce point de perfection*, Paris : Clousier, 1734.

Jacques Rohault, *Traité de physique*, Paris : Savreux, 1671. Édition originale.

12545 Abbé François Rozier, *Introduction aux observations sur la physique, sur l'histoire*

naturelle et sur les arts, Paris : Le Jay, Barrois 1777.

Balthazar-Georges Sage, *Mémoire de chimie*, Paris : Imprimerie Royale, 1773.

Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, Paris : Gueffier, 1775.

Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Éléments de physique théorique et expérimentale, pour servir de suite à la Description d'un Cabinet de physique expérimentale*, Paris : Griffier, 1777.

Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Dictionnaire de physique*, Paris : rue et hôtel Serpente, 1781.

Joseph-Aignan Sigaud de Lafond, *Essai sur différentes espèces d'air-fixe ou de gas, pour servir de suite aux Elemens de Physique du même auteur*, Paris : Gueffier, 1785.

Pierre Sigorgne, *Institutions newtoniennes* ; Paris : Guillyn, 1747.

Voltaire, *Éléments de la philosophie de Newton, mis à la portée de tout le monde*, Amsterdam : Ledet, 1738.

Antoine-Hubert Wandelaincourt, *Le manuel des jeunes physiciens ou nouvelle physique élémentaire, contenant les découvertes les plus curieuses & les plus utiles des Physiciens modernes, mises dans un nouvel ordre, & à la portée de tout le monde*, Verdun : Christophe, 1778.

Une recherche générale sur le catalogue de la bibliothèque permet d'estimer à plus de 150 les ouvrages spécifiquement consacrés à la physique et la chimie pour la période 1600 - 1790. Par comparaison, les catalogues des collèges des jésuites de Namur et de Gand comportaient moins d'une dizaine de livres sur ces mêmes sujets⁶⁰¹, celle du collège jésuite de la Trinité à Lyon une soixantaine, ce qui fait un fond considérable pour la physique et la chimie à la bibliothèque de Nantes. Ouverte au public en 1753, elle a pour premier bibliothécaire le R. P. Jérôme Giraud⁶⁰², prêtre de l'Oratoire, pensionné par la ville de Nantes. Il dispose également d'un garçon de salle. Jérôme Giraud est remplacé en 1779 par Julien Landiveau, également oratorien, jusqu'à la Révolution, qui deviendra ensuite le bibliothécaire de l'école centrale de Vendôme. Ces bibliothécaires, choisis par leur confrères en raison de leur érudition, en plus de gérer le fond, doivent également accueillir le public qui vient consulter sur place gratuitement les livres. Le rôle éducatif de la bibliothèque est d'importance comme le signalait Julien Landiveau dans un rapport

⁶⁰¹ Ces bibliothèques étaient par contre mieux fournies en mathématiques.

⁶⁰² AMN, BB93.

envoyé au directoire du département⁶⁰³ en 1793 :

Il seroit bien digne d'une administration aussi éclairée que la vôtre, de protéger cet établissement d'autant plus utile qu'il est le seul dans le Département de la Loire inférieure où les citoyens ayent le droit gratuit de venir chercher les connoissances dont ils peuvent avoir besoin [...] La bibliothèque de la ci-devant congrégation de l'Oratoire est depuis quarante ans ouverte aux citoyens, à qui elle offre des secours et des lumières.

⁶⁰³ ADLA, L623, lettre de Julien Landiveau aux citoyens administrateurs.

ANNEXE 2 :

UNE TYPOLOGIE DU MATERIEL DE PHYSIQUE AU TRAVERS DES COLLECTIONS DU COLLEGE DE L'ORATOIRE DE NANTES, DU COLLEGE DE L'ORATOIRE D'ANGERS ET DU COLLEGE ET ECOLE MILITAIRE D'AUXERRE

L'étude des instruments de physique servant à l'enseignement est un chantier qui a démarré grâce au travail de recensement d'associations comme l'ASEISTE⁶⁰⁴, et le travail de mise en perspective de ces instruments comme les études de Paolo Brenni⁶⁰⁵.

Nous avons cherché à mettre en parallèle trois établissements, deux collèges de l'Oratoire très proches, Nantes et Angers, aux statuts identiques, et un collège devenu école militaire, celui d'Auxerre. Les documents qui nous sont parvenus ne permettent pas de donner une liste complète pour aucun des établissements. Dans le cas de Nantes, ce n'est qu'à travers divers documents que la liste a été établie, à Angers, c'est un inventaire de 1792 qui découvre une collection laissée à l'abandon dans un grenier et enfin l'inventaire d'Auxerre⁶⁰⁶ date de 1777. D'autres matériels devaient certainement exister, mais il est probable qu'ils n'ont pas pu être inventoriés soit parce qu'ils se sont abîmés, ces appareils étant fragiles, soit parce qu'ils ont été volés dans ces périodes agitées, ces instruments de physique étant des objets de valeur. N'oublions pas non plus que l'intitulé précis de l'instrument demande des connaissances que le rédacteur de l'inventaire n'a pas toujours.

Notre propos, en réalisant cette comparaison, est dans un premier temps d'avoir une vision de la physique expérimentale pendant la deuxième moitié du XVIII^e siècle. Nous laissons la chimie de côté, car, la plupart du temps, elle est arrivée tardivement dans les collèges. Ainsi à

⁶⁰⁴ ASEISTE : Association de Sauvegarde et d'Étude des Instruments Scientifiques et Techniques de l'Enseignement, www.aseiste.org. Voir en particulier GIRES, F. (dir.) *Encyclopédie des instruments de l'enseignement de la physique du XVII^e au milieu du XX^e siècle*, Niort: ASEISTE, 2016.

⁶⁰⁵ BRENNI P. « Jean Antoine Nollet et les instruments de la physique expérimentale » in PYENSON Lewis, GAUVIN Jean-François.(dir) *L'art d'enseigner la physique. Les appareils de démonstration de Jean-Antoine Nollet 1700-1770*, Sillery (Québec) : Septentrion, 2002.

⁶⁰⁶ Il provient du mémoire de Jean Christophe BLANCHARD, *Le collège et école militaire d'Auxerre (1776-1793)*, mémoire de maîtrise, sous la direction de C.Lamarre, université de Bourgogne, 2003. Étonnamment, s'il y a bien un inventaire des instruments de physique en 1777, il n'en sera plus jamais fait mention.

Nantes, Fouché s'équipe en 1791. Dans un deuxième temps, l'idée est de voir si la notion d'instruments incontournables dans l'expérimentation au vu de l'enseignement se fait jour.

Tableau comparatif des trois collections

	Nantes	Angers	Auxerre
Source	<i>Reconstitution à partir de divers documents</i>	<i>Inventaire des restes de la collection en 1792</i>	<i>Inventaire effectué en 1777</i>
Mécanique	Marteau d'eau	x	Fuseau philosophique Leviers des trois genres Petite grue Force centrifuge
Hydrostatique	Accessoires de balance	Accessoires de balance	Balance hydrostatique
Chaleur	Pompe à feu Éolipyle	Éolipyle	x
Air, gaz	Machine pneumatique Fontaine de compression Fontaine de Héron	Fontaine de compression Fontaine de Héron	Machine pneumatique Moulinet de fer blanc Fontaine de compression Entonnoir magique
Optique	Miroirs ardents	Lanterne magique	x
Electricité	Machine électrique Bouteille de Leyde Pistolet de Volta	Machine électrique	x
Astronomie	Sphère Globe	x	Sphère de Ptolémée Globe terrestre Sphère de Copernic

Description des appareils destinés aux expériences de physique

1. Le marteau d'eau

Le marteau d'eau, appelé également marteau philosophique, fait partie des expériences du domaine de la physique amusante auquel Nollet n'hésitait pas à faire appel pour susciter l'attention du public lors de ses leçons, expériences qu'il expliquait aussitôt après. Cette expérience est décrite dans la sixième leçon présente dans le tome 2 des *Leçons de physique expérimentale* :

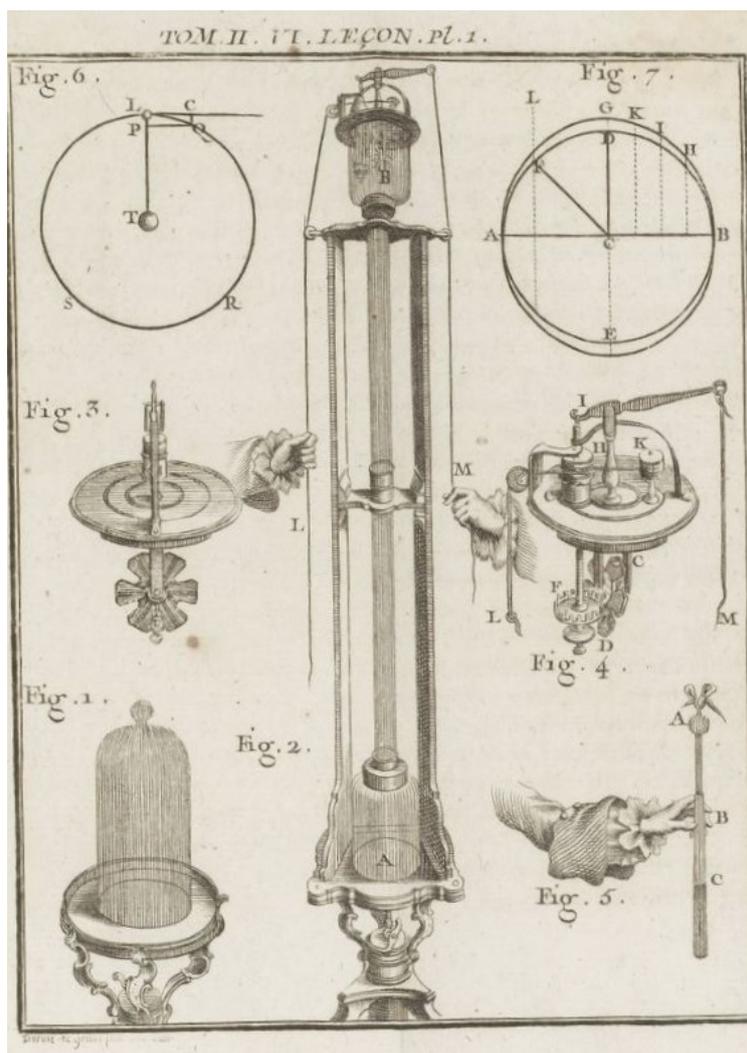


Figure 13 : Le marteau d'eau *Leçons de physique expérimentale* de Nollet

Dans un tube de verre un peu fort, Fig.5. [...], on met quelques pouces d'eau ; & après fait le vide, [...], quand on secoue ce tube perpendiculairement, l'eau se trouve élevée toute d'une pièce [...] & en retombant de même sur le fond, elle fait le même bruit & le même effort qu'un corps solide.

Nollet explique ensuite que c'est l'absence d'air qui fait que la colonne de liquide frappe immédiatement le fond du tube

comme pourrait le faire un cylindre solide du même poids.

2. Le fuseau philosophique

Comme on peut le voir sur la figure 1 de la planche ci dessous, il s'agit d'un bicône qui monte sur un plan incliné au lieu de le descendre, une expérience que l'on trouve chez Nollet et chez Sigaud de Lafond. Ce paradoxe apparent est dû aux positions respectives des centres de gravité du bicône et du rail du plan incliné.

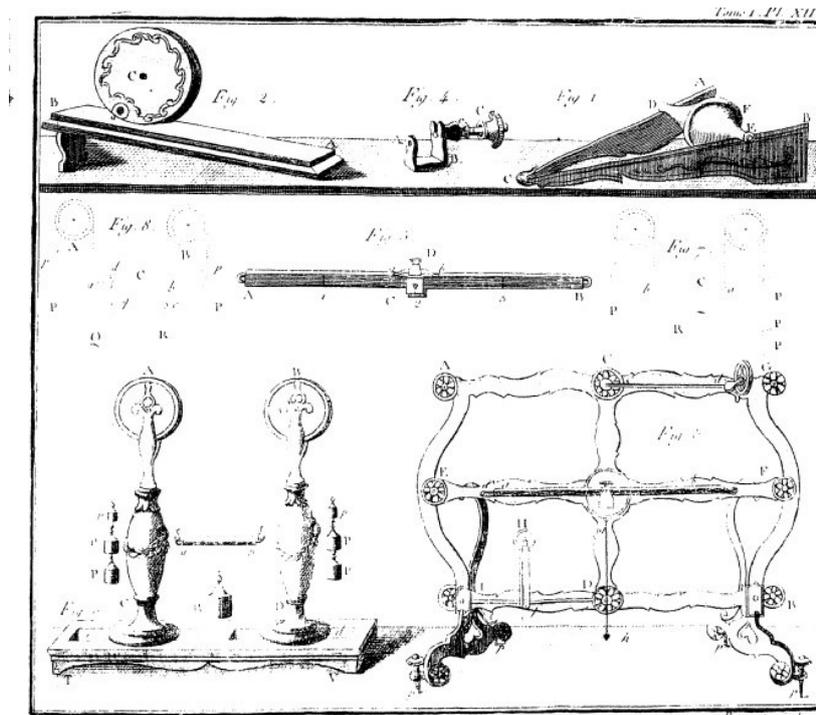


Figure 14 : Plan incliné et bicône *Description et usage d'un cabinet de physique* de Sigaud de Lafond

3. Levier des trois genres

En l'absence de plus amples précisions, il est difficile d'identifier de quel matériel il peut s'agir, les leviers étant utilisés dans de nombreuses expériences et dispositifs. Rappelons que les leviers sont divisés en trois genres selon la position du point d'appui entre la force et la résistance⁶⁰⁷. Ainsi, sur la planche de la figure précédente, on voit en bas à gauche le dispositif dit

⁶⁰⁷ Levier de premier genre lorsque le point d'appui est entre la force et la résistance, comme une balançoire à bascule ; levier de deuxième genre lorsque la résistance est entre la force et le point d'appui, comme une brouette, et enfin levier de troisième genre lorsque c'est la force qui est entre le point d'appui et la résistance, comme une canne à pêche.

du *levier suspendu par ses extrémités de s'Gravesande* décrit par Sigaud de Lafond. En approchant le point C d'accroche du fardeau R initialement au milieu d'une des extrémités comme a , on rétablit l'équilibre en suspendant une charge en b triple de celle de a lorsque la distance Cb est triple de celle de Ca

On démontre facilement l'application de cette théorie en considérant le levier ab comme un double levier du second genre, et en prenant successivement les extrémités a et b , comme faisant office de point d'appui.

4. Modèle de grue

L'usage d'une maquette de grue telle qu'on peut la voir sur la planche suivante est décrit dans la leçon IX du tome 3 des *Leçons de physique expérimentale* de Nollet ainsi que chez Sigaud de Lafond.

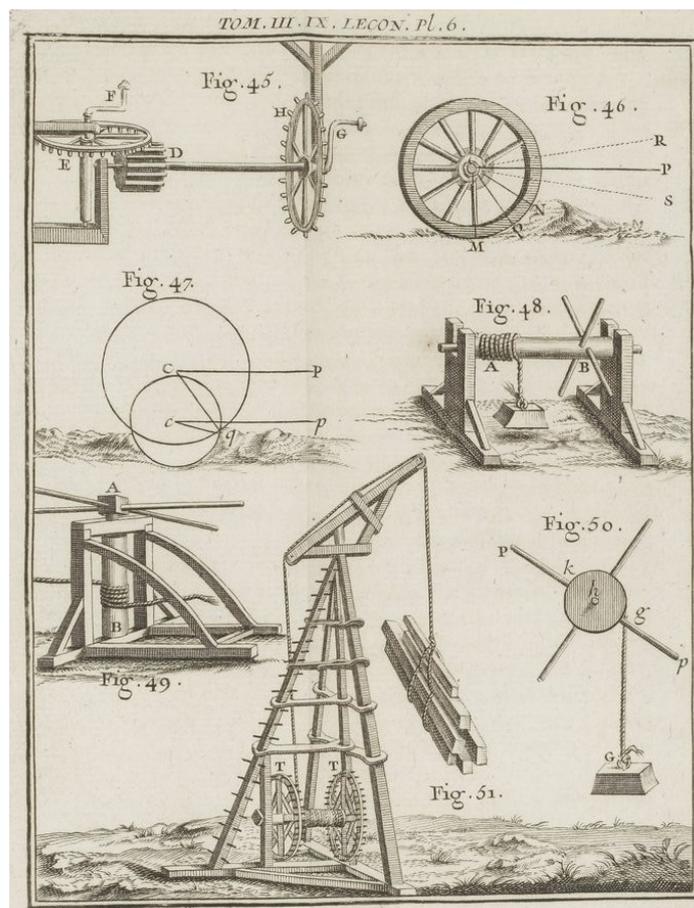


Figure 15 : Modèle de grue *Leçons de physique expérimentale* de Nollet

Un modèle de cette grue est conservé au Musée Stewart à Montréal, et Nollet explique dans *l'Art des expériences* la manière de la fabriquer. On pourra remarquer également la très grande similitude sur cette planche de deux machines avec celles présentées sur la figure 1 extraite du cours de Pellerin

5. Force centrifuge

Comme dans le cas des leviers, les termes de force centrifuge se retrouvent dans plusieurs expériences. Toutefois, l'appareil que j'ai retenu et qui est représenté sur la planche ci-dessous permet de mettre en évidence les paramètres de la force centrifuge, à savoir la masse du corps, la distance du corps au centre de rotation et la vitesse du corps⁶⁰⁸.

L'expérience est décrite dans la leçon V du tome 2 des *Leçons de physique expérimentale* de Nollet et là encore chez Sigaud de Lafond. L'appareil permet également de centrifuger des liquides et de voir par exemple la séparation de l'huile et de l'eau dans une émulsion.

⁶⁰⁸ La force centrifuge est une des force d'inertie d'entraînement dont la norme, dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire uniforme, est égale à $\frac{mv^2}{r}$, m étant la masse du corps, v sa vitesse et r le rayon de la trajectoire.

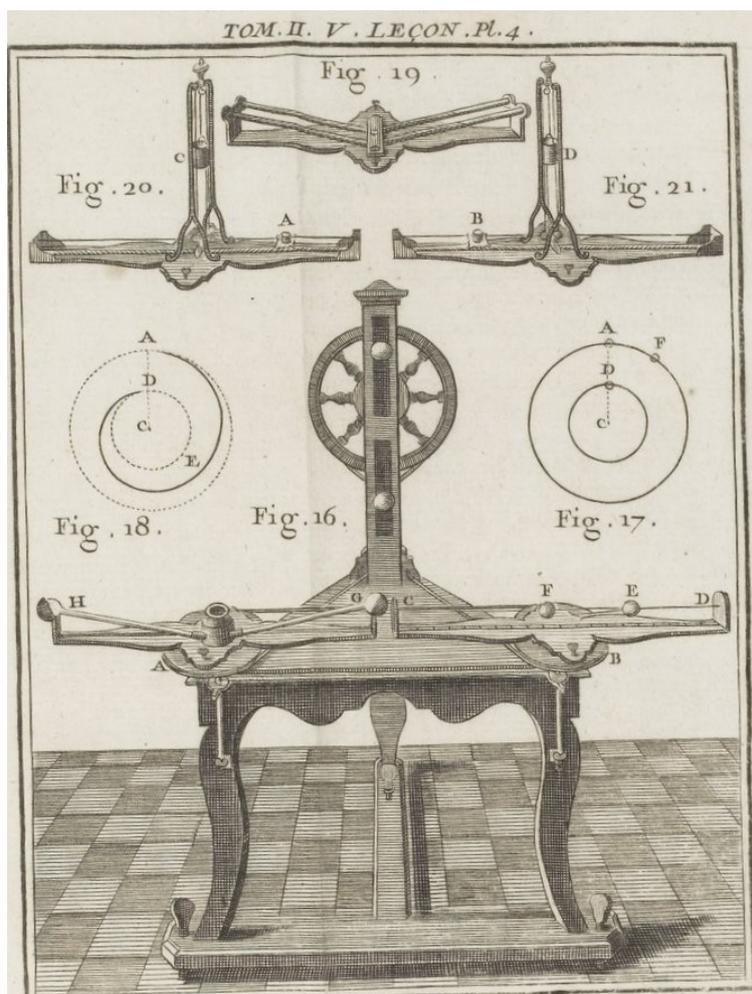


Figure 16 : Appareil pour la force centrifuge *Leçons de physique expérimentale* de Nollet

6. La balance hydrostatique

La balance hydrostatique et ses accessoires qui sont représentée sur la planche XXI extraite du tome I de la *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* de Sigaud de Lafond sert à expliquer le principe d'Archimède. Les accessoires comprennent entre autres un cylindre creux et un cylindre plein qui s'insèrent l'un dans l'autre.

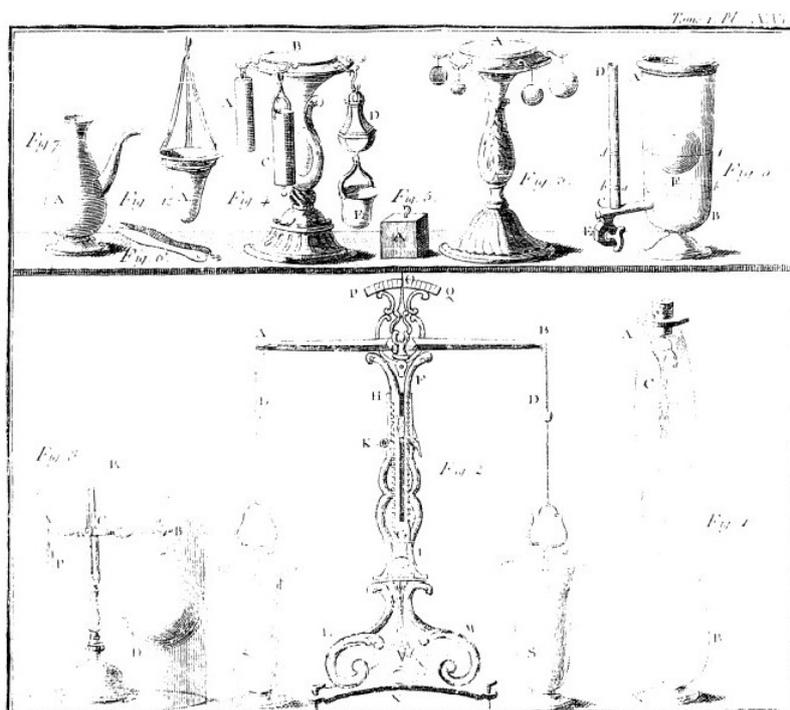


Figure 17: Balance hydrostatique *Description et usage d'un cabinet de physique* Sigaud de Lafond

7. Pompe à feu

La pompe à feu, visible sur la planche 2 du tome IV dans le cadre de la XII^e leçon des *Leçons de physique expérimentale*, est à l'origine une maquette proposée par Denis Papin . c'est en réalité une pompe à eau où celle ci, initialement chauffée dans la bouilloire *G* de la machine, est évacuée sous forme de vapeur dans le récipient cylindrique *O* qui contient de l'eau liquide qui, à son tour, sera évacuée dans le bassin au dessus de la machine.

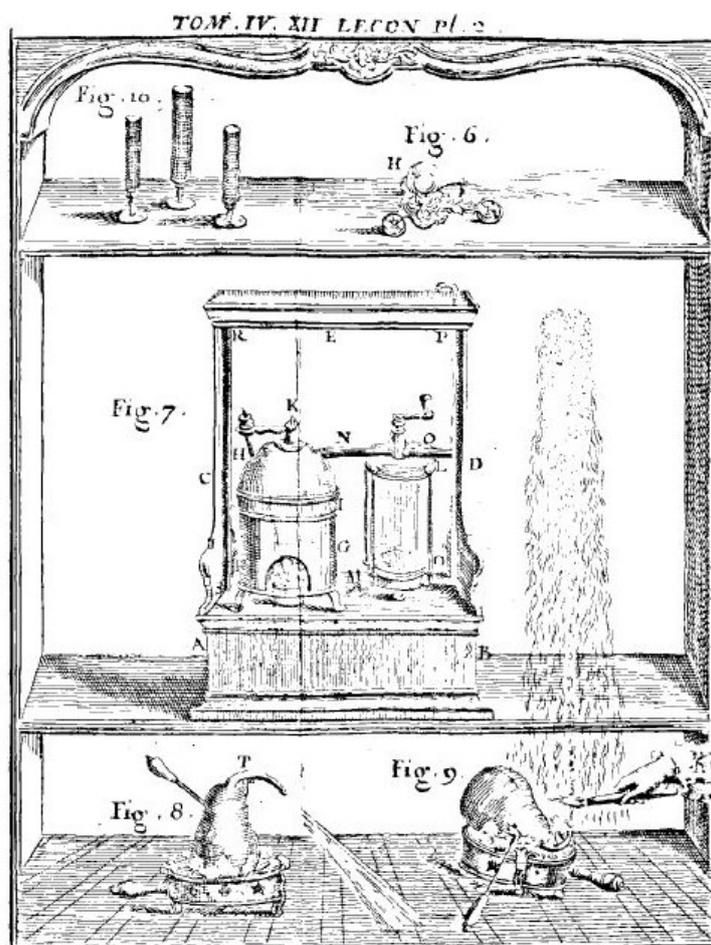


Figure 18: Pompe à feu *Leçons de physique expérimentale* Nollet

8. Éolipyle

La figure 8 de la planche précédente est une éolipyle. Ce vase en métal est initialement chauffé, puis, en cours de refroidissement, on plonge le tube étroit à son extrémité dans de l'eau. En remettant le vase sur une source de chaleur, l'eau qui a pénétré dans l'orifice s'en échappe sous forme de vapeur, ce qui peut entraîner le vase à tourner. Initialement décrite par Vitruve pour expliquer l'origine des vents, d'où son nom d'éolipyle, aeolipila, ou boule d'Éole, elle permet de montrer que la chaleur peut produire du mouvement, même si la nature de la chaleur n'est pas encore établie.

9. La machine pneumatique

Le terme de machine pneumatique désigne lui aussi de nombreux appareils, en particulier une pompe à faire le vide. J'ai choisi d'illustrer cette machine, dont la présence est attestée à Nantes, par sa représentation chez Sigaud de Lafond pour sa grande ressemblance avec celle représentée sur la figure 2 du texte dans le cadre du cours de Pellerin à Nantes.

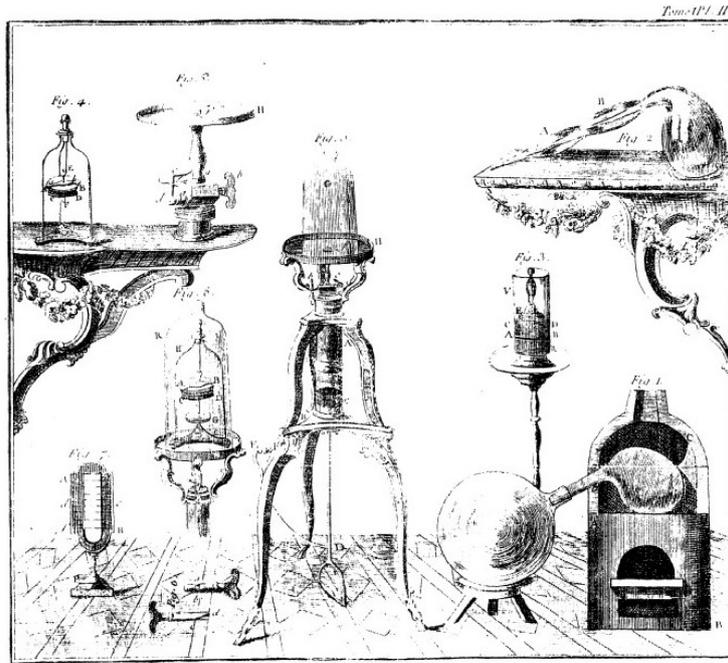


Figure 19: Machine pneumatique *Description et usage d'un cabinet de physique Sigaud de Lafond*

Nollet pour sa part décrit sur pas moins d'une cinquantaine de page dans *L'Art des expériences* la manière de construire et d'entretenir sa machine.

La pompe à vide permet d'innombrables expériences. Le moulinet de fer blanc présent à Auxerre servait très probablement à être placé sous la cloche à vide de la machine. Lorsque la pompe à vide ne fonctionne pas, le moulin, une fois lancé, finit par s'arrêter de tourner. En refaisant la même expérience mais cette fois ci en faisant le vide sous la cloche, on constate que le mouvement dure beaucoup plus longtemps, en raison de l'absence du frottement de l'air.

10. Fontaine de compression

La fontaine de compression, appelée également fontaine de compression d'Héron d'Alexandrie, est un récipient, sphère ou vase, rempli d'eau aux deux tiers, où par l'intermédiaire d'un piston introduisant une grande quantité d'air, on peut faire jaillir de l'eau avec force en comprimant l'air.

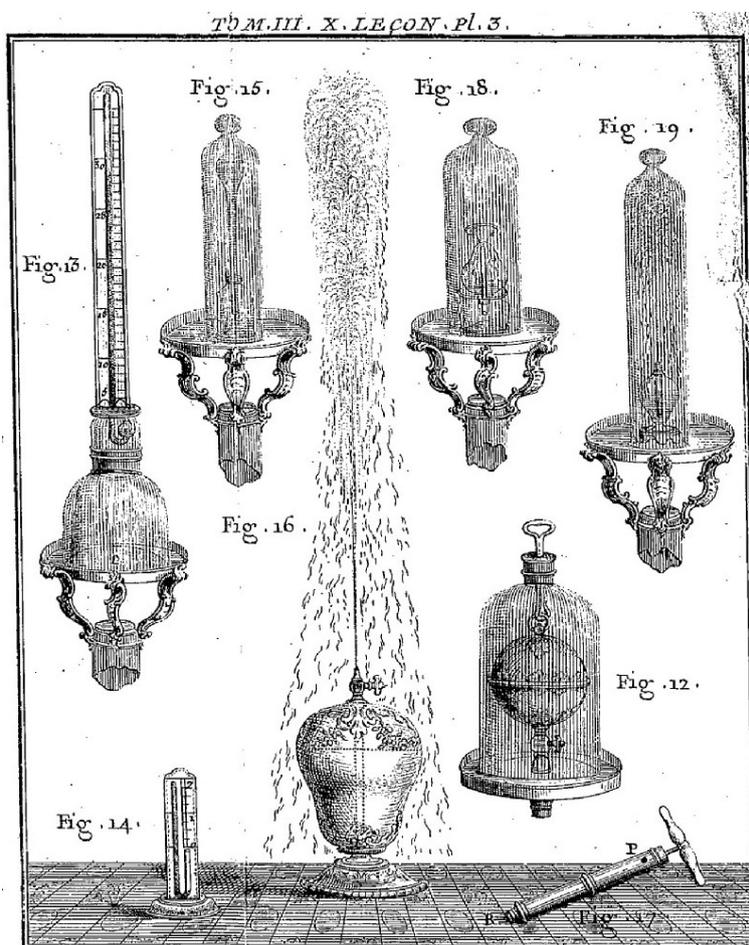


Figure 20: Fontaine de compression *Leçons de physique expérimentale* Nollet

11. La fontaine de Héron

La fontaine de Héron simple utilise aussi l'interaction entre l'air et l'eau, mais son principe est de créer un jet d'eau « perpétuel », cette fontaine étant parfois utilisée dans les dîners pour y verser du vin.

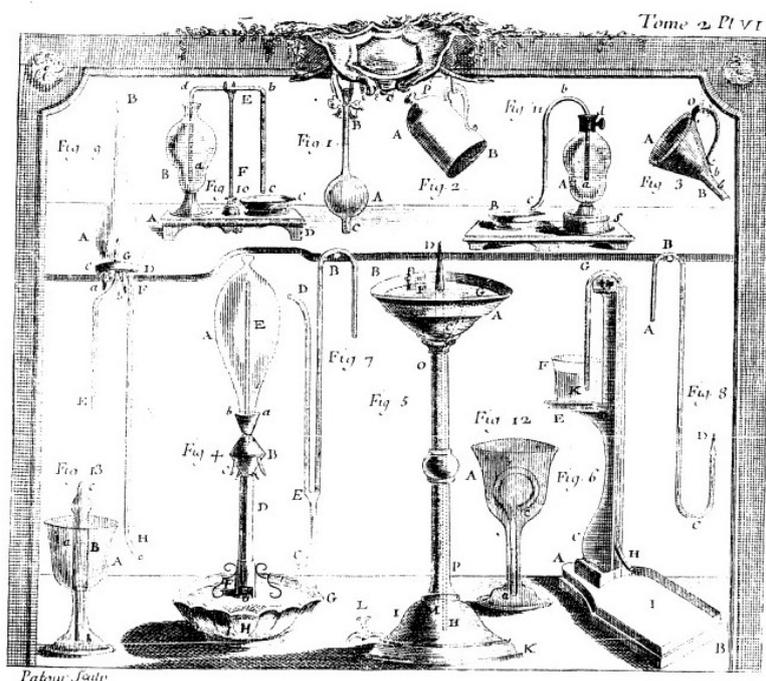


Figure 21 : La fontaine de Héron *Description et usage d'un cabinet de physique...* de Sigaud de Lafond

Ces expériences sont décrites par Nollet et Sigaud de Lafond, tout comme l'entonnoir magique visible en haut à droite de la planche ci-dessus, en réalité deux entonnoirs l'un dans l'autre avec un espace entre les deux suffisant pour introduire l'équivalent d'un verre d'eau. Sigaud de Lafond décrit l'expérience ainsi :

Si on bouche l'orifice inférieur de la queue et qu'on remplit d'une liqueur quelconque l'entonnoir *a*, la liqueur passant par l'orifice *b* s'élèvera en même temps dans l'espace intermédiaire, tandis que l'air qui remplit cet espace s'échappera par l'orifice *o*. Lorsque tout sera rempli, si on bouche avec le pouce le petit trou *o* et qu'on débouche la queue, la liqueur comprise dans l'entonnoir *a* s'écoulera et l'espace intermédiaire demeurera rempli jusqu'à ce qu'on débouche l'orifice *o*. On pourra suspendre à volonté cet écoulement et donner à l'expérience tout le merveilleux qu'on voudra.

12. Les miroirs ardents



Figure 22: Miroirs ardents Collection du lycée Émile Zola à Rennes

Une source de chaleur, comme une bougie, placée au foyer du miroir de droite permet d'enflammer des charbons ardents ou de l'amadou placés dans la corbeille du miroir de gauche. Censée illustrer comment Archimède mit le feu aux bateaux romains lors du siège de Syracuse, fait qui prête à controverse, cette expérience montre en tout cas que le rayonnement thermique se propage dans l'air et qu'il se réfléchit à la surface d'un miroir, la nature de la chaleur étant encore en discussion.

13. Lanterne magique

Comme le montre la planche 10 du tome V contenant la XVII^e leçon des *Leçons de physique expérimentale*, la lanterne magique permet de rendre visible de petits objets sur un écran. C'est ce qu'indique Nollet qui cite l'inventeur de cette lanterne.

Nous tenons la lanterne magique du Père Kirker, jésuite allemand , qui joignait a un grand savoir une sagacité singulière , & un génie fort inventif. La propriété de cette machine est de faire paraître en grand , sur une muraille blanche ou sur une toile tendue dans un lieu obscur, des figures peintes en petit, sur des morceaux de verre mince ,& avec des couleurs bien transparentes.

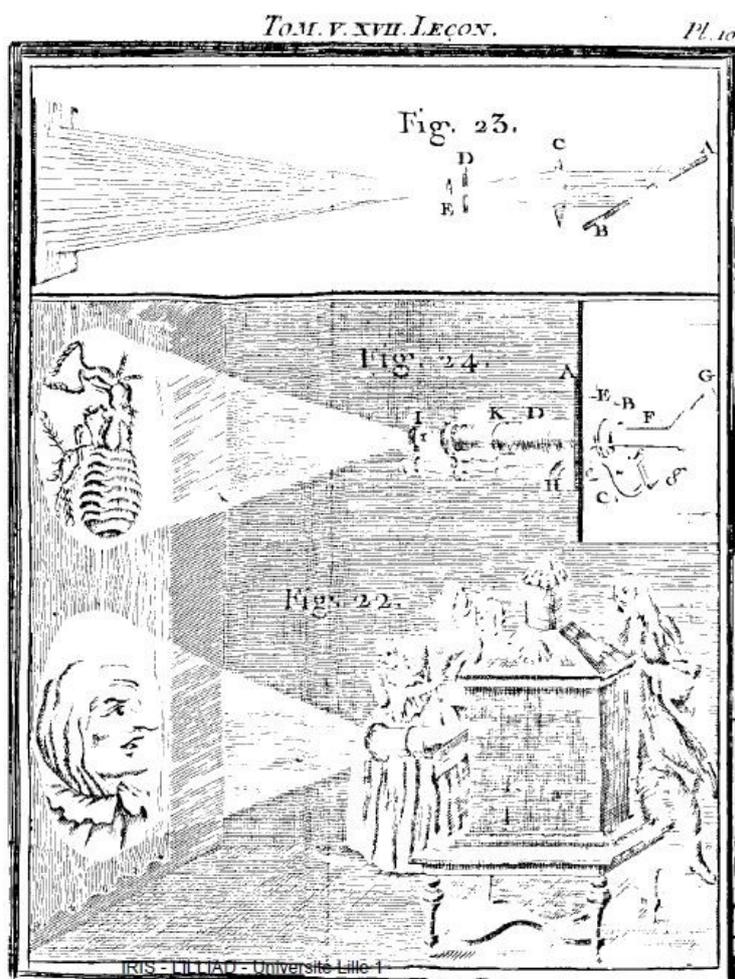


Figure 23: Lanterne magique *Leçons de physique expérimentale* Nollet

14. Machine électrique

Beaucoup de gravures ou d'illustrations actuelles sur l'histoire de l'électricité montrent la machine électrique de l'abbé Nollet que l'on peut trouver dans les *Leçons de physique expérimentale* :

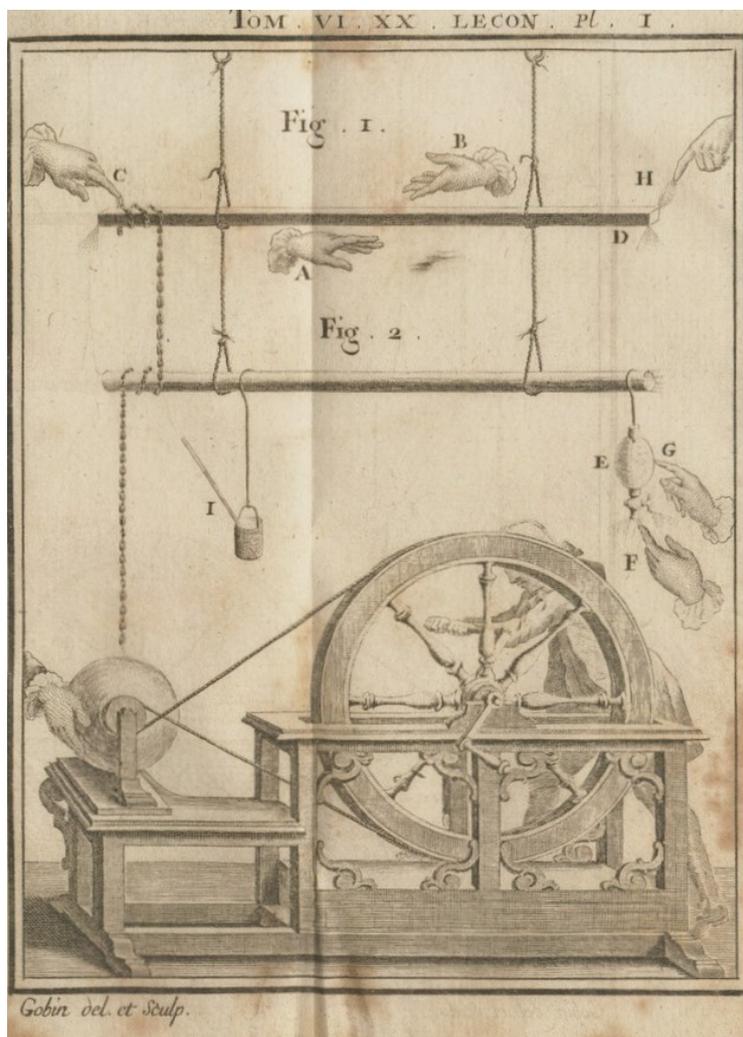


Figure 24 : Machine électrique *Leçons de physique expérimentale* de Nollet

Il est probable que dans les cabinets de Nantes et d'Angers, il devait plutôt s'agir de la machine de Ramsden car d'une part elle a l'avantage d'être plus petite, et d'autre part c'est celle que décrit Sigaud de Lafond dans son *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, la machine de Ramsden étant une amélioration de celle conçue initialement par Sigaud de Lafond.

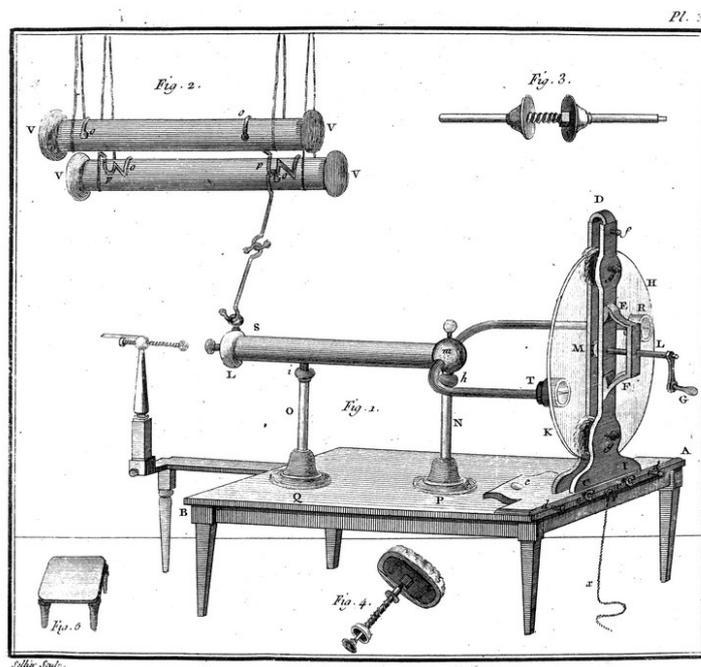


Figure 25 : Machine de Ramsden *Précis historique et expérimental...* Sigaud de Lafond

15. Bouteille de Leyde

En 1746, dans une lettre adressée à Réaumur, Musschenbroek évoque

Une expérience nouvelle, mais terrible, que je vous conseille de ne point tenter vous-même.

Il s'agit en fait de la charge puis de la décharge d'un condensateur, la bouteille de Leyde, nommée ainsi car constituée d'une bouteille en verre mince dont l'extérieur est recouvert d'étain et remplie de feuille d'étain ou d'or. La charge de ce condensateur est visible sur la dernière planche illustrant l'*Essai sur l'électricité des corps* de Nollet, paru en 1746.

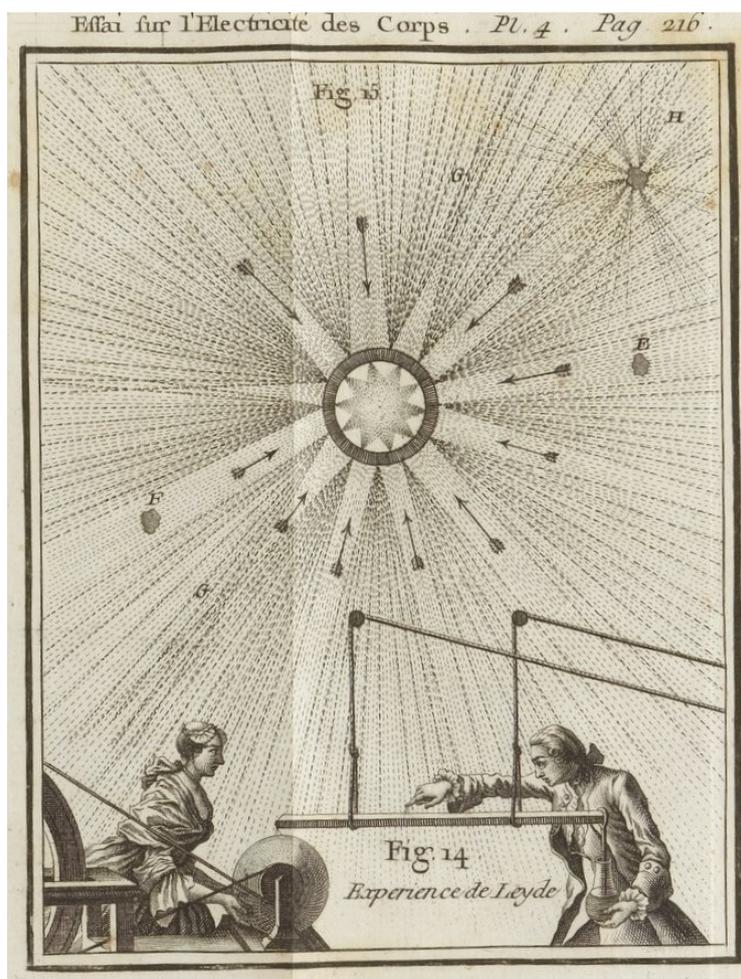


Figure 26: La bouteille de Leyde *Essai sur l'électricité des corps* Nollet

16. Pistolet de Volta

Ce dispositif pourrait également se rattacher à la chimie car on introduit dans le flacon un mélange détonant formé de deux volumes de dihydrogène et d'un volume de dioxygène dans le réservoir que l'on ferme hermétiquement avec un bouchon de liège. En l'approchant d'une machine électrique, il apparaît une étincelle entre la machine et la boule extérieure d'une tige qui est se prolonge dans la bouteille, où une autre étincelle provoque la combinaison des deux gaz. La vapeur d'eau formée par la réaction chimique à température élevée projette le bouchon dans l'air avec une détonation semblable à celle d'un coup de pistolet.



Figure 27: Pistolet de Volta Collection de l'université Claude Bernard à Lyon

L'émergence d'une collection type

Quels enseignements pouvons nous tirer de ces instruments ? Tout d'abord le fait qu'il y a effectivement des matériels types. Pompe à vide, fontaine de Héron semblent incontournables, et elles présentent l'avantage d'être des objets techniques complexes néanmoins capables de marquer les esprits des spectateurs. On voit aussi que sont considérés comme du domaine du cabinet de physique, la sphère de Ptolémée, le globe terrestre et la sphère de Copernic qui constituent la partie consacrée à l'astronomie, ou tout au moins des systèmes du monde, dans deux de ces collections. Dans le cas de l'école militaire d'Auxerre, un outil de l'art militaire

comme un graphomètre⁶⁰⁹ fait même partie de l'inventaire. Les conditions de l'expérimentation sont donc très similaires, jusque dans des descriptions semblables de la classe de physique.

Par contre, ce qui peut changer, ce sont les moyens dont dispose l'enseignant de physique. Dans l'étude de Jacques Dubois⁶¹⁰ consacrée au collège des Godrans⁶¹¹ à Dijon, on dispose ainsi d'une collection d'une centaine de pièces en 1763 et de plus de 280 appareils répertoriés en 1805. Le matériel est réparti en différentes catégories : mécanique, hydrostatique, calorique, air, optique, magnétisme, galvanisme, astronomie et chimie. Cette collection s'est établie par des investissements réguliers, mais elle bénéficie de plus des conseils de Sigaud de Lafond qui va superviser celle-ci.

La situation peut donc être très différente d'un collège à l'autre pour de simples raisons financières. Nous avons évoqué les difficultés des collèges de Nantes et d'Angers. Au collège d'Auxerre, en 1790 comme le rapporte Jean-Christophe Blanchard, le principal se fait l'écho du dénuement du collège :

Il serait à désirer qu'il y eut dans le collège national du département les instruments nécessaires à la physique expérimentale

Néanmoins, nous pouvons considérer qu'il s'est constitué à travers ces trois établissements l'ébauche d'une collection scolaire type d'instruments qui préfigure sans doute les listes de matériels de la période révolutionnaire et ultérieures. La salle de classe devient un lieu de production expérimentale et crée un marché, donc des fabricants, pour ces instruments de physique expérimentale. Des catalogues sont disponibles et enfin surtout, on voit des pratiques pédagogiques liées aux descriptions de Nollet et peut-être plus encore de Sigaud de Lafond.

⁶⁰⁹ Le graphomètre est un instrument destiné à mesurer les angles, dans le plan horizontal. Il est utilisé entre autres par les arpenteurs.

⁶¹⁰ [PYENSON L. GAUVIN J-F., 2002]

⁶¹¹ Un collège des Jésuites, qui deviendra ensuite l'école centrale de Dijon.

ANNEXE 3 :

LE MEMOIRE DE MONGE SUR LA SYNTHÈSE DE L'EAU

L'École royale du Génie de Mézières a vu coexister une collection scolaire, pour reprendre le qualificatif de Maurice Daumas, provenant de l'abbé Nollet, le célèbre vulgarisateur de la science des Lumières, et le dispositif de Gaspard Monge pour effectuer la synthèse de l'eau. Mézières, lieu d'enseignement, lieu de recherche, ce mémoire montre la réalité de cette coexistence.

Repères chronologiques

La reproduction ci jointe est la copie du texte imprimé de 1786 des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*. Qui a réalisé le premier la synthèse de l'eau est une question qui a fait couler beaucoup d'encre en histoire des sciences, aussi est il nécessaire de préciser quelques dates. Comme Monge l'indique lui même, après avoir passé 6 mois à Paris, il rentre à Mézières fin mai 1783 pour reprendre ses cours. Il effectue les expériences de combinaison de dihydrogène, le gaz inflammable, et de dioxygène, l'air déphlogistiqué, en juin et juillet 1783. Il communique ses résultats à Vandermonde qui les lit à l'Académie le 6 août 1783 sous le titre *Mémoire sur le résidu de la déflagration de gaz inflammable et d'air vital*. Le manuscrit de ce texte, paraphé par Condorcet, est aux archives du C.N.A.M. Le texte imprimé comprend une introduction plus longue et plus de résultats, car il prend en compte les expériences d'octobre.

Afin de bien préciser le contexte de l'époque, rappelons que c'est le 24 juin 1783 que Lavoisier combine du dihydrogène et du dioxygène dans un vase clos, et qu'il reconnaît le résultat de cette expérience comme étant de l'eau pure. Ce résultat est annoncé dès le lendemain à l'Académie, c'est l'avantage d'habiter la capitale. Mais Monge a travaillé indépendamment de Lavoisier et de son concurrent anglais Cavendish.

Les expériences de Monge

Il s'agit en fait de combiner de combiner du dihydrogène et du dioxygène par une série de décharges électriques dans un eudiomètre.

Monge explique tout d'abord qu'il a obtenu du dioxygène par réduction d'oxyde de

mercure, le précipité rouge dans l'ancienne nomenclature, et du dihydrogène en faisant agir de l'acide sulfurique, l'acide vitriolique, sur du fer. L'appareil de la figure 1 lui sert à mesurer la masse d'un volume de gaz déterminé, mais comme l'indique René Taton dans son analyse des mesures⁶¹², les rapports de masse de la page 81 sont erronés. En effet, pour un même volume, à savoir une pinte, la masse du gaz oxygène serait 7,6 fois plus grande que celle du gaz hydrogène. Or, si nous considérons nos actuelles masses molaires, pour le dioxygène O₂ la masse est de 32 g par mole et pour le dihydrogène H₂ la masse est de 2 g par mole, soit un rapport de 16. La figure 2 montre l'appareil utilisé pour l'expérience proprement dite. C'est un eudiomètre, constitué d'un ballon *M* équipé pour être le lieu d'étincelles électriques,

à la manière de Monsieur de Volta

nous dit Monge, comme quoi il utilise ce qu'il a vu. On fait le vide dans ce ballon par le tuyau *LO* relié à une machine pneumatique, et les récipients gradués *G* et *H* contiennent respectivement le dihydrogène et le dioxygène.

Les résultats, leur exploitation

Les mesures de Monge à la page 83 du mémoire montrent qu'il a tout d'abord bien combiné 2 volumes de dihydrogène pour un volume de dioxygène⁶¹³, avec une précision de l'ordre de 1/50ème, sans toutefois exploiter ce résultat. Il part tout de suite sur les masses, qui malheureusement sont fausses dès le départ. Par contre, il prouve page 86 par une série de tests que le produit obtenu

doit donc être regardé comme de l'eau pure

Mais à la différence de Lavoisier qui en tira la conséquence décisive que l'on sait, Monge hésite entre deux explications page 87. Ou bien le dihydrogène et le dioxygène

se combinent pour produire de l'eau qui ne seroit plus alors une substance simple [...] mais cette hypothèse

⁶¹² [TATON, 1951]

⁶¹³ L'équation de la réaction chimique est en effet $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

comporte une difficulté qui dans l'état actuel de nos connaissances est difficile à résoudre⁶¹⁴

ou bien le dihydrogène et le dioxygène sont

les dissolutions de l'eau dans des fluides élastiques différents, ces fluides quittent l'eau qu'ils dissolvoient pour se combiner & former le fluide du feu et de la lumière⁶¹⁵...

Il semble toutefois que la première hypothèse séduise Monge, car c'est celle qu'il exploite pour expliquer correctement un certain nombre de phénomènes, et il laisse ouverte la recherche sur les difficultés qu'elle comporte.

Les suites de cette expérience

Lavoisier a reconnu la qualité de l'expérience de Monge. Dans le Mémoire dans lequel on a pour objet de prouver que l'eau n'est pas une substance simple, il dit lui même:

L'appareil de M.Monge est extrêmement ingénieux [...] il a opéré sans pertes, de sorte que son expérience est beaucoup plus concluante encore que la nôtre, & ne laisse rien à désirer.

Cette reconnaissance par Lavoisier des qualités d'expérimentateur de Monge lui vaudront d'intégrer l'équipe du grand chimiste, mais c'est une autre histoire...

⁶¹⁴ Il s'agit de l'influence de la température.

⁶¹⁵ Ce qui est conforme à la théorie du phlogistique

M É M O I R E

*Sur le résultat de l'inflammation du Gaz inflammable
& de l'Air déphlogistiqué, dans des vaisseaux clos.*

Par M. -M O N G E.

LORSQU'À la manière de M. de Volta on enflamme un mélange d'air déphlogistiqué & de gaz inflammable par le moyen d'une étincelle électrique, ou par une élévation suffisante de température, les deux fluides se décomposent, & se dépouillent réciproquement d'une très-grande partie de la matière de la chaleur qui entroit auparavant dans leur composition. Ce feu abandonné à lui-même quitte l'état de compression où le tenoit son adhérence pour les autres parties constituantes des fluides, il entre en expansion, il heurte d'une manière mécanique les parois des vaisseaux dans lesquels se fait l'opération, & il les brise lorsque leur résistance n'est pas assez grande; mais lorsque cette résistance est suffisante, le feu, après avoir perdu son mouvement contre les parois, passe par leurs pores comme matière de température, & il chauffe les corps circonvoisins; il se trouve alors du vide dans le récipient qui ne contient plus que les autres substances qui entroient dans la composition des fluides élastiques, & qui sont privées du ressort & de la légèreté que leur communiquoit auparavant la matière de la chaleur & celle de la lumière qu'elles ont abandonnées.

Malgré le grand nombre d'expériences que tous les Physiciens avoient répétées sur l'inflammation dans l'eudiomètre de M. de Volta, on n'avoit encore aucune connoissance sur la nature de ce résidu, parce que les expériences avoient été faites trop en petit, ou parce qu'on avoit opéré les inflammations sur de l'eau qui masquoit ce résidu & empêchoit

DES SCIENCES. 79

qu'on ne pût l'apercevoir *. Ce résultat pouvant fournir une substance nouvelle, ou procurer des lumières sur la composition d'une substance déjà connue, il étoit important de répéter les expériences sur des quantités considérables de fluides élastiques, & dans des vaisseaux clos, secs & à l'abri du contact de toute matière étrangère : c'est ce que j'ai fait, & ce dont je vais rendre compte à l'Académie.

L'air déphlogistiqué que j'ai employé a été produit par la réduction du précipité rouge ; & pour que le gaz ne fût point altéré par l'air atmosphérique, j'ai d'abord mis dans une cornue le nitre mercuriel avec du mercure coulant, & j'ai poussé doucement la calcination jusqu'à ce qu'il ne se dégagât plus de gaz nitreux que je recevois dans l'appareil hydropneumatique ; alors en augmentant le feu, & avec les précautions qu'exige la combinaison des premières portions d'air déphlogistiqué avec les dernières de gaz nitreux, j'ai obtenu l'air déphlogistiqué sans faire communiquer l'atmosphère avec l'intérieur de la cornue, & j'ai rejeté les premiers produits qui pouvoient contenir l'acide nitreux résultant de la combinaison des deux gaz. Quant à l'air inflammable je me le suis procuré en faisant dissoudre du fil-de-fer bien nettoyé dans de l'acide vitriolique affoibli, & en employant un vase assez grand pour que tout l'air qui m'étoit nécessaire fût produit d'un seul jet, & sans être obligé de l'ouvrir pour y introduire de nouveau ou du fer ou de l'acide, ce qui auroit donné passage à l'air de l'atmosphère & altéré mes résultats.

Après avoir obtenu l'air déphlogistiqué & l'air inflammable, j'ai mesuré le poids d'un volume déterminé de chacun de ces fluides : pour cela, sur un appareil hydropneumatique *ABCD*

* Les Expériences dont il s'agit dans ce Mémoire, ont été faites à Mézières, dans les mois de Juin & de Juillet 1783, & répétées en Octobre de la même année : je ne favois pas alors que M. Cavendish les eût faites plusieurs mois auparavant

en Angleterre, mais plus en petit ; ni qu'e M.^{rs} Lavoisier & de la Place les fissent à peu-près dans le même temps à Paris, dans un appareil qui ne comportoit pas toute la précision de celui que j'ai employé.

80 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

(figure 1), dans lequel le niveau de l'eau *EF* étoit à une hauteur constante & déterminée, j'ai établi un bocal de verre *I* de la capacité de vingt-deux pintes, ouvert par en bas, & garni à son ouverture supérieure d'un robinet bien luté; à côté de ce bocal étoit fixée une règle *GH*, destinée à recevoir les divisions du volume du bocal en parties qui contiennent chacune la même masse d'air, malgré le poids variable de la colonne d'eau suspendue, & je me suis procuré ces divisions de la manière suivante. Dans un matras à col étroit, j'ai introduit une pinte d'eau, mesure de Paris; cette pinte contenoit 1 livre 14 onces 7 gros 44 grains d'eau de pluie filtrée, à la température de 12 degrés du thermomètre de Réaumur, & j'ai coupé le col du matras à l'endroit où se trouvoit la surface de la pinte d'eau; ensuite j'ai aspiré par en haut l'air du bocal *I* jusqu'à ce que l'eau fût arrivée au robinet, & que j'en eusse une gorgée dans la bouche; j'ai fermé le robinet, & dans cet état l'eau restoit suspendue, & il n'entroit point d'air dans le bocal ni par les luts, ni par le robinet. J'ai plongé dans l'eau de l'appareil le matras renversé & plein d'une pinte d'air atmosphérique sous le poids de l'atmosphère, j'ai versé cet air dans le bocal par-dessous, l'eau s'est abaissée, & j'ai marqué sur la règle la hauteur à laquelle s'arrêtoit la surface: j'ai recommencé cette opération jusqu'à ce que le bocal fût entièrement vide d'eau, & j'ai eu sur la règle, des divisions inégales, & qui indiquoient des volumes inégaux, mais ces volumes contenoient des masses égales d'air sous le poids constant de l'atmosphère: cette opération préliminaire étant faite, j'ai de nouveau rempli d'eau le bocal, & j'y ai introduit par en bas le gaz dont je voulois mesurer le poids.

Ensuite j'ai fait le vide dans un grand ballon *K*, garni d'un robinet bien luté, & dont la capacité étoit à peu-près de 14 pintes; après l'avoir pesé dans cet état, je l'ai vissé sur le bocal, & en ouvrant les deux robinets j'ai permis à l'air du bocal d'entrer dans le ballon jusqu'à refus. La marche de la surface de l'eau dans le bocal, m'a donné le volume d'air introduit

ARCHIVES DE L'ACADÉMIE
DES SCIENCES, PARIS

Citation obligatoire

DES SCIENCES 81

introduit dans le ballon, & j'en ai eu le poids par l'excès du poids du ballon plein, sur ce qu'il pesoit étant vide : par ce moyen, j'ai trouvé que le baromètre étant à 27 pouces 5 lignes, & la température à 15 degrés du thermomètre de Réaumur.

	Gros.	Grains.
12 pintes $\frac{27}{8}$ de gaz déphlogistique pesoient	4.	13
12 pintes $\frac{33}{8}$ d'air atmosphérique	3.	56 $\frac{1}{2}$
12 pintes $\frac{4}{44}$ d'air inflammable	0.	39 $\frac{1}{64}$

Par des recherches antérieures je m'étois assuré que le pied cube d'eau de pluie filtrée, à la température de 12 degrés, pèse 69 livres 6 onces 0 gros 39 grains, & qu'il contient 35,865 fois la pinte qui me servoit alors d'unité, j'ai donc pu former la Table suivante, qui donne les poids de la pinte & du pied cube de chacun des trois fluides élastiques.

N O M S des G A Z.	POIDS de la P I N T E.	POIDS du P I E D C U B E.
	Grains.	Onces. Gros. Grains.
Air déphlogistique	23 $\frac{122}{104}$	1. 3. 67,56.
Air atmosphérique	21 $\frac{91}{107}$	1. 2. 44,03.
Air inflammable	3 $\frac{87}{3468}$	0. 1. 36,86.

Pour produire l'inflammation de l'air inflammable & de l'air déphlogistique dans des vaisseaux clos & à l'abri du mélange de toute matière étrangère, je me suis servi de l'appareil suivant.

Dans une caisse hydropneumatique, dont la coupe est représentée par *ABCD* (figure 2), & dans laquelle le niveau *EF* de la surface de l'eau étoit entretenu constamment à la même hauteur, j'ai établi deux grands boccas *G* & *H*, semblables à celui qui m'avoit servi à prendre le poids

Mém. 1783.

L

82 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

des gaz, & gradués séparément par le même procédé : ces deux bocaux qui devoient servir de réservoirs, l'un à l'air déphlogistiqué, l'autre à l'air inflammable, étoient ouverts par en bas, dans le haut ils communiquoient, par des tuyaux de métal garnis des robinets *I* & *K*, à un ballon *M* destiné à servir de récipient, & dans lequel étoit un excitateur pour produire une étincelle électrique à la manière de M. de Volta ; cet excitateur étoit d'argent, parce qu'une première expérience m'avoit appris que le cuivre se calcine par la chaleur des inflammations, & donne de la chaux métallique qui altère la pureté des résultats. Un troisième tuyau de métal, pareillement garni d'un robinet *L*, établissoit la communication du ballon à une excellente machine pneumatique *O*, destinée à faire le vide dans le ballon, & à en extraire les fluides élastiques : je m'étois assuré de l'exactitude des luts, des soudures & des robinets, en tenant l'eau suspendue pendant plusieurs jours à 18 pouces de hauteur par chaque robinet en particulier, sans qu'il soit entré la moindre quantité d'air dans l'appareil.

Cela fait, pour introduire le gaz déphlogistiqué dans le bocal *H*, j'ai ouvert les robinets *L* & *K*, puis en pompant avec la machine pneumatique, j'ai élevé l'eau dans le bocal jusqu'à ce que sa surface fût prête à être cachée par la calotte métallique qui étoit au haut, & j'ai fermé le robinet *K*. Il restoit alors un peu d'air atmosphérique entre la surface de l'eau & le robinet : pour enlever cet air sans faire passer de l'eau par le robinet, j'avois introduit dans le bocal un tube de verre *PQR*, recourbé par en bas, j'ai poussé l'extrémité supérieure de ce tube dans le tuyau de métal jusqu'à ce qu'elle touchât le robinet, & en aspirant par le bout extérieur *R*, qui étoit garni d'une soupape de vessie, j'ai totalement vidé d'air le bocal *H* ; enfin j'y ai introduit le gaz par en bas : de la même manière, & avec les mêmes précautions, j'ai rempli le bocal *G* d'air inflammable.

Tout étant ainsi préparé, les deux robinets *I* & *K* étant fermés, & le robinet *L* étant seul ouvert, j'ai fait le vide

ARCHIVES DE L'ACADÉMIE
DES SCIENCES, PARIS

Citation obligatoire

dans le ballon *M* aussi parfaitement qu'il m'a été possible, & j'ai fermé le robinet *L*; puis ouvrant le robinet *K*, j'ai laissé entrer dans le ballon le douzième de son volume d'air déphlogistiqué, ce que je pouvois mesurer d'une manière très-précise par la marche de la surface de l'eau dans le bocal *H*; ensuite ouvrant le robinet *I*, j'y ai laissé entrer du gaz inflammable jusqu'à refus, & tous les robinets étant fermés, j'ai tiré une étincelle qui a produit une première explosion. J'ai laissé entrer une seconde fois un douzième d'air déphlogistiqué, & j'ai eu une seconde explosion, & ainsi de suite jusqu'à six explosions consécutives; le gaz inflammable étant tout employé, j'ai rendu un douzième d'air déphlogistiqué, & j'ai laissé entrer de nouveau de l'air inflammable jusqu'à refus; mais dans ce cas il en entroit moins que la première fois, tant parce que le ballon étoit extrêmement chaud, que parce que la portion des gaz qui ne pouvoit servir à l'inflammation, commençoit à l'engorger, & je n'ai pu obtenir que cinq explosions consécutives: en continuant de cette manière, j'ai pu produire cent trente-sept explosions.

Le ballon étant alors engorgé, parce qu'il étoit trop petit, j'ai laissé tomber le nuage qui le remplissoit, ensuite j'ai recommencé l'opération du vide, & pour ne rien perdre de tous les produits, j'ai recueilli dans un appareil pneumatique particulier que j'avois adapté à la pompe, tout l'air extrait du ballon pour le soumettre ensuite à l'examen.

Par ce procédé, & en trois suites d'explosions dont le nombre a été porté à trois cents soixante-douze, j'ai consommé

145 pintes $\frac{21}{147}$ d'air inflammable
 Et 74 pintes $\frac{2}{16}$ d'air déphlogistiqué.

Le poids de ces gaz, si leurs densités avoient été les mêmes que lorsque je les pesai, auroit été

	onces.	gros.	grains.
Pour l'air inflammable.....	0.	6.	10,03.
Pour l'air déphlogistiqué.....	3.	0.	58,53.
TOTAL.....	3.	6.	68,56.

84 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

Mais pendant les explosions le poids de l'atmosphère étoit diminué, & sa hauteur moyenne n'étoit plus que de 26 pouces 11 lignes, la température de l'appartement étoit encore la même. Il faut donc diminuer le poids total des deux airs dans le rapport de 27 pouces 5 lignes à 26 pouces 11 lignes; car quoique les différens fluides élastiques ne soient pas tous également dilatables par la chaleur, il est très-probable qu'ils sont tous compressibles suivant la même loi, du moins dans l'état moyen, c'est-à-dire en raison des poids comprimans: d'après cela on trouve que le poids total des airs que j'ai employés, est de 3 onces 6 gros 27,56 grains.

Avant que d'aller plus loin, je rapporterai quelques circonstances qui ont accompagné ces expériences: 1.^o chaque explosion occasionnoit une chaleur très-forte, subite, & qui se faisoit sentir d'une manière très-sensible au visage, même à la distance de trois pieds du ballon; j'ai été obligé de mettre de l'intervalle entre les explosions, & de refroidir le ballon avec des linges mouillés pour empêcher les luts de se ramollir, & de laisser échapper les fluides élastiques: 2.^o en refroidissant de cette manière le ballon, le fluide qu'il contenoit perdoit sa transparence & présentoit un brouillard très-épais qui disparoissoit sur le champ à l'explosion suivante, parce que les gouttes de liquide qui le composoient, étoient subitement converties en vapeurs par la haute température qu'excitoit l'inflammation: 3.^o dans les commencemens de chaque suite d'explosions les étincelles produisoient un certain bruit; mais sur la fin de la suite & lorsque le ballon commençoit à s'engorger sensiblement, ce bruit changeoit de nature, ou plutôt il étoit accompagné d'un sifflement éclatant qui me donnoit de l'inquiétude & me faisoit craindre qu'il ne s'échappât quelque chose par les luts: j'ai été pleinement convaincu par la suite que ce sifflement étoit occasionné par la grande & subite compression qu'éprouvoit le fluide élastique intérieur, en vertu de la haute température à laquelle l'élevoit l'explosion.

Ces opérations étant finies, j'ai déluté le ballon, je l'ai

d'abord pesé avec la liqueur qu'il contenoit, puis j'ai transféré ce produit, & après avoir bien séché le ballon je l'ai repesé de nouveau, & j'ai trouvé pour différence, 3^{onces.} 2^{gros.} 45, 1^{grain.} ce poids est celui du produit en liqueur de l'inflammation des deux gaz.

J'ai ensuite pesé tout l'air que j'avois extrait du ballon par les trois opérations du vide, son volume étoit de sept pintes, & j'ai trouvé son poids de

2. 27,91.

Ainsi le poids total des substances qui

résultent de l'opération, est de

3. 5. 1,01.

& il s'en faut 1 gros 26,55 grains que ce poids ne soit égal à celui des gaz que j'ai employés. Cette différence peut venir 1.^o de ce que j'ai corrigé les volumes d'airs d'après l'état moyen du baromètre pendant l'opération, tandis qu'il faudroit corriger chaque volume d'après la hauteur du baromètre pendant sa consommation particulière: 2.^o & principalement de ce que je n'ai pas tenu compte des changemens de température dans les réservoirs qui ont dû s'échauffer par le voisinage du ballon, quoique le thermomètre n'ait pas varié sensiblement dans l'appartement: 3.^o enfin de la perte occasionnée par la vaporisation dans chaque opération du vide.

Examen de l'Air extrait du Ballon.

Les sept pintes d'air que j'ai retirées du ballon, par la machine pneumatique, contenoient un peu d'air fixe: j'en ai agité une partie dans de l'eau de chaux qu'elle a blanchie, & par cette agitation elle a diminué d'un dix-huitième de son volume: je l'ai fait passer ensuite dans l'eudiomètre de M. de Volta, où elle a détonné par l'étincelle électrique, & par cette opération elle a encore été diminuée d'un cinquième de son volume; ce qui prouve qu'elle contenoit un mélange de gaz inflammable & de gaz déphlogistique. J'ai essayé de faire brûler, à l'air libre, le résidu de cette inflam-

ARCHIVES DE L'ACADÉMIE
DES SCIENCES, PARIS

Citation obligatoire

86 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

mation, & il a refusé de s'enflammer; mais par son mélange avec l'air nitreux, il a rutilé & s'est encore réduit comme l'air atmosphérique. Il contenoit donc encore à cette époque un quart de son volume d'air déphlogistiqué. Il suit de tout cela que cet air ne peut être regardé comme le produit de l'inflammation, & qu'il est le résultat des impuretés des deux gaz, impuretés qui peuvent venir en partie de l'air du vaisseau dans lequel j'ai fait le gaz inflammable, malgré l'attention que j'ai eue de ne pas recevoir le produit de la première effervescence, en partie de l'eau de l'appareil qui a été agitée plusieurs fois pour transvaser les gaz, enfin de l'eau employée pour affoiblir l'acide vitriolique.

Examen du produit en liqueur.

Cette liqueur, parfaitement transparente, a rougi imperceptiblement le papier teint en bleu par le tournesol, beaucoup moins que celle que j'avois obtenue dans une expérience antérieure, moins encore que la salive. Cette acidité ne peut pas être attribuée à l'air fixe, parce que la liqueur ne précipitoit pas l'eau de chaux, & parce que l'eau distillée, également acidulée par l'air fixe, rendoit sur le champ l'eau de chaux laiteuse; elle blanchit à peine la dissolution d'argent dans l'acide nitreux, & un peu plus sensiblement celle de mercure dans le même acide. Outre sa légère acidité, elle a encore la faveur empyreumatique que prend toujours l'eau dans la distillation; ce résultat doit donc être regardé comme de l'eau pure chargée de la petite quantité d'acide vitriolique qu'entraîne nécessairement avec lui l'air inflammable lorsqu'on le retire de la dissolution de fer.

Une partie de cette eau vient certainement de celle que les deux airs tenoient en dissolution dans leur état aériforme, mais on ne peut pas admettre qu'elle en vienne entièrement, car l'air inflammable & l'air déphlogistiqué ne seroient alors essentiellement composés l'un & l'autre que de la matière du feu & de celle de la lumière, substances qui ne peuvent être rendues coercibles ainsi qu'elles le sont dans les fluides

élastiques, que par leur combinaison avec une matière incapable de passer au travers des parois des vaisseaux.

Il suit de cette expérience, que lorsqu'on fait détonner le gaz inflammable & le gaz déphlogistiqué, considérés l'un & l'autre comme purs, on n'a d'autre résultat que de l'eau pure, de la matière de la chaleur & de celle de la lumière.

Il reste à savoir actuellement si les deux gaz étant des dissolutions de substances différentes dans le fluide du feu considéré comme dissolvant commun, ces substances, par l'inflammation, abandonnent le dissolvant & se combinent pour produire de l'eau qui ne seroit plus alors une substance simple; ou bien si les deux gaz étant les dissolutions de l'eau dans des fluides élastiques différens, ces fluides quittent l'eau qu'ils dissolvoient pour se combiner & former le fluide du feu & de la lumière qui s'échappe à travers les parois des vaisseaux: & alors le feu seroit une matière composée. Les deux conséquences sont également extraordinaires, & l'on ne pourra se décider pour l'une d'elles que d'après des expériences d'un autre genre.

En admettant la première, c'est-à-dire, en regardant l'eau comme composée des bases de l'air déphlogistiqué & de l'air inflammable, la végétation seroit une opération par laquelle la Nature décomposeroit l'eau & lui enlèveroit la base de l'air inflammable pour la combiner avec les végétaux qui en sont éminemment pourvus, tandis que la base de l'air déphlogistiqué, à l'aide de la chaleur & de la lumière qui nous viennent du Soleil, reprendroit l'état aériforme pour se porter au dehors, comme l'a observé M. Inghenouz. L'eau ne seroit donc pas nécessaire à la végétation simplement comme véhicule, elle en seroit un des matériaux; & l'on expliqueroit à-la-fois pourquoi cette opération ne peut pas avoir lieu sans le concours de l'eau, de la chaleur & de la lumière. On rendroit pareillement raison d'un grand nombre d'autres phénomènes; on expliqueroit, par exemple, pourquoi la flamme des végétaux mouille considérablement les corps froids qu'elle touche; pourquoi les tuyaux

88 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

dès poëles, quand il fait froid, condensent une si grande quantité d'eau, dont une partie sort des tuyaux & tache les murailles : on n'attribueroit plus la violence de la détonation de la poudre à canon au dégagement des fluides élastiques qu'elle contient, mais à la vaporisation de l'eau produite par l'inflammation, &c. Mais cette hypothèse comporte une difficulté qui, dans l'état actuel de nos connoissances, est difficile à résoudre.

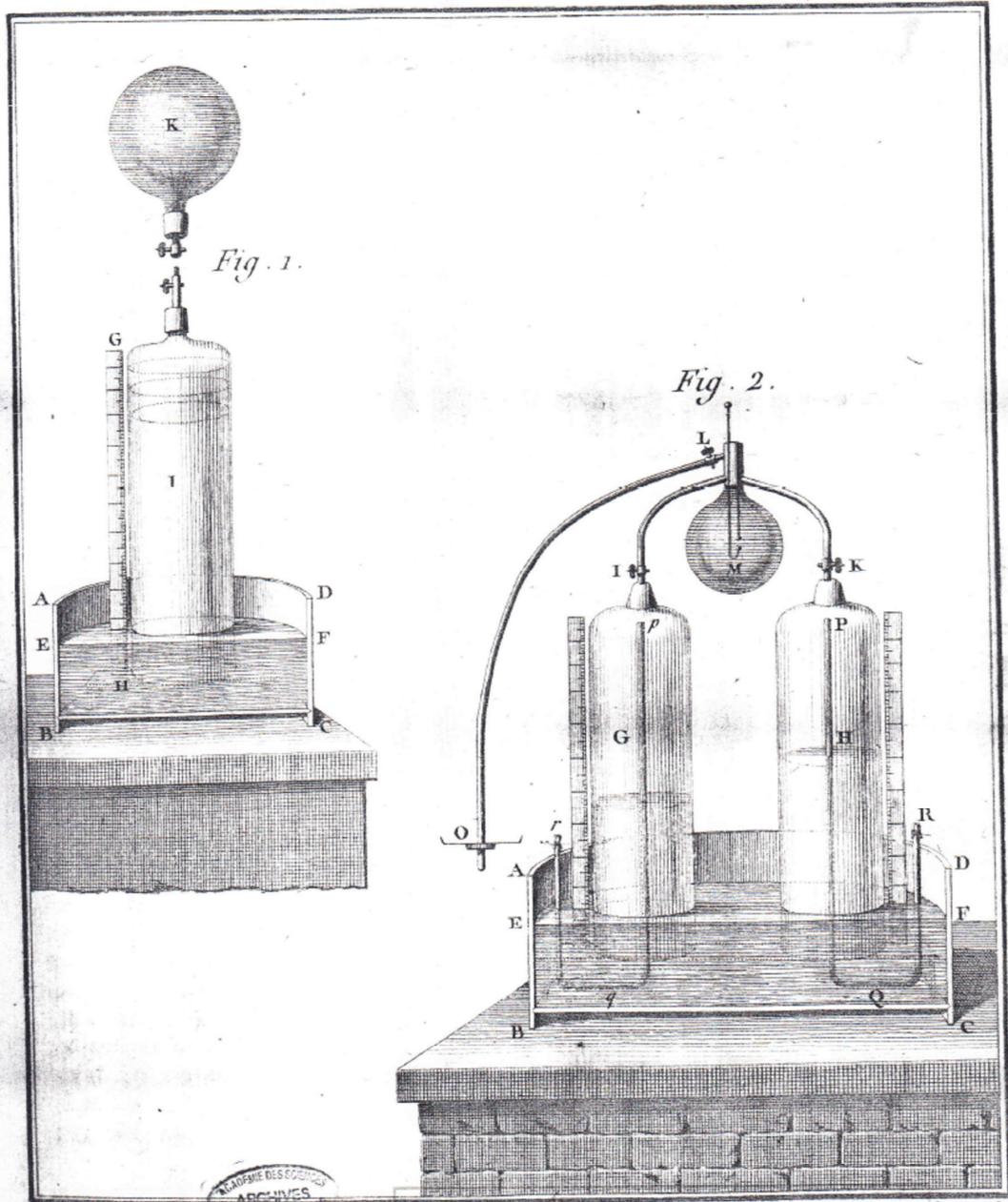
En effet, il est confirmé par une foule d'observations que le mélange du gaz inflammable & du gaz déphlogistiqué n'a besoin, pour s'enflammer, que d'une simple élévation de température, & que cette température dépend de la nature du gaz inflammable, de la dose du gaz déphlogistiqué, & des densités de ces deux fluides. On éteint une bougie en approchant de sa flamme un corps très-froid, de même qu'on la rallume, lorsqu'on vient de l'éteindre, en approchant de sa mèche un corps très-chaud : le vent même n'éteint la bougie que parce qu'il abaisse trop la température de la vapeur inflammable qui s'élève de la mèche. Les huiles bouillantes s'enflamment par leur propre température & sans avoir besoin du contact d'un corps dans l'état d'ignition. Actuellement, si les deux gaz ne sont autre chose que les dissolutions de deux substances différentes dans le fluide du feu, & si dans l'inflammation ces deux dissolutions se précipitent l'une l'autre, en sorte que les deux bases, en abandonnant le feu qui les dissolvoit, se combinent pour produire de l'eau, il arrive donc qu'en élevant la température, c'est-à-dire qu'en introduisant du feu dans le mélange des deux gaz, ou pour mieux dire encore, qu'en augmentant la dose du dissolvant, on diminue l'adhérence qu'il avoit pour les bases, ce qui est absolument contraire à ce qu'on observe dans toutes les opérations analogues de la Chimie.

Il nous manque donc encore beaucoup de lumières sur cet objet, mais nous avons droit de les attendre, & du temps, & du concours des travaux des Physiciens.



MÉMOIRE

ARCHIVES DE L'ACADÉMIE
DES SCIENCES, PARIS



ACADEMIE DES SCIENCES
ARCHIVES
INSTITUT DE FRANCE

ARCHIVES DE L'ACADÉMIE
DES SCIENCES, PARIS
Citation obligatoire

X. le Roux sculp.

ANNEXE 4

LE MATERIEL INVENTORIE PAR FORTIN POUR LE COLLEGE DE FRANCE

L'inventaire réalisé par Charles, Lenoir et Fortin⁶¹⁶ est listé ici. Nous avons respecté l'essentiel du texte et sa formulation ainsi que la pagination tout en modifiant parfois l'orthographe quand cela était nécessaire. Cette collection importante par le nombre des pièces citées montre entre autres la présence d'appareils de mesure, et non plus seulement de démonstration, ainsi que l'entrée en force de l'électrochimie via les eudiomètres par exemple, que l'on pourrait qualifier d'appareils pour des chercheurs. On y retrouve les principales grandes familles d'appareils des sciences physiques comme l'hydrostatique, la machine pneumatique et les expériences liées au vide, l'électricité ou l'optique, avec une absence de marque, la mécanique. Cette dernière n'est plus vraiment du domaine de la physique expérimentale. De même, on ne trouve pas de traces d'appareils liés à la chaleur, ni même de thermomètres. Mais on peut constater la présence d'appareils de mesure comme des baromètres, la balance de Coulomb⁶¹⁷, et non plus d'appareils exclusivement de démonstration, ainsi que l'entrée en force de l'électrochimie via les eudiomètres par exemple, que l'on pourrait encore qualifier d'appareils pour des chercheurs à ce moment de l'avancement de la chimie.

- *Une grande machine pneumatique à deux corps de pompe montée sur un pied de forme triangulaire en bois d'acajou avec son baromètre ascensionnaire et son éprouvette et deux clefs en acier propre à son usage.*
- *Deux hémisphères de diamètre avec deux anneaux un robinet et un pied circulaire en bois d'acajou.*
- *Une platine ou transporteur de 10 pouces de diamètre placée sur un fort robinet, avec son pied circulaire en bois noirci.*
- *Deux pinces dites à œufs.*
- *Deux boîtes à cuir avec leur tringles à anneaux.*
- *Un petit récipient dit coupe pomme portant une douille en cuivre.*

⁶¹⁶ Archives Nationales F¹⁷ 1219.3.

⁶¹⁷ Elle est toutefois d'une manipulation très délicate lors d'une expérience en public, même de nos jours.

- *Un vase de verre dit casse vessie.*
- *Un grand tube de verre pour la chute des corps dans le vide et pour l'électricité de 9 pieds et demi de long et d'environ deux pouces de diamètre garni à chacun de ses bouts d'une virole de cuivre avec bouchon à vis, tige et douille de cuivre avec un robinet.*
- *Un ballon en verre pour peser les différents airs d'environ un pied de diamètre garni d'un cercle de cuivre avec bouchon à vis, un robinet, un bassin et une clé en demi-cercle en cuivre.*
- *Un autre dit d'environ six pouces avec robinet.*
- *Balance à repos dont le fléau a 21 pouces de long avec une paire de bassins en cuivre et une autre paire en verre et un petit guéridon à engrenage pour les pesées hydrostatiques.*
- *Balance simple à fléau de 20 pouces montée en chape de cuivre suspendue sur un pied en fer et assortie de deux paires de bassins avec crochets en acier.*
- *Baromètre simple à deux tubes et à niveau constant avec un thermomètre à mercure et échelle en cuivre monté sur une planche de bois d'acajou.*
- *Deux grands guéridons en bois d'acajou montés avec collier en cuivre et vis de pression assorti chacun d'un portant pour recevoir deux tablettes circulaires.*
- *Idem deux plus petits avec quatre tablettes circulaires dont deux à longue tige.*
- *Un chandelier de cuivre.*
- *Appareil pour les expériences de pneumatique chimique.*
- *Grande cuve en bois de noyer de 9 pieds et demi de longueur, large de 2 pieds et demi et profondeur de 20 pouces avec retranchements dans le sens de la longueur formant tablette le tout recouvert ou doublé en plomb deux tablettes pour le service de la cuve avec portant en fer tout ou partie.*
- *Deux eudiomètres de Priestley⁶¹⁸ divisés en huit mesures assorties d'une petite jauge.*
- *Cinq jauges à tube de cristal formée par un bout avec un assortiment de plus petite en verre blanc.*
- *Divers obstruateurs ou plaque circulaire en verre.*
- *Eudiomètre complet de Fontana.*
- *Idem un de Volta⁶¹⁹ aussi complet.*

⁶¹⁸ Les eudiomètres de Priestley ou de Fontana servent à mesurer la quantité de dioxygène de l'air introduit dedans en le faisant réagir avec du gaz nitreux, c'est à dire du dioxyde d'azote NO₂

⁶¹⁹ Dans l'eudiomètre de Volta, on mesure la quantité de dioxygène de l'air introduit dedans en le faisant réagir avec du dihydrogène.

- *Du même un pistolet en cuivre⁶²⁰.*
- *Un petit réservoir à gaz nitreux formé d'un cercle de verre surmonté de deux plaques circulaires avec une pièce intermédiaire faisant coulisse.*
- *Lampe à gaz hydrogène avec son électrofore⁶²¹ et tuyau courbé pour son usage.*
- *Deux gazomètres complets de moyenne grandeur avec l'appareil à combustion pour la recombinaison de l'eau, deux cloches de verre, eux tuyaux en font partie.*
- *Appareil pour la décomposition de l'eau formé d'un canon de fusil avec tuyau de cuivre rouge, un entonnoir à robinet et plusieurs tuyaux courbés, un pied ou support en bois et enfin un équipage en fer formé en grille, en fait partie.*
- *Cuve à mercure, de marbre blanc veiné en forme de gondole.*
- *Environ vingt cinq livres de mercure avec deux bouteilles entourées de peau propre à tenir environ cent livres de mercure.*
- *Cuve ou réservoir pour les gaz faits en bois d'acajou doublé en plomb.*
- *Petit bocal pour la fusion du fil de fer dans l'oxygène.*
- *Treize cloches ou récipients à boutons de diverses grandeurs, deux dite à douille.*
- *Sept bocal de verre.*
- *Six petits récipients à boutons.*
- *Six flacons de cristal d'une pinte à peu près, les autres objets de verrerie comme entonnoir.*
- *Bouteille de verre et bouteille à plusieurs goulots.*
- *Deux grandes cloches à douille dont une est divisée.*
- *Trois bassines en fer blanc varié de grandeur.*
- *Un grand appareil pour la dilatation des gaz fait d'un gros cylindre de fer et rallonge en fer blanc, une boule de verre tenante à un tube avec échelle graduée le tout monté dans un châssis propre à contenir le tout verticalement.*
- *Idem un plus petit d'une disposition plus simple.*
- *Appareil pour les expériences sur la lumière.*
- *Appareil universel qui se place au volet ou châssis des croisées fait en bois d'acajou avec une longue vis de rappel traversante.*

⁶²⁰ Dans le pistolet de Volta, on introduit directement un mélange stoechiométrique de dihydrogène et de dioxygène et on le fait exploser au moyen d'une étincelle électrique.

⁶²¹ Il s'agit de l'électrophore, constitué d'une plaque diélectrique et d'une plaque métallique à manche isolant que l'on utilise comme en condensateur en chargeant la plaque diélectrique par frottement.

- Une boule qui fait fonction d'écrou et en même temps de genou⁶²².
- Appareil qui se place sur le précédent fait de plaque carrée en cuivre avec ouverture circulaire, engrenage et deux supports aussi en cuivre qui porte le châssis d'un miroir de réflexion lequel est mis en mouvement par une vis ou clapet.
- Un gros tuyau de cuivre d'environ trois pouces de diamètre sur six pouces de long destiné à recevoir diverses pièces à l'usage des expériences, ce tuyau se place à vis sur l'appareil précédent et porte un verre de deux pieds de foyer.
- Appareil à mouvement à genou destiné à recevoir la lumière directe du Soleil.
- Un bouchon portant pas de vis avec un tuyau en avant et un verre lenticulaire de court foyer.
- Modérateur en cuivre⁶²³ à diverses ouvertures portant pas de vis et propre à se placer sur les appareils précédents.
- Quatre prismes de cristal dont un rectangulaire, montés en cuivre sur un pied circulaire en bois d'acajou.
- Idem 3 autres sans être monté, aussi en cristal.
- Deux ? ou appareils pairs de plan incliné de matière diaphane pour indiquer les différentes réfrangibilité.
- Appareil pour former le microscope solaire qui se place sur l'appareil à miroir de réflexion assorti de six lentilles variées en foyer et pièces à cet usage, le tout contenu par compartiment dans une boîte en acajou.
- Lanterne magique solaire assortie de douze bandes de verre peint en différents sujets.
- Œil artificiel monté en cuivre à mouvement à genou et adapté sur un pied en bois d'acajou.
- Un porte verre à double tablette circulaire en bois d'acajou assortiment de verre lenticulaires et colorés montés dans des chapes en bois d'acajou.
- Un grand verre convexe de quatre pouces de diamètre et de trente trois pouces de foyer.
- Un de deux pouces et demi de diamètre sur deux pieds de rayon.
- Un de neuf lignes de rayon et 15 lignes de diamètre.
- Un, dit multipliaux ou à facettes.
- Un, dit verre rouge à surface parallèle de 30 lignes de diamètre.
- Un, dit verre vert plan à surface parallèle de 30 lignes de diamètre.

⁶²² Le genou est ici le genou de Cardan, l'articulation de toutes les manivelles de volet roulant.

⁶²³ C'est le système de réglage sur le corps des lampes à huile.

- Un, dit de verre bleu à surface parallèle de 30 lignes de diamètre.
- Un dit semblable monté à double verre contigue de dix huit lignes de diamètre.
- Un dit jaune plan à surface parallèle de 30 lignes de diamètre.
- Un dit même matière à double verre contigue de 18 lignes de diamètre.
- Un dit à surface parallèle tenant au rouge et au violet de 30 lignes de diamètre.
- Planche de bois noirci avec une tige pour se placer sur un guéridon portant deux modérateurs.
- Une pièce circulaire en bois d'acajou portant deux tuyaux de cuivre avec verre convexe et deux petites boîtes dont une pour un verre.
- Six porte ? de couleur assorti formé d'une tige en cuivre rouge et l'autre bleu tenant à un anneau.
- Une planche semblable à la précédente portant modérateur pour les couleurs prismatiques
- Une grande règle en bois de noyer divisée en pieds et en pouce.
- Petit appareil pour les points de vue en perspective.
- Un grand microscope avec tous ses accessoires contenu dans une boîte en bois d'acajou.
- Un transparence d'environ 14 pouces & en carré monté sur un pied circulaire en bois d'acajou.
- Un, dit, circulaire d'environ 3 pieds et demi de diamètre avec une tige en cuivre agrippé qui se place sur un guéridon pour le supporter.
- Six grands chassis pour intercepter la lumière de deux croisées.
- Appareil pour les expériences sur l'électricité.
- Une grande machine électrique dont le plateau à trois pieds monté en bois d'acajou et à deux conducteurs.
- Deux tabourets ou isoiloire électrique à quatre pied de verre.
- Deux isoiloires formés chacun d'une longue tige de verre et de deux plateaux circulaire en bois d'acajou dont un porte un crochet.
- Huit pieds de chaîne de cuivre formant trois parties garnies chacune par un bout d'un anneau et par l'autre d'un crochet.
- Trois communications en fil de trait faisant cordon de cuivre.
- Sept communications en cuivre de différentes longueurs formées de tuyau de cinq lignes de diamètre terminée par leur bout par crochet et boule. Trois de quatre pieds et demi de longueur, une de quatre pied, une de trois, une de deux et demi et la dernière de deux pieds donnant ensemble vingt cinq pieds de longueur.

- Deux excitateurs brisés en cuivre.
- Un grand exciteur universel à manche de verre.
- Un matras avec une doublure en étain en forme de calotte.
- Deux plaques de glace recouverte chacune par un côté d'une feuille d'étain laminé.
- Appareil pour soutirer l'électricité de l'atmosphère disposé pour se placer à une croisée fait d'une tige en bois avec son patin formant pied avec une planche et une bande de verre placée bout à bout l'une à l'autre pour sortir d'une croisée, une tige en fer très déliée se place sur le champ de la bande de verre et en dessous est une communication brisée en fil de fer d'une longueur suffisante pour arriver près de terre.
- Deux batteries électriques composées chacune de quinze bouteilles donnant à peu près ensemble vingt sept pieds carré de surface chaque batterie est contenue dans une caisse à quatre pied en bois d'acajou et ne forme qu'un système à volonté.
- Deux baromètres en siphon dont le sommet de chaque ? de mercure en commune en même vide, ces baromètres sont établis sur une tablette en bois d'acajou avec leurs réservoirs de mercure et un support en verre solide.
- Bouteilles de Leyde de différents grandeurs.
- Une idem garnie d'avanturine⁶²⁴.
- Une idem propre à conserver longtemps l'électricité.
- Bouteille pour les attractions et répulsions électriques.
- Petit bocal électrique propre à démontrer les étincelles successivement par la disposition de son étamage.
- Système de conducteur fait en fer blanc au nombre de vingt trois réunis ensemble par des tringles formant un circuit de 165 pieds, de surface environ 96 pieds. Ce système est maintenant démonté à cause des réparations faites au plafond du cabinet.
- Deux grands conducteurs en fer blanc longs chacun de 5 pieds.
- Une tige de cuivre formée en pointe par un de ses bouts.
- Un petit tourniquet électrique avec une tige de cuivre terminée par un de ces bouts par une pointe en acier.
- Electromètre à balancier de cuivre avec son pied à tige en pointe.
- Un balancier en verre avec ? par ses bouts.

⁶²⁴ Il s'agit de l'aventurine, une variété de quartz.

- Assortiments de petits boulet de matière légère avec un pied à support pour les suspendre.
- Petit électromètre à fil de métal contenu sous un petit récipient à douille.
- Appareil ou puit électrique d ?
- Un grand électrofort dont le plateau résineux à 28 de diamètre avec un disque de cuivre de deux pieds.
- Un condensateur en marbre blanc de 23 pouces de diamètre avec une croix en bois pour le contenir.
- Un idem dont le plateau résineux à un pied de diamètre et son disque en cuivre de 8 pouces et demi.
- Deux carillons électrique à trois timbres.
- Cuillère de cuivre pour enflammer l'esprit de vin.
- Une petite presse en bois d'acajou avec plusieurs sortes de plaques de verre.
- Appareil pour l'inflammation de la cartouche montée en bois d'acajou.
- Appareil pour la fusion des fils métalliques montés sur une tablette en bois d'acajou avec tringle en cuivre et mouvement de genou.
- Deux platines circulaires en cuivre de 6 pouces de diamètre supportées chacune par trois petits piliers avec un bout de chaîne à leur centre.
- Plan incliné électrique monté en bois d'acajou.
- Maisonnette électrique.
- Œuf électrique monté sur un pied circulaire en acajou avec un robinet.
- Petit vase de cuivre à tuyau capillaire pour l'écoulement de l'eau par l'électricité.
- Un cube de cuivre pour les aigrettes électriques.
- Un anneau pour l'électricité dans le vide.
- Une étoile pour le même objet.
- Une plaque ronde, aussi pour le même objet.
- Mousqueterie électrique.
- Tube de verre à étincelle électrique.
- Appareil électrique de Nollet.
- Balance électrique de Coulomb.
- Electromètre de même.
- Appareil pour l'aimant.

- *Quatre petites aiguilles aimantées montées à chappe de cuivre avec leurs pieux circulaire à tige terminée en pointe d'acier.*
- *Deux petites lignes en émail armées de fer à leur bec.*
- *Une pierre brune d'aimant naturel avec une capsule de verre.*
- *Un fer à cheval à aimant naturel avec un support à tablette en bois d'acajou.*
- *Quatre barreaux aimantés avec leur contact avec leur boîte à double fond.*
- *Appareil pour l'attraction d'aimant à trouver le fer, monté sur une circulaire à tige.*
- *Appareil pour l'inclinaison de l'aiguille aimantée montée sur tablette à deux supports dont un porte un arc de cercle.*
- *Deux barreaux en acier d'un pied chacun de longueur.*
- *Deux dit en fer de 18 pouces chacun de longueur.*
- *Quatre plaque circulaire de six pouces de diamètre dont une en cuivre une en fer blanc, une en bois et la quatrième en carton.*

ANNEXE 5

MISE EN PERSPECTIVE HISTORIQUE DE LA FORMATION D'INGENIEURS MILITAIRES EN FRANCE

1. L'art des fortifications

Il suffit de remonter à la Renaissance pour voir apparaître la notion d'arme savante. En effet, la fortification et son contraire l'art des sièges ou poliorcétique a certes joué de tout temps un rôle majeur dans la conduite de la guerre et elle a influencé l'urbanisme et la vie des citadins, mais ses principes n'avaient toutefois guère évolué depuis l'Antiquité jusqu'à la fin du Moyen Age. Il fallait toujours se protéger de l'ennemi et de ses accès directs ou de ses tirs, d'échelonner en profondeur la résistance, de mettre en sûreté les accès à l'enceinte et enfin de pouvoir recouper ses vues et ses tirs de défense, le flanquement⁶²⁵. Quand aux techniques, l'Europe a bénéficié du *limes* des Romains et de leur mortier, a perdu l'art de la pierre pour la motte féodale et son castrum en bois jusqu'au retour du donjon en pierre et des techniques romaines de génie civil pour la construction des cathédrales.

En ce qui concerne les hommes, dès l'Antiquité, on a incorporé aux unités de combat quelques ouvriers pour réaliser des fortifications légères, des machines de guerre, des passerelles. La légion romaine dispose de maîtres ouvriers, les *fabri*, tandis que les légionnaires sont entraînés à l'exécution des travaux courants. Pour ce qui est des bâtiments permanents et des enceintes urbaines, ce sont des architectes civils qui se chargent de la conception des travaux. Il en est de même au Moyen Âge, où maîtres d'œuvre et compagnons tels que tailleurs de pierre, charpentiers ou maçons, se chargent des châteaux tandis que les armées recèlent en leur sein quelques hommes formés sur le tas connus pour leur habileté à la mise en œuvre d'un siège et à la construction des machines de guerre, « l'engignour » ou « ingeniator »⁶²⁶.

⁶²⁵ Tactique militaire consistant à protéger mutuellement les flancs des positions.

⁶²⁶ En latin, *ingenium*, c'est l'esprit, ou encore le talent. En ancien français, *l'engin* désignait la machine de guerre, *l'engeigneur* celui qui les construit. Le mot ingénieur est attesté vers 1550 dans la langue française avec le sens de constructeur et d'inventeur d'engins de guerre. A partir du XVII^e siècle, l'ingénieur est la personne qui a reçu une formation scientifique et technique le rendant apte à diriger certains travaux.

Il coexiste donc deux catégories de services, une mission en temps de paix concernant les fortifications et autres constructions militaires telles que les casernements et les arsenaux qui peut être confiée en partie à des entreprises civiles, et une mission en temps de guerre concernant le rétablissement des voies de communication ou au contraire la destruction d'ouvrages d'art et le minage exécutés avec troupes et engins⁶²⁷.

Mais les opérations de guerre nécessitent des troupes et de l'outillage spécialisés. Le boulet métallique des frères Bureau fait s'effondrer les coûteuses enceintes du pouvoir féodal ainsi que celles des grandes villes enrichies par le commerce. C'est ainsi que Charles VII reconquiert la Normandie et la Guyenne après de nombreux sièges, et Louis XI organise les Bandes, cinq régiments de canonniers. Pour les fortificateurs, à partir de la seconde moitié du XV^e siècle, les progrès de l'artillerie et l'utilisation d'armes à feu portatives demandent donc de façon contradictoire à la fois d'élargir les archères pour les bâtons à feu, d'aérer les locaux de tir et d'établir des terrasses pour les emplacements d'artillerie, les boulevards, mais aussi de se protéger des projectiles de plus en plus efficaces de l'assiégeant. Des personnes connues s'intéressent au problème: Francesco di Giorgio Martini rédige vers 1470 son traité d'architecture dont une des deux parties s'intitule « *ingegneria e arte militare* », en donne un exemplaire à Léonard de Vinci qui rédige à son tour un traité sur le sujet, Michel-Ange est commissaire aux fortifications de la ville de Florence, Machiavel consacre le livre VI de son *Art de la guerre* aux fortifications. Après des tâtonnements où les courtines sont tracées en lignes brisées et les murs rabaissés, les architectes italiens qui ont vu leurs forteresses médiévales s'écrouler sous les coups de l'artillerie française mettent à la place des tours les *bastions*, des plates-formes à canons basses et massives de plan géométrique débordant de la muraille et qui repoussent ainsi loin de la ville les positions de tir de l'ennemi, ceci vers les années 1530⁶²⁸.

Or François I^{er} revient des guerres d'Italie avec des ingénieurs, et ils vont être responsables du dessin et de l'exécution des fortifications de nombreuses villes du royaume: Guerini à Metz, Bocador à Paris, Targone à La Rochelle. A cette même époque, Claude Flamand, ingénieur militaire du duc de Wurtemberg, complète les système de fortifications en enfouissant les remparts et en les protégeant par un remblai de terre, le glacis. A partir de 1550 cette nouvelle

⁶²⁷ Voir sur ce sujet les deux volumes de ROCOLLE P. *2000 ans de fortification française*, Paris : Lavauzelle, 1972-73.

⁶²⁸ Sur les rapports des ingénieurs de la Renaissance avec l'art militaire, on peut consulter JACOMY B. *Une histoire des techniques*, Paris : Seuil, 1990.

fortification se répand en Europe⁶²⁹: le livre de Jérôme Cattaneo *Dell'Arte militare*, édité en 1523, est traduit en français en 1573. Mais ces conceptions nouvelles ne concernent pas toutes les enceintes médiévales car dans bien des cas il n'y avait pas assez de place pour établir les bastions. Enfin, après de nombreux perfectionnements lors de la guerre d'indépendance des Hollandais face à l'Espagne comme les demi-lunes et les chemins couverts au début du XVII^e siècle, Jean Errard (1554-1610) surnommé Errard de Bar-le-Duc et le polonais Adam Fritach codifient ceux ci sur des bases mathématiques et géométriques.

En effet, les défenseurs doivent désormais calculer les angles de tir dûs aux bastions, la longueur des courtines, mais également tracer des profils échelonnés de défense tels que les extérieurs soient plus bas que les intérieurs et les défenseurs en position dominante par rapport aux assaillants tout en étant protégés de leurs tirs tendus et de leurs regards⁶³⁰. Jean Errard, qui est ingénieur militaire au service d'Henri IV, publie en 1600 *La fortification réduite en art et démontrée* premier ouvrage technique français sur l'art de fortifier qui comprend en plus une réelle réflexion mathématique sur ce sujet. Il calcule par exemple la longueur des courtines en fonction de la portée des arquebuses, il détermine des bastions permettant un tir en enfilade sur les fossés et de plus il innove car il prône l'existence de chemins couverts pour protéger les portes. Son traité va inspirer toute une génération du corps des ingénieurs, corps dont la nécessité commence à se faire jour au regard des nouvelles notions de stratégie militaire.

2. Changements de stratégie militaire et armes savantes

La conduite de la guerre exige en effet à partir du XVI^e siècle de prendre ou de défendre des places fortes pour deux raisons majeures selon Jean Pierre Bois⁶³¹. La première est que l'infanterie supplante la cavalerie pour l'obtention de la victoire, comme les tercios espagnols qui dominent tous les champs de bataille de cette époque, et il faut donc mettre en place des théories

⁶²⁹ Les éléments concernant la mise en place d'une poliorcétique de type mathématique proviennent de BOIS J.P. *Les guerres en Europe 1494-1792*, Paris : Belin, 1993, en particulier le chapitre consacré à l'art de la guerre aux XVII^e et XVIII^e siècles.

⁶³⁰ C'est le problème du défilement que Monge résoudra en inventant une méthode graphique peu de temps après son arrivée à l'École royale du Génie de Mézières.

⁶³¹ [BOIS, 1993].

sur la conduite des armées, théories où le point d'appui fortifié participe souvent à la stratégie⁶³². La seconde est que les armées sont tributaires des convois transportant leurs canons, leurs bagages et leur ravitaillement. Or, les axes routiers sont rares et jalonnés par des villes plus ou moins fortifiées dont il faut s'emparer en territoire ennemi ou défendre en cas d'invasion. De plus, la possession de ces villes constitue un atout important en vue des futures négociations de paix. Les guerres des XVII^e et XVIII^e siècles deviennent ainsi essentiellement des guerres de place qui donnent dès lors un rôle accru aux ingénieurs militaires qui deviennent indispensables.

En France, ce fait est traduit par un acte politique: Henri IV crée une surintendance des fortifications confiée à Sully, également grand maître de l'artillerie, qui dispose d'hommes tels que Jean Errard. Un nouveau métier militaire apparaît: Richelieu crée le brevet d'ingénieur du Roi, donné sans examen, mais sur présentation d'un dossier d'états de service.

A la suite de cela, de nombreux édits royaux permettent la mise en place petit à petit d'un réel corps d'ingénieurs chargés de l'édification des places et de la conduite des sièges sans toutefois que la question de leur recrutement et de leur formation soit réglementée. Ainsi, si l'on considère deux des ingénieurs les plus connus de Louis XIII, Antoine de Ville et Blaise-François, comte de Pagan, le premier visite l'Europe et l'Empire ottoman pour s'informer de ce qui s'y pratique tandis que le second, un homme du terrain qui a perdu un oeil au cours du siège de Montauban, écrit le résultat de son expérience professionnelle dans son *Traité des fortifications* édité en 1645. Ces travaux font progresser les éléments de la fortification bastionnée en prenant en compte les mouvements de l'artillerie et la création d'ouvrages extérieurs à l'enceinte se soutenant mutuellement pour retarder l'attaque.

Mais ces ingénieurs ne sont pas uniquement d'habiles techniciens. Le comte de Pagan publie en 1651 des *Théorèmes géométriques* et une *Théorie des planètes* en 1657⁶³³. Ceci montre d'une part le niveau scientifique de ces ingénieurs et d'autre part l'imbrication existant entre mathématiques et art militaire. Certes, depuis Platon dans *La République*, on sait que l'art de la guerre ne peut se passer d'arithmétique, mais désormais d'algèbre puisque dans un ouvrage de 1635, il est écrit que :

⁶³² De plus, le débat concernant la disposition des troupes sur le terrain entre partisans de l'ordre profond ou bien mince, à savoir des troupes en lignes ou en files amène à un blocage tactique lors des combats. Il n'y a plus d'offensives, la bataille est gagnée par celui qui reste sur le terrain, le vaincu se retirant sans être poursuivi. Ce blocage tactique fait que la guerre se transforme en occupation des pays et de leurs lignes de places fortes.

⁶³³ [BOIS, 1993]. Le comte de Pagan publie aussi une *Astrologie naturelle* en 1659.

L'Extraction des racines carrées se fait pour réduire en carré nombre d'homme que l'on voudrait mettre en bataille, pour savoir combien il en faut de front & de flanc.

Or ce n'était pas un problème si trivial, car par exemple un carré de tercios comprenait 250 hommes, piquiers, arquebusiers et mousquetaires: 250 n'est pas un nombre carré, et l'on cherche bien un nombre, non une longueur, tel que élevé au carré il fasse 250. Enfin Descartes lui-même n'a-t-il pas exercé le métier des armes pendant quatre ans, formé en mathématiques au collège royal de la Flèche où cet enseignement orienté vers l'art militaire pour les gens d'épée lui permet d'observer en Allemagne comme il l'écrit dans le *Discours de la méthode* :

de ces places régulières qu'un ingénieur trace à sa fantaisie dans une plaine, qu'encre que, considérant leurs édifices chacun à part, on y trouve souvent autant ou plus d'art qu'en ceux des autres.

Une tradition d'enseignement scientifique s'établit dans les institutions militaires⁶³⁴ et le XVII^e siècle voit d'une part la création d'académies militaires souvent fondées par initiatives privées dans diverses villes de France à l'imitation de l'académie royale des exercices de guerre fondée en 1636 à Paris par Richelieu où l'on enseigne les mathématiques, et d'autre part la présence de maîtres de mathématiques au sein même des compagnies chargés de la formation des jeunes nobles se destinant à une carrière militaire. S'il n'y a pas de parcours de formation pour devenir ingénieur militaire à ce moment des guerres en Europe, il est clair que le commandant d'une troupe quelconque n'est plus seulement le capitaine d'une bande. Il doit penser en stratège, car l'infanterie et l'artillerie détrônent la cavalerie pour obtenir la victoire, et il a besoin des connaissances techniques des ingénieurs du génie. Cette notion d'arme savante est ainsi en place dans la philosophie de ce corps d'ingénieurs en pleine gestation. Plus prosaïquement, on met également un certain nombre de mineurs à la disposition des ingénieurs pour les travaux de siège

⁶³⁴ Concernant l'établissement d'un enseignement scientifique dans les institutions militaires, on peut consulter HAHN R. « L'enseignement scientifique aux écoles militaires et d'artillerie » in TATON R. (dir) *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris : Hermann, 1964, en particulier le chapitre intitulé « Avant le XVIII^e siècle ».

et la guerre des mines⁶³⁵. Il s'établit ainsi une distinction entre mineurs et sapeurs qui assurent les travaux d'approche.

Voici donc le génie doté de cadres, car on ne peut pas encore parler d'officiers du génie à ce stade d'organisation de l'armée. Avec ses troupes, il est prêt à participer à la réorganisation de l'armée sous Louis XIV.

3. Le siècle de Louis XIV et Monsieur de Vauban

On ne peut comprendre la mise en place et l'évolution du corps des ingénieurs qu'en le resituant dans la réforme de l'armée. A la mort de Louis XIII, la situation de l'armée monarchique est consternante. Dépourvue de services de santé et d'intendance, elle n'est constituée que de mercenaires, qui se battent en échange d'une solde aléatoire et qui ne respectent aucune hiérarchie. Richelieu dresse cet état des lieux dans son *Testament politique* et comprend qu'il est nécessaire d'organiser en temps de paix une armée avec des règles de fonctionnement rigoureuses. Il laisse un Secrétariat d'état à la Guerre et des intendants auprès des armées. Michel Le Tellier, nommé Secrétaire d'état à la Guerre en 1643 puis son fils François-Michel, ministre de la Guerre en 1666 plus connu sous le nom de marquis de Louvois, transforment par une série d'ordonnances cet assemblage de troupes en une armée moderne, organisée, et soumise au seul pouvoir du roi. La hiérarchie des grades que nous connaissons est mise en place à ce moment⁶³⁶. On trouve ainsi pour les officiers les grades de lieutenant, capitaine, lieutenant-colonel, colonel⁶³⁷, brigadier⁶³⁸, maréchal de camp, lieutenant-général, maréchal de France. Des cadets formés dans les compagnies de la troupe d'élite des Gardes du Corps permettent un recrutement de ces officiers et à partir de 1664, dans tous les régiments, les capitaines doivent être tirés des lieutenants⁶³⁹. Enfin, à partir de 1675, en suivant cet ordre, la promotion militaire se fait par

⁶³⁵ Il ne s'agit pas encore des mines antipersonnel, mais de déposer des charges explosives sous les fondations des fortifications pour établir une brèche dans celles-ci.

⁶³⁶ [BOIS, 1993].

⁶³⁷ Le colonel possède le régiment et commande la compagnie colonelle, le lieutenant colonel commande la seconde compagnie et les capitaines les autres compagnies.

⁶³⁸ C'est le premier des officiers généraux, il commande deux régiments. Cette hiérarchie permet de mieux comprendre la position de Vauban.

⁶³⁹ La charge de capitaine comme celle de colonel s'achetait avant cette date.

l'ancienneté en grade. Bien équipées, les troupes réglées atteignent un effectif de 150 000 hommes en temps de paix, 300 000 en temps de guerre, et on crée déjà des milices provinciales qui constituent des réserves de l'armée d'active et gardent les places fortes. Le Génie commence à prendre forme: on dénombre 296 ingénieurs dans un état de 1696 dont le plus célèbre d'entre eux, Sébastien Le Prestre de Vauban (1633-1707).

Personnage attachant que Monsieur de Vauban. A la fois stratège, urbaniste mais aussi humaniste, il est le parfait honnête homme du XVII^e siècle, et son influence sur la philosophie du corps des ingénieurs est une des premières clés pour expliquer la future création et la pédagogie de l'école de Mézières. Nous allons suivre le déroulement de sa vie pour voir comment cette influence s'est peu à peu établie.

Issu de la petite noblesse du Morvan, Vauban reçoit une scolarité secondaire qui lui donne, selon ses propres dires :

une assez bonne teinture de mathématiques et de fortification⁶⁴⁰.

En 1655, il obtient son brevet d'ingénieur sur présentation de ses états de service comme cela est la règle à cette époque. Participant à de nombreux sièges, Vauban, revêtu de la cuirasse et coiffé du casque rond des sapeurs, surveille l'avancement des travaux, est blessé huit fois à la tranchée et voit aussi disparaître nombre de ses subordonnés. Il cherche donc à diminuer les pertes de ses hommes en améliorant le tir de l'artillerie sur les positions adverses. Il invente ainsi l'affût d'artillerie. Pour la défense, il sait discerner les axes éventuels d'invasion, adapter les techniques de fortification aux problèmes du terrain. De tels talents le font choisir pour édifier la citadelle de Lille en 1668 dont il dresse le plan en relief qui, envoyé à Louis XIV, est à l'origine de la collection de maquettes de places fortes conservées aujourd'hui aux Invalides. C'est le premier exemple de cette géométrie savante que Vauban utilisera dans les trente-trois places fortes construites et dans les 300 modernisées par lui. Il s'attache à concevoir des places destinées à l'invincibilité du lieu, mais aussi à la salubrité des conditions de vie des soldats.

Vauban est nommé commissaire général des Fortifications en 1677 par Louis XIV et Colbert lui assure l'obéissance des intendants et des ingénieurs. Il peut établir alors deux lignes parallèles de places fortes, une ligne Maginot avant la lettre dont fait partie Mézières.

⁶⁴⁰ Il y a diverses assertions concernant cette scolarité, suivie peut être en partie au collège de Semur en Auxois, en partie chez un parent. Voir BLANCHARD A. *Vauban*, Paris : Fayard, 1996 p. 66-69.

Toutefois, Vauban n'est pas inscrit dans une hiérarchie très claire, et ceci va gêner la structuration du corps du génie. En effet, au début de son règne, Louis XIV a partagé certaines responsabilités du royaume entre Colbert et à Louvois Le premier s'occupe des bâtiments, des routes et des ports, le second des grandes provinces. Or, l'administration de la fortification appartient à l'un et à l'autre. Louvois prenait ses ingénieurs dans l'infanterie, Colbert parmi des architectes et des savants qui n'avaient jamais servi aux armées. A la mort de Colbert en 1683, Louvois récupère le poste de Surintendant des bâtiments alors qu'il a déjà à sa disposition depuis 1682 à Versailles les bureaux de la Guerre⁶⁴¹. Mais les ingénieurs n'ont pas encore de commandements effectifs, le roi leur accorde toutefois des brevets de réforme d'officier d'infanterie qui leur donnent droit à certaines prérogatives du grade. Ainsi, Vauban a-t-il été nommé lieutenant des gardes du roi après sa blessure au siège de Lille, brigadier général en 1674 et maréchal de camp en 1677. Lorsque Louvois meurt en 1691, Le Peletier de Sougy est nommé directeur général des fortifications des places de terre et avec Vauban il va enfin pouvoir organiser, progressivement, le corps du Génie à son idée.

Le service est réparti en 19 directions confiées à des directeurs des fortifications ayant autorité sur les ingénieurs en chef dirigeant chaque place, eux mêmes dirigeant les ingénieurs ordinaires de la place. Ces derniers sont permanents, à la différence des ingénieurs extraordinaires employés seulement pendant la guerre. Vauban établit des directives et l'exécution des travaux sur place est confiée aux ingénieurs. Ainsi, en 1688, lorsque le roi décide de construire une nouvelle enceinte à La Rochelle, Vauban détermine l'emplacement des principaux points de défense et l'organisation de celle-ci. Les travaux s'étalent de 1689 à 1706 sous la direction de l'ingénieur Ferry. Le plan de Vauban est suivi à la lettre car parlant d'un ingénieur qui avait retouché un plan de Vauban, Colbert avait écrit:

S'il lui arrive de jamais remuer une pelletée de terre que conformément au mémoire dudit Vauban, il sera rappelé un quart d'heure après que je m'en serai aperçu⁶⁴².

Cela dit, aucun texte ne codifie cette organisation et ce flou va perdurer. Vauban aurait voulu commander des troupes spéciales du génie. Une compagnie de mineurs fut bien créée en

⁶⁴¹ Les 7 bureaux de la Guerre sont 1-Commissions, revues. 2-Fortifications, instructions secrètes. 3-Règlements militaires. 4-Routes. 5-Vivres. 6-Placets. 7-Bénéfices. Ils possèdent leurs archives, minutes, expéditions et registres.

⁶⁴² Cité par REBELIAU A. *Vauban*, Paris : Fayard, 1962.

1673 et une seconde en 1679, mais il n'obtint pas ce « *régiment de la tranchée* » dont les hommes :

bien éduqués seraient à la fois canonniers, grenadiers et terrassiers.

Néanmoins, une certaine structure unifiée se dégage, et si elle n'est pas encore parfaitement accordée avec la hiérarchie militaire et administrative, le niveau de ses connaissances techniques va contribuer à la pérenniser à la suite des travaux de Vauban.

On ne peut qu'admirer le talent d'ingénieur militaire et d'urbaniste de Vauban, lorsque l'on considère les villes militaires qu'il a entièrement conçues comme Longwy ou Neuf-Brisach par exemple. De plus, il résout les problèmes de voies d'accès, établit des ponts et des digues et complète ses travaux par des systèmes d'alimentation en eau et le creusement d'égouts montrant ainsi sa science de l'hydraulique. Il dirige la construction du canal des Deux-Mers et comprend l'importance de ce que l'on nomme « *le mouvement des eaux* » embryon de la mécanique des fluides

Vauban sait que les ingénieurs dont il a besoin pour assurer la continuité du corps du génie doivent posséder un haut niveau scientifique à une époque où il n'y a pas de parcours type pour devenir savant sinon par la lecture ou l'adoption par un maître. Alors, à partir de 1691, Vauban souhaite que les candidats à un emploi d'ingénieur subissent un examen en géométrie, trigonométrie, mécanique, arithmétique, géographie, architecture civile et dessin. De plus, non content d'inventer le concours d'entrée, il conseille une formation sous forme de stages pratiques dans les grandes places militaires pendant un an ou deux⁶⁴³. En 1697, Le Peletier de Sougy décide de ne plus admettre dans le corps des ingénieurs :

que des sujets ayant subi l'examen de Monsieur de Vauban.

Grâce à Vauban donc, un examen est institué⁶⁴⁴. Ce n'est pas une simple formalité comme l'indique le choix des mots de Fontenelle dans son *Histoire de l'Académie royale des sciences en MDCXCIX*:

⁶⁴³ Cité par BLANCHARD A. *Les ingénieurs du Roi de Louis XIV à Louis XVI. Etude du corps des fortifications*, Montpellier : collection du Centre d'histoire militaire et d'études de la défense nationale, n°9, 1979.

⁶⁴⁴ La mise en place de cet examen est décrite plus en détail par TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

Monsieur de Vauban qui étoit chargé du soin d'examiner les Ingénieurs sur un Art qu'on n'avoit appris que de lui⁶⁴⁵..

En 1703, Vauban est fait Maréchal de France et ne peut plus assurer cet examen :
qui ne convenoit plus à sa dignité.

Mais il avait été reçu en 1699 à l'Académie royale des sciences et connaissait Joseph Sauveur, membre de cette même Académie et auteur d'un *Traité des fortifications*, qu'il fait désigner examinateur. La relève est assurée.

Nous avons ici une série de faits annonçant l'apparition de la physique à l'École royale du Génie de Mézières. En effet, il y a déjà dans l'examen de Vauban de la mécanique, mais de plus, la personnalité de Joseph Sauveur, désormais examinateur des ingénieurs, n'est pas anodine. Politiquement, il est le maître de mathématiques des enfants de France, les ducs de Bourgogne, d'Anjou et de Berry⁶⁴⁶. Scientifiquement, il est membre de l'Académie des sciences depuis 1686, professeur au Collège royal, et s'intéresse à des questions d'acoustique : en 1700, intéressé par l'audition et les sons produits par une corde, il développe l'étude de l'état vibratoire d'une corde, et tous les professeurs de physique lui sont redevables de l'idée de poser des cavaliers en papier sur une corde vibrante pour montrer la position des noeuds et des ventres⁶⁴⁷.

Toutefois, en ce début du siècle des Lumières, que René Taton date en 1715 pour la France, les savants doivent :

poursuivre la mathématisation de la mécanique et entreprendre celle de l'acoustique et de l'hydrodynamique⁶⁴⁸.

Il n'est donc pas question que la physique, dont le champ n'est pas clairement défini, et encore

⁶⁴⁵ FONTENELLE B. *Éloges des académiciens; avec l'Histoire de l'Académie royale des sciences en MDCXCIX, avec un discours préliminaire sur l'utilité des mathématiques*, La Haye : Vanderkloot, 1740.

⁶⁴⁶ Voir [ANTOINE, 1989].

⁶⁴⁷ Cette découverte est citée par TATON R.(dir) *La science moderne, Histoire générale des sciences*, t.II, Paris : P.U.F, 1958 1^{ère} édition, réédition Quadrige 1995. Au delà de l'aspect anecdotique, Sauveur est un savant important pour l'acoustique et la théorie des harmoniques

⁶⁴⁸ [TATON, 1995].

moins la physique expérimentale, soient à la base de la sélection et de la formation des ingénieurs du génie. Il ne s'agit pas de recruter et de former des scientifiques de haut niveau mais des techniciens dont l'armée a besoin. Si on s'accorde à reconnaître la nécessité des mathématiques pour être un bon ingénieur du génie, la physique, dans sa définition actuelle, mais à ce moment de son histoire, ne lui apporte pas d'outils utilisables dans ses travaux. Néanmoins, la présence d'un savant comme Sauveur en tant qu'examineur montre que la physique plane déjà au-dessus des ingénieurs du génie, car ses sujets sont la préoccupation des savants du XVIII^e siècle. Cette rencontre des savants et des ingénieurs va se développer au cours de l'histoire du corps du génie.

Pour conclure sur l'influence de Vauban concernant la philosophie du corps des ingénieurs, nous allons citer les derniers travaux de sa carrière. Ses longues traversées de la France d'une frontière à l'autre l'ont amené à écrire une somme d'études qu'il appelle modestement *Oisivetés* qui traitent de politique, d'économie générale, d'agriculture et où il utilise les statistiques dont il est passionné. Comme l'a souligné René Taton⁶⁴⁹, c'est là le signe de la modernité d'un siècle naissant où un homme de génie avait pu découvrir que les plans chiffrés sont nécessaires à l'échelle de l'Etat. Le vieux maréchal propose même le *Projet d'une dîme royale*, impôt proportionnel au revenu frappant tous les citoyens, ce qui lui vaut le chagrin d'une disgrâce complète de Louis XIV et la saisie de son ouvrage le 14 février 1707. Il meurt le 30 mars de la même année, et faute de crédits, il est impossible de donner au génie des troupes spécialisées malgré ses recommandations, troupes qui continuent à être empruntées à l'infanterie. Nous quittons ici Sébastien Le Prestre de Vauban,

premier des ingénieurs, meilleur des citoyens,

comme l'a qualifié Voltaire. Il laisse au Génie un examen d'entrée comportant de la mécanique et l'idée qu'il faut du savoir et de la science alliés à un apprentissage sur le terrain. Mais pour que cette idée se concrétise par une école, il va falloir les dures épreuves des guerres de Succession.

4. Les guerres de Succession et la nécessité reconnue d'une formation uniforme pour les ingénieurs du Génie

⁶⁴⁹ [TATON, 1995].

4.1. L'histoire jusqu'au tournant de 1743

A la mort de Louis XIV, c'est une Europe qui n'a jamais connu la paix pendant un siècle qui doit se rétablir. Comme l'explique Jean Pierre Bois⁶⁵⁰ :

la paix va de pair avec une nouvelle croissance économique et démographique, ainsi qu'un épanouissement culturel et artistique exceptionnel qui s'accompagne, comme lors de la Renaissance, de nouvelles perspectives sur l'homme et sur Dieu, sur la société et les Etats. C'est l'entrée dans les Lumières.

Nous allons présenter le contexte politique et militaire de cette période, car il est indispensable de comprendre les pouvoirs du règne de Louis XV pour appréhender la création et l'esprit de l'École de Mézières.

De 1715 au sacre de Louis XV en 1722, la régence de Philippe, duc d'Orléans, voit se créer les Conseils en remplacement des secrétaires d'Etat. Au conseil de la Guerre, le maréchal de Villars. C'est sans aucun doute le meilleur général des dernières années du règne de Louis XIV: proclamé maréchal de France par ses soldats à la bataille de Friedlingen en 1702, il a sauvé le royaume d'une invasion à Malplaquet et à Denain en s'appuyant certes sur les places fortes de Vauban, mais aussi en construisant sur le champ de bataille même des retranchements. C'est une nouvelle mission qui va incomber au génie: il ne s'agit pas seulement d'assiéger ou de défendre des places, le génie combat pendant la bataille et son importance va aller sans cesse croissant. Le conseil de la Guerre est ainsi entre les mains d'un homme convaincu de l'importance des ingénieurs puisqu'en 1720 il forme des unités de sapeurs-mineurs conformément aux souhaits de Vauban.

Le début du règne de Louis XV se déroule dans une paix relative qui n'arrête pas l'évolution du rôle des ingénieurs. Mais l'ampleur des campagnes à venir va décimer cruellement le génie tout comme l'ensemble de l'armée d'ailleurs : guerre de succession de Pologne de 1732 à 1738, guerre de Succession d'Autriche de 1740 à 1748, qui obligent le comte d'Argenson⁶⁵¹, à réorganiser l'armée et ses cadres.

⁶⁵⁰ [BOIS, 1993].

⁶⁵¹ Le comte d'Argenson est Secrétaire d'État à la Guerre de 1743 à 1757. C'est à lui qu'est dédiée l'Encyclopédie.

4.2. Maurice de Saxe ou l'art de savoir utiliser un bon outil

Il se trouve que d'Argenson possède en la personne de Maurice de Saxe, le plus grand général de Louis XV, vainqueur entre autres à Fontenoy, d'un conseiller militaire écouté jusqu'à sa mort en 1750. Maurice de Saxe a en effet écrit ses réflexions sur la guerre dans les *Réveries*. Or, que proposait donc Maurice de Saxe? Dans ses écrits on trouve tout un ensemble de données techniques sur l'usage de la ligne, le mouvement des troupes, le recrutement mais surtout l'idée d'unités autonomes, et de véritables divisions avant la lettre, les légions, où les troupes spécialisées du génie sont fondamentales. C'est tout un état d'esprit qui change à ce moment. Comme l'indique Jean Pierre Bois dans *Maurice de Saxe*⁶⁵²:

les ingénieurs du roi veulent garantir l'invulnérabilité du royaume et posent aux experts la question des règles de l'attaque et de la défense des places. Ceux qui tentaient de la résoudre se comportaient en mathématiciens, beaucoup plus qu'en tacticiens du mouvement.

Ainsi, l'art militaire obéit-il plus à une sorte d'art géométrique qu'à une réelle réflexion tactique. Cet art satisfaisant pour l'oeil doit se compléter de connaissances techniques. On assiste donc à un renouveau de la réflexion militaire française en 1748, on réfléchit en termes de rapports entre les différentes armes et les camps d'instruction se multiplient. Les conceptions de Maurice de Saxe ont toutefois un défaut: elles exigent des ingénieurs une qualification parfaite, sous peine d'y laisser la vie par incompetence.

Or, c'est une hécatombe au cours de la guerre de succession d'Autriche: quelques chiffres⁶⁵³ l'indiquent comme à Fontenoy où il est resté 11000 morts sur le terrain, et les ingénieurs en premières lignes ont payé un lourd tribut. Mais il n'y a qu'environ 300 ingénieurs dans l'armée, dont beaucoup sont recrutés à la hâte et mal ou pas du tout formés. Une telle situation n'est pas viable et d'Argenson va s'employer à réformer le corps des ingénieurs. Comme l'indique Patrice Bret⁶⁵⁴

⁶⁵² BOIS J.P. *Maurice de Saxe*, Paris : Fayard, 1992.

⁶⁵³ On pourra consulter à ce sujet le colonel AUGOYAT A.M. *Aperçu historique sur les fortifications, les ingénieurs et le corps du Génie en France*, 3 vol., Paris : Tenaer, 1858-1864.

⁶⁵⁴ BRET P. *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1780)*. Rennes : P.U.R, 2002.

L'État recherchait l'ingénieur providentiel civil ou militaire, [...]. Un phénomène majeur, amorcé dès les dernières décennies du Grand siècle, se développe alors : la collecte des talents fait place à la formation.

4.3. De la nécessité de réformer la formation des ingénieurs

Nous avons laissé « *l'examen de Monsieur de Vauban* » aux mains de Joseph Sauveur dont le neveu par alliance, François Chevallier, prend la suite en 1720. C'est une personnalité marquante. Il tient sa formation de l'abbé Galloys, familier des Colbert, chargé jadis de former des jeunes gens au métier d'ingénieur des fortifications, puis il a succédé à son oncle à la chaire de mathématiques du Collège royal en 1716 tout en étant associé géomètre à l'Académie des sciences depuis 1699. De plus, c'est surtout une personnalité haut placée en tant que chargé de l'éducation du roi et du duc de Chartres en mathématiques depuis 1717. En fait, Michel Antoine dans son *Louis XV*⁶⁵⁵ a établi la filiation de cette équipe de formateurs de personnalités royales qu'il faut rattacher à Fénelon et dont on s'accorde à reconnaître qu'elle annonce le siècle des Lumières. Concernant François Chevallier, nous n'avons pas retrouvé de traces de travaux en physique le concernant, mais il a toutefois rédigé un mémoire sur *Des effets de la poudre à canon principalement dans les mines*, ouvrage éminemment technique qui atteste de ses connaissances. De plus, dans une lettre que lui adresse le marquis d'Asfeld⁶⁵⁶ pour lui préciser ses critères d'évaluation, ce dernier lui écrit que :

il faut aussi qu'ils sachent l'arithmétique, la géométrie, le nivelage et le toisé, et qu'ils aient quelques connaissances des mécaniques, qui comprennent les machines simples et composées, et le mouvement des eaux.

Le programme d'étude est assez élémentaire en mathématiques, mais comprend également de la mécanique y compris de la mécanique des fluides.

Mais tous les futurs ingénieurs ne passaient pas entre les mains de Chevallier à Paris. Le génie est devenue une unité d'élite aussi cotée que la cavalerie de par ses missions et il attire donc

⁶⁵⁵ [ANTOINE, 1989].

⁶⁵⁶ Claude Bidal d'Asfeld est le directeur général des fortifications depuis 1715. Le texte de cette lettre est fourni dans TATON R. « L'École royale du Génie de Mézières », in [TATON, 1964].

ceux qui souhaitent servir avec élégance. Anne Blanchard⁶⁵⁷ estime qu'entre 1716 et 1747 plus de 60% des admis dans le corps des ingénieurs sont issus de famille d'ingénieurs et ont été examinés en province par le directeur de la place où ils se trouvaient. Le marquis d'Asfeld toléra tout au long de sa carrière de directeur des fortifications cette procédure irrégulière qui était un petit avantage accordé aux ingénieurs, toujours à l'écart de la hiérarchie militaire. Ces pratiques douteuses révélatrices d'un certain relâchement n'existaient pas que dans le génie, et c'est pourquoi à son arrivée à la Guerre en 1743 le comte d'Argenson codifie le corps du génie dont on a tant besoin, ainsi que l'ensemble de l'armée qui souffre de fait d'une grande indiscipline du haut en bas de la hiérarchie. Il décide de soumettre tous les candidats à l'examen, et de ne recruter que ceux qui ont servi dans l'infanterie ou la cavalerie. L'effectif global du corps est fixé à 300 ingénieurs.

Toutefois, la création de l'école ne va se faire que quatre ans plus tard. C'est un faisceau de faits qui va permettre cette fondation.

Nous avons déjà évoqué le nombre élevé d'ingénieurs tués au cours des campagnes de la guerre de succession d'Autriche qui s'achève en 1748 ainsi que la mise en place de séminaires de réflexion sur l'art militaire. Pour le comte d'Argenson, il est clair que ces pertes sont dues à une formation militaire insuffisante des ingénieurs, qui, en effet, avaient à leur entrée dans le corps une expérience très réduite.

Or par un heureux hasard pour d'Argenson, Chevallier l'examineur en titre depuis 1720, qui est également le maître de mathématiques et d'architecture de Louis XV, disparaît en janvier 1748. Le comte d'Argenson peut donc envisager en toute sérénité une réforme du mode de recrutement et de formation des ingénieurs de sa majesté qui ne froissera aucune susceptibilité. Seulement que faire?

4.4. Des écoles déjà pour d'autres spécialités

Pour l'artillerie, depuis 1720, il existait cinq écoles régimentaires⁶⁵⁸ dans les bataillons du

⁶⁵⁷ [BLANCHARD, 1979].

⁶⁵⁸ La Fère, Metz, Strasbourg, Grenoble, Perpignan, et François Chevallier est signalé comme enseignant dans un prototype de ces écoles fondée à Douai en 1679, puis transférée à Metz puis à Strasbourg avant de disparaître HAHN R. « L'enseignement scientifique aux écoles militaires et d'artillerie » in [TATON, 1964].

Régiment royal d'artillerie, fondées par Jean-Florent de Vallières, l'artilleur de Louis XIV et de la guerre de Succession d'Autriche. Elles ont une renommée européenne et sont imitées à l'étranger. On se félicite de la qualité des officiers qu'elles forment...

Pour le Corps des Ponts et Chaussées, en 1747, un arrêt du Conseil plaçait l'ingénieur de la généralité d'Alençon, Perronet, responsable de la formation des dessinateurs dans le Bureau de la rue Saint Avoye. Plus précisément, cet arrêt le commet pour :

instruire les dits dessinateurs des sciences et pratiques nécessaires pour parvenir à remplir avec capacité les différents emplois des dits Ponts et Chaussées⁶⁵⁹.

Trudaine en était arrivé à ce concept de centre de formation technique associé au Bureau des géographes et dessinateurs en faisant donner au Bureau une instruction scientifique et technique aux employés, constatant le nombre élevé d'ingénieurs incapables. Au bout d'un an, la formule semble donner toute satisfaction. En 1748 l'aspect scolaire du bureau des dessinateurs devient essentiel, Perronet remettant à Trudaine un projet de règlement.

Cette même année, on transfère au Louvre « *une petite école de la Marine* » ouverte en 1741 par Duhamel du Monceau, agronome et membre de l'académie des Sciences, école qui accueille les élèves maîtres de charpenterie détachés des ports, qui deviendront bientôt Ingénieurs constructeurs de la Marine.

4.5. Une création dans l'air du temps

Avec les exemples de l'artillerie, des ponts et chaussées et de la marine, il est donc logique pour le comte d'Argenson d'envisager de créer pour le génie dans les places fortes des écoles de place où les ingénieurs volontaires choisis après examen recevront un complément d'enseignement pratique et théorique en mathématiques. Il est de plus probable que Maurice de Saxe lui a conseillé de créer des écoles militaires sur le modèle de ce qui se pratique en Russie et en Angleterre⁶⁶⁰. D'ailleurs, cette logique de création d'école se poursuivra lorsque d'Argenson, avec l'appui de Madame de Pompadour, établira en 1751 l'École Militaire pour former des

⁶⁵⁹ La longue mise en place de l'École royale des Ponts et Chaussées est décrite en détail par SERBOS G. « L'École royale des Ponts et Chaussées » in [TATON, 1964].

⁶⁶⁰ [BOIS, 1992].

officiers issus aussi bien de la classe roturière que de la noblesse. Sur quatre années sont donc créées quasi simultanément l'École de la Marine, l'École des Ponts et Chaussées, l'École du Génie et l'École Militaire. Il reste à régler le problème de la localisation de la formation des ingénieurs du génie. Faut-il une école unique, comme pour les ponts et chaussées, ou bien des écoles régimentaires comme pour l'artillerie? La lettre du 11 avril 1748 du comte d'Argenson aux directeurs des fortifications, qui établit qu'en plus les ingénieurs subiront un examen final avant leur nomination définitive en tant qu'ingénieurs ordinaires, demande à chaque directeur d'organiser sa propre formation et de la proposer au roi. Cette lettre arrive ainsi chez le chevalier de Chastillon, ingénieur en chef de Mézières.

4.6. L'originalité de Mézières

Cette place forte est « le poste » pour un ingénieur du génie comme le montre son histoire. Après un passé moyenâgeux qui ramenait la ville au royaume de France, elle fut assiégée par le comte de Nassau en 1521 pour Charles Quint et défendue par Bayard. En 1590, les villes de Champagne entraînent dans la Ligue contre le roi, et le maréchal de Saint Paul, lieutenant général de la ligue fera construire la citadelle... avec de l'argent espagnol! Sous Louis XIII, les faubourgs commencent à être fortifiés, et en 1691 Vauban poursuit l'enfermement du faubourg sud de la ville, la corne de Champagne. Louis XIV s'intéresse personnellement à Mézières:

la citadelle et la corne de Champagne sont des plus magnifiques ouvrages que l'on puisse voir et à tout prendre cette place est belle et bonne.

Donc rien n'est trop cher pour assurer l'inviolabilité de cette place remarquée par le roi lui-même. Elle devient le mythe de la place idéale. Mais en 1748, l'ouvrage de Vauban est trop étroit. Il s'établit alors le chantier de la Couronne de Champagne pour reconstruire une vaste enceinte, ouvrage qui comprend l'agrandissement de bastions, des terrassements, un détournement de la Meuse (600000 m³ de comblement), de la maçonnerie, des talutages, etc. Ce chantier est dirigé par le chevalier de Chastillon.

4.7. Le projet du chevalier de Chastillon en 1749

Nicolas-François-Antoine, chevalier de Chastillon, issu d'une famille d'ingénieurs du roi depuis trois générations, ingénieur du génie depuis 1723, chevalier de Saint Louis, dirige les travaux assisté de nombreux ingénieurs volontaires mais peu efficaces : il avait dû organiser des cours du soir pour pallier leurs manques de connaissances ! On comprend ainsi mieux la promptitude et la qualité de sa réponse puisque le 10 mai 1748 c'est un véritable projet pédagogique qu'adresse le chevalier de Chastillon en réponse à d'Argenson.

Quatre jours par semaine, c'est « *l'école de théorie* », avec une séance de trois heures le matin pour le dessin d'architecture, de cartes, le lavis, et une séance de trois heures le soir pour les mathématiques. Le programme d'enseignement comprend en effet arithmétique, géométrie, trigonométrie, mécanique, hydraulique. Les deux autres jours de la semaine de travail sont consacrés à « *l'école pratique* » sur le terrain. Le terme école est utilisé à bon escient car Chastillon anticipe sur la création en intitulant son projet *Règlement pour le service des ingénieurs volontaires de la place et pour l'École du Génie à établir à Mézières*. Chastillon n'a certainement pas intitulé son texte de cette façon innocemment, il souhaite réellement une école et ce n'est pas uniquement pour une raison financière⁶⁶¹. Ce projet est logique.

Nous avons évoqué les cinq écoles régimentaires d'artillerie. A celle de La Fère, il se trouve qu'enseigne en mathématiques le très célèbre Bernard Forest de Bélidor, l'ingénieur militaire mentor des artilleurs et du génie. Considérons un extrait de la préface de son *Nouveau cours de mathématiques à l'usage de l'artillerie et du génie*, paru en 1725, préface intitulée « Etablissement des écoles d'artillerie »:

L'école de théorie se réunissait trois matins par semaine de 8 à 11 heures[...]On y dictait des Traités d'Arithmétique, d'Algèbre, de Géométrie, des sections coniques, de Trigonométrie, de Mécanique, d'Hydraulique, de Fortification, de Mines, de l'attaque et de la défense des Places.

On retrouve les termes du règlement de Chastillon, mais la similitude est encore plus nette dans le programme des cours dudit règlement:

les ingénieurs volontaires qu'il juge à propos d'y envoyer puissent[...]se fortifier dans les principes d'arithmétique, de géométrie, de trigonométrie, de mécanique, hydraulique.

⁶⁶¹ Les ingénieurs recevaient des gratifications à partir du grade de capitaine. Le commandement de l'école vaudra à Chastillon plus du double de son traitement.

Il se trouve de plus que le marquis d'Asfeld conseillait à ses subordonnées la lecture d'ouvrages de Bélidor. Sans que nous ayons de preuves formelles, il semble pourtant que le projet d'école de Chastillon est une copie des écoles d'artillerie, au moins pour l'organisation des cours. Nous retrouverons d'ailleurs plus tard plusieurs fois ces destins croisés entre La Fère en particulier et Mézières. Mais quoiqu'il en soit, le projet de Chastillon semble plaire et après environ deux ans de mise en place, Chastillon est nommé⁶⁶² « *commandant de l'école du Génie établie à Mézières* » en 1751.

Si nous avons pu ici entrevoir les raisons historiques de la création de l'École royale du Génie de Mézières, il reste encore beaucoup à faire pour y expliquer l'apparition d'un enseignement des sciences physiques. Entendons nous bien sur ce terme pour cette étude de l'École royale du Génie de Mézières: nous y regroupons l'électricité, la chimie, le magnétisme, etc., c'est à dire les branches de la science nettement moins théorisées que les mathématiques et la mécanique. Dans le programme initial de l'école, la statique et l'hydraulique font partie du programme d'étude et seraient enseignées pour nous dans le cadre des sciences physiques. Mais ce n'est pas le cas au XVIII^e siècle, ce sont des sciences mathématiques et nous garderons ici cette distinction. Nous allons donner quelques repères chronologiques concernant les enseignants, les élèves et les programmes pour la suite, sans raconter la totalité de l'histoire de l'école, ce qui a déjà été fait dans de nombreux ouvrages⁶⁶³.

⁶⁶² Et surtout payé en tant que tel...

⁶⁶³ Voir entre autre le livre du colonel DARDONVILLE M. *L'École royale du Génie de Mézières*, Nancy : Berger-Levrault, 1948.

ANNEXE 6

ELEMENTS SUR LES PROFESSEURS ET LES ENSEIGNEMENTS DES CHAIRES DE PHILOSOPHIE GRECQUE ET LATINE AU COLLEGE DE FRANCE AVANT 1750

Avant d'étudier les conditions de l'expérimentation au Collège de France dans la période qui nous intéresse, il nous a paru nécessaire d'établir un état des lieux avant cette période. En effet, les personnalités des professeurs et certains de leurs cours, ou tout au moins parfois les titres de ceux-ci, nous sont connus et vont nous permettre de mieux apprécier l'évolution de l'enseignement de la physique au Collège de France sans toutefois établir une biographie complète pour chacun des professeurs, biographie qui, la plupart du temps, est déjà faite par ailleurs. Nous n'en rappellerons que les éléments servant à éclairer notre propos. Précisons enfin que nous avons traduit les titres des cours en français pour plus de clarté, mais que ceux-ci étaient en latin. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

1. Pierre Varignon, professeur royal jusqu'en 1722

C'est en tant que mathématicien que Pierre Varignon est tout d'abord reconnu, puisque c'est à ce titre qu'il occupe une chaire de mathématiques au Collège Mazarin depuis 1689 pour être cette même année nommé membre de la section de géométrie de l'Académie des Sciences. Encore faut-il y regarder de plus près, car, même si ce sont ses études au Collège des jésuites de Caen et la découverte d'Euclide qui font qu'il se consacre aux mathématiques, c'est son *Projet d'une nouvelle mécanique*⁶⁶⁴, paru en 1687, qui l'a fait connaître. Et s'il est l'un de ceux qui ont répandu le calcul infinitésimal en France, il est surtout le premier à l'utiliser pour de la mécanique : dans deux communications à l'Académie Royale des Sciences⁶⁶⁵, il traduit les concepts de Newton de vitesse instantanée et d'accélération en utilisant le langage du calcul

⁶⁶⁴ Il y traite notamment de la composition des forces selon la règle du parallélogramme.

⁶⁶⁵ En 1698 puis en 1700. Voir à ce sujet BLAY M. *La naissance de la mécanique analytique*, Paris : Presses universitaires de France, 1992.

différentiel de Leibniz⁶⁶⁶. Les titres de ses cours, qui nous sont connus pour les années 1711 à 1722, nous montrent ainsi une image de son enseignement de la physique :

1711 et 1712, *mouvement des animaux* ;

1713 et 1714, *lumières et couleurs* ;

1715 et 1716, *éléments de philosophie mécanique* puis *force des muscles*⁶⁶⁷ ;

1717, à nouveau *mouvement des animaux* ;

1718, *force élastique, mouvement variés des eaux* ;

1719, *physique élémentaire, météores* ;

1720, *couleurs, systèmes du monde* ;

1721, *dureté des corps et résistance à la rupture* ;

1722, encore le *mouvement des animaux* puis *calcul infinitésimal et physique supérieure*.

Nous n'avons pas le contenu des cours de Varignon. Ce sera d'ailleurs un problème récurrent dans nos recherches et il faudrait trouver au hasard des archives les notes prises par un auditeur. Toutefois, à la lecture des titres, comme *mouvement des animaux* qui semble faire référence à Aristote, nous pouvons supposer que nous avons des cours qui pourraient être qualifiés de physique générale avec toutefois des applications à des phénomènes naturels comme les marées ou la résistance des matériaux, traités par Galilée. Cet enseignement pourrait paraître très scholastique, mais Varignon s'inscrit tout au contraire dans un mouvement de redéfinition de

⁶⁶⁶ En 1698, Pierre Varignon présente la vitesse en chaque instant :

soient $AB = x$ les espaces parcourus en quelques sens qu'on voudra, $BE = z$ les temps employez à les parcourir, et $BC = y$
= DF les vitesses à chaque point B de ces espaces [...] $y = dx/dz$

Puis en 1700, il traite de l'accroissement de vitesse :

L'on aura aussi $ddx = ydt^2$, ou $y = ddx/dt^2 = dv/dt$

Registres manuscrits des procès verbaux de l'Académie royale des sciences de Paris, t.17, f.298v°-229r.[« 1^{er} mémoire »] et *Histoire et mémoires de l'Académie royale des sciences. Parties mémoires*, année 1700 (1703), p.23.

⁶⁶⁷ Rappelons que l'année de cours au Collège de France est partagée en deux semestres. Ce cours devait être celui du deuxième semestre de l'année 1716.

la physique, et il poursuit en cela le travail entamé par son prédécesseur à cette même chaire, Jean-Baptiste Du Hamel, travail que décrit Fontenelle dans son éloge de Du Hamel⁶⁶⁸:

la physique était alors comme un grand royaume démembré, dont les provinces ou les gouvernements seraient devenus des souverainetés presque indépendantes. L'astronomie, la mécanique, l'optique, la chimie etc. étaient des sciences à part, qui n'avaient plus rien de commun avec ce que l'on appelait physique [...] La physique appauvrie et dépouillée n'avait plus pour son partage que des questions également épineuses et stériles. Monsieur Du Hamel entreprit de lui rendre ce qu'on lui avait usurpé, c'est à dire une infinité de connaissances utiles et agréables, propres à faire renaître l'estime et le goût de ce qu'on lui devait.

2. Michel Morus, professeur royal jusqu'en 1720

Michel Morus, dont le véritable nom est Michael Moore⁶⁶⁹, est d'origine irlandaise, et ses parents l'ont envoyé étudier en France, précisément à Nantes au Collège de l'Oratoire puis au Collège des Gressins à Paris. Revenu en Irlande, ses démêlés avec Jacques II Stuart firent qu'il dut s'exiler en France puis à Rome pour revenir à nouveau en France en 1701 et devenir pendant un an recteur de l'université de Paris⁶⁷⁰ grâce à l'appui du cardinal de Noailles. Il est également nommé principal du Collège de Navarre et succède à Louis-Hellies Du Pin, destitué pour jansénisme, au Collège de France. Les titres de ses cours pour les années 1711 à 1720 sont les suivants :

de 1711 à 1714, *2^e et 3^e Livres d'Aristote*,
1716, *météores*, puis *du corps animé*,
1717, *physique*,
1718, *physique*, puis *du corps animé*,
1719, *physique*,

⁶⁶⁸ FONTENELLE B. *Éloges des académiciens avec l'histoire de l'Académie royale des sciences en 1699*, La Haye : I. van der Kloot, 1740.

⁶⁶⁹ On pourra consulter CHAMBERS L. *Michael Moore c.1639-1726: Provost of Trinity, Rector of Paris*, Dublin: Four Courts Press, 2005.

⁶⁷⁰ Le recteur de l'université était élu parmi les membres de la faculté des arts et présidait entre autres le tribunal académique chargé de régler les différends entre les membres de l'université. Élu pour trois mois, il restait en général une année.

1720, *du corps animé*.

Les titres de ces leçons semblent très aristotéliens. Liam Chambers⁶⁷¹ qualifie Moore de philosophe de la vieille école, et à cet égard, Moore a publié à Paris en 1716 *Vera sciendi methodus*, un dialogue écrit contre la philosophie de Descartes. Il pourrait paraître paradoxal que le Collège de France, lieu a priori novateur, s'oppose au cartésianisme, alors que son influence n'a cessé de grandir pendant les trente dernières années du règne de Louis XIV, comme l'indiquait Ernest Lavisse⁶⁷². Certes, aucun acte officiel n'appuie la diffusion de la philosophie de Descartes, toujours gênée par les pouvoirs universitaires et religieux, mais ceux qui déclarent leur cartésianisme ne risquent plus la censure du gouvernement. C'est encore plus vrai dans l'enseignement. Ainsi, le P. Bernard Lamy, dans ses célèbres *Entretiens sur les sciences, dans lesquels on apprend comment l'on doit étudier les sciences, et s'en servir pour se former l'esprit juste et le cœur droit*⁶⁷³, critique durement Aristote, dont il juge la morale dangereuse, et fait au contraire l'éloge de Descartes

qui le premier a ouvert le chemin d'une véritable physique.

Là encore, l'absence de témoignages sur le contenu des cours de Moore ne permet pas de juger de ce qui s'y est réellement dit : ce n'est pas parce qu'il parle des livres d'Aristote qu'il est nécessairement aristotélien. Mais peut-être pouvons nous voir dans sa nomination une volonté que le Collège de France soit un lieu où l'on enseigne ce que l'on ne fait plus ou pas à l'université : si cette dernière devient cartésienne, il faut un lieu où l'on entend un autre discours, en particulier en cette période où le jansénisme, dont le rationalisme doctrinal l'apparente à la philosophie de Descartes, est battu en brèche par le pouvoir royal. Cette idée d'un Collège de France, autre lieu d'un autre enseignement, nous la retrouverons régulièrement tout au long de cette étude.

⁶⁷¹ [CHAMBERS, 2005].

⁶⁷² LAVISSE E. *Louis XIV*, Paris : Robert Laffont, réédition 1989.

⁶⁷³ Cet ouvrage, paru en 1683, et réédité douze fois, jusqu'en 1768, est un des fondements de la pédagogie de l'Oratoire.

3. Jean Terrasson, professeur royal de 1720 à 1749

La nomination de Jean Terrasson⁶⁷⁴ illustre une carrière typique de l'Ancien Régime, en lien avec ses institutions. Entré à l'Oratoire après ses études, il quitte l'ordre à la mort de son père et se retrouve dans la position d'un jeune ecclésiastique désargenté. Mais, grâce à la protection de l'abbé Bignon⁶⁷⁵, il est élève⁶⁷⁶ à l'Académie des Sciences en 1707. Il est ensuite adjoint mécanicien en 1716, adjoint géomètre en 1718 puis associé géomètre en 1719. Terrasson, type même de l'Honnête homme, est également un Moderne lors de la Querelle d'Homère, un prolongement de la Querelle des Anciens et des Modernes. Sans développer cette question, ce qui nous emmènerait fort loin de notre propos⁶⁷⁷, il est néanmoins à noter que dans sa *Dissertation critique sur l'Iliade* parue en 1715, Jean Terrasson prétend que c'est grâce surtout aux apports de Descartes à la science et à la philosophie de son époque, qui avaient ainsi tellement développé l'esprit humain, que les poètes du XVIII^e siècle étaient considérablement supérieurs à ceux de la Grèce antique. La carrière de Jean Terrasson se poursuit avec une élection à l'Académie Française en 1732 et il restera membre de ces deux institutions jusqu'à la fin de sa vie. Les titres de ses cours pour les années 1720 à 1749 sont les suivants :

de 1721 à 1724, *physique générale, lois du mouvement*,
1725, *équilibre des liquides*,

⁶⁷⁴ Les principaux éléments concernant Jean Terrasson proviennent de l'article de BEUCHOT A.J.Q. « Terrasson Jean » in MICHAUD L.G. (dir) *Biographie universelle, ancienne et moderne, ou Histoire, par ordre alphabétique, de la vie publique et privée de tous les hommes qui se sont fait remarquer par leurs écrits, leurs actions, leurs talents, leurs vertus et leurs crimes*, Tome 45, Paris : Michaud, 1826. Le bibliographe Adrien-Jean-Quentin Beuchot est lui même un oratorien. D'Alembert a également écrit un éloge de Jean Terrasson que nous évoquons plus loin.

⁶⁷⁵ L'abbé Bignon est le protégé de son oncle, le chancelier de Pontchartrain, qui l'a nommé président de l'Académie des Sciences. Ils préparent tous les deux le nouveau règlement des Académies, signé par le Roi le 26 janvier 1699.

⁶⁷⁶ Suite au règlement de l'Académie royale des Sciences du 26 janvier 1699, l'Académie comprend dix *honoraires*, vingt *pensionnaires* (trois géomètres, trois astronomes, trois mécaniciens, trois anatomistes, trois chimistes, trois botanistes, un secrétaire et un trésorier perpétuels), vingt *associés* et enfin vingt *élèves*, attachés à un pensionnaire. Les élèves seront appelés *adjoints* à partir de 1716. Voir à ce sujet DEMEULENAERE-DOUYERE C. article « Académies » in BLAY M., HALLEUX R. *La science classique, XVI^e-XVIII^e siècle, dictionnaire critique*, Paris : Flammarion, 1998.

⁶⁷⁷ On pourra consulter à ce sujet FUMAROLI M. *La querelle des Anciens et des Modernes*, Paris : Gallimard, 2001.

1726 et 1727, *propriétés de la lumière*,
1727, *constitution physique de monde*,
1728, *la terre, l'eau et le feu considérés comme des corps*,
1728 et 1729, *expériences dont dépend la vraie physique, doctrine*,
1729, *historique*,
1730 et 1731, *progrès annuels de la physique*,
1732 et 1733, *de ses acquisitions nouvelles*,
1734 et 1735, *de ses progrès quotidiens*,
1735 et 1736, *acquisitions annuelles en physique*,
de 1737 à 1749, *explication de ces progrès*.

Nous ne disposons pas de témoignages des cours de Jean Terrasson à part une mention dans la *Biographie universelle*⁶⁷⁸ de son implication dans cette tâche :

Non content des heures consacrées aux leçons publiques, il se faisait un devoir de répondre à tous ceux qui venaient le consulter sur les moyens de se conduire dans l'étude des sciences : Grandjean de Fouchy⁶⁷⁹ a proclamé, à ce sujet, sa reconnaissance envers Terrasson.

Mais nous disposons toutefois de quelques traces de sa pensée grâce à son livre, *La Philosophie applicable à tous les objets de l'esprit et de la raison, ouvrage en réflexions détachées*⁶⁸⁰, œuvre posthume publiée en 1754, dont le préambule est dû à d'Alembert, et même si nous en sommes réduits aux hypothèses concernant les cours de Terrasson, nous allons dégager quelques éléments sur le rôle du Collège de France à cette période, période charnière pour la physique, car nous sommes à l'époque de la diffusion des idées de Newton en France. En effet, on considère que c'est la publication du texte de Maupertuis *Sur les lois de l'attraction* en 1732 dans les *Mémoires de l'Académie* qui introduit véritablement les théories de Newton en France. Or, si l'on regarde les intitulés des cours de Jean Terrasson, nous voyons tout d'abord des titres qui semblent issus de la physique de Descartes ou de ses continuateurs: les lois du mouvement, la diversité physique du monde, les propriétés de la lumière, les trois éléments, tout ceci se trouve dans *Le Monde ou*

⁶⁷⁸ [MICHAUD, 1826].

⁶⁷⁹ Grandjean de Fouchy a également étudié l'astronomie avec Joseph-Nicolas Delisle au Collège de France. Il sera élu secrétaire perpétuel de l'Académie royale des sciences en 1743.

⁶⁸⁰ TERRASSON J. *La Philosophie applicable à tous les objets de l'esprit et de la raison, ouvrage en réflexions détachées*, Paris : Prault, 1754.

Traité de la lumière de Descartes ou encore dans le *Traité de physique*⁶⁸¹ de Rohault, en particulier pour l'aspect expérimental. Cartésien, Terrasson l'est certainement, Antonella Del Prete a d'ailleurs montré⁶⁸² que le célèbre *Traité de l'infini créé*, souvent attribué à Malebranche, où l'auteur utilise toutes les conséquences de la définition cartésienne de la matière en y démontrant que l'univers est infini, serait en fait dû à Terrasson.

Cartésien donc, mais cartésien raisonnable comme l'indique d'Alembert⁶⁸³ :

sans être extrêmement zélé pour aucun système ni physique ni métaphysique, le cartésianisme était celui qu'il semblait avoir adopté. C'était pour ainsi dire un pli qu'il avait pris de jeunesse ; mais il ne trouvait point mauvais qu'on en eût pris un autre.

Les écrits de Terrasson confirment parfaitement les propos de d'Alembert. Le dernier chapitre de *La Philosophie applicable à tous les objets de l'esprit et de la raison, ouvrage en réflexions détachées* intitulé « De la Physique en général, de la géométrie, du Mouvement de la matière, de l'Astronomie » s'ouvre sur ces mots :

Il y a quelques physiciens attachés à Descartes, comme l'ancienne École l'était à Aristote. Ces gens-là sont dans la nouvelle philosophie, sans en avoir l'esprit, et ils vont contre l'intention de Descartes même qui a voulu faire, non des cartésiens, mais des philosophes.

Un peu plus loin dans le texte, Terrasson précise même :

L'usage que les cartésiens font de la géométrie ne paraît qu'un usage élémentaire en comparaison de celui qu'en font les newtoniens⁶⁸⁴.

⁶⁸¹ Au début du XVIII^e siècle, ce traité publié en 1671, et qui en était déjà à sa douzième édition en 1708, est le premier ouvrage de physique qui fait place à l'expérimentation, les faits précédant les explications, à la manière dont Jacques Rohault animait ses leçons publiques hebdomadaires. L'ouvrage comporte quatre parties, la première expose les principes de physique tirés des idées de Descartes sur le mouvement, la deuxième est une cosmographie, la troisième concerne les éléments terrestres, terre, air et eau et la dernière traite du mouvement des corps animés. Dans ses séances, Rohault présentait des expériences sur la pesanteur de l'air, sur la dispersion de la lumière ainsi que sur l'attraction des aimants. Voir à ce sujet MOUY P. *Le développement de la physique cartésienne, 1646-1712*, Paris : Vrin, 1934.

⁶⁸² TERRASSON J. *Traité de l'infini créé*, édition critique de Antonella Del Prete, Paris : Champion, 2007.

⁶⁸³ « Réflexions de Monsieur d'Alembert de l'Académie des Sciences sur la personne et les ouvrages de Monsieur l'Abbé Terrasson » qui ouvrent *La Philosophie applicable...*

Et si Terrasson se déclare plutôt partisan des tourbillons que de l'attraction, il reconnaît que :

Les newtoniens, par leur calculs, l'ont rendue plus précise à l'égard des planètes que les tourbillons que les cartésiens ont toujours laissé dans le vague.

Nous pouvons alors mieux comprendre les intitulés des cours de Jean Terrasson au Collège de France, qui, à partir de 1730, évoquent les progrès et les acquisitions nouvelles de la physique. Capable de parler des travaux de Clairaut sur la réfraction de la lumière⁶⁸⁵ qu'il cite dans son livre, il contribue sans doute à faire du Collège de France un lieu de diffusion objective des dernières avancées de la science avec néanmoins toutes les questions et débats que cela entraîne. Et s'il est fait mention des « *expériences dont dépend la vraie physique* », peut-être peut-on envisager que Jean Terrasson mentionne la physique expérimentale comme un élément constitutif du savoir, celle-ci étant en pleine émergence à cette période, en particulier l'électricité. Jean Terrasson était d'ailleurs le représentant de l'Académie des Sciences auprès de l'Académie des inscriptions et belles lettres, chargé auprès de cette dernière de rendre compte des travaux de l'Académie des Sciences, et donc au plus près des avancées et travaux scientifiques de l'époque⁶⁸⁶.

4. Joseph Privat de Molières, professeur royal de 1723 à 1742

⁶⁸⁴ Et il est vrai qu'à la suite de Newton, qui publie comme supplément à son *Optique* une étude sur les cubiques, les études de courbes se poursuivent tout au long du XVIII^e siècle.

⁶⁸⁵ CLAIRAUT A-C. « Sur les explications cartésienne et newtonienne de la réfraction de la lumière », *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Paris : 1739, p. 259-275. Dans son éloge de Clairaut, Grandjean de Fouchy, déjà cité, indique que

[Clairaut poursuit par] une discussion des explications cartésiennes et newtoniennes de la réfraction. Il se décide en faveur de la dernière, en déclarant cependant qu'il ne regarde pas l'attraction comme une propriété essentielle à la matière, mais comme un effet qui peut avoir une cause physique ; et d'après ce principe, il fait voir qu'on peut légitimement attribuer la déviation qu'éprouvent les rayons en traversant les diaphanes et à l'approche des corps opaques, à l'attraction que les uns et les autres exercent sur eux.

⁶⁸⁶ « Pendant plus de trente-trois ans, l'abbé Terrasson fut le député de l'Académie des sciences, et la continuité de cette charge témoigne assez qu'on était satisfait de la manière dont il s'en acquittait ». BEUCHOT A.J.Q. « Terrasson Jean ». Rappelons que Dufay publie ses résultats sur l'électricité en 1733.

C'est par la voie des études que Joseph Privat de Molières aboutit au Collège de France. Devenu l'aîné, à la mort de son frère, d'une famille de vieille noblesse, il préféra rester aux Collèges de l'Oratoire d'Aix, de Marseille, d'Arles, et enfin d'Angers où il fit une rencontre déterminante, celle de Charles-René Reyneau⁶⁸⁷, avec lequel il étudie de 1698 à 1699. Il entre à son tour à l'Oratoire, devient prêtre en 1701, enseigne aux Collèges de Saumur, puis Juilly et enfin Soissons, pour ensuite rejoindre Paris en 1704 et travailler avec Malebranche jusqu'en 1715. Entré à l'Académie des Sciences en 1721 en qualité d'adjoint mécanicien, il paraît presque naturel qu'il prenne la suite de Pierre Varignon au Collège de France.

Ses cours nous sont en partie connus car ils sont reproduits dans les quatre volumes de ses *Leçons de physique, contenant les éléments de la physique déterminés par les seules lois des mécaniques expliquées au Collège Royal de France* et qui correspondent aux cours des années 1734 à 1742. Il avait également traité de la lumière en 1723, des progrès de la chimie en 1737, tout en occupant également la chaire de mathématiques de Joseph-Nicolas Delisle, parti en Russie, à la suite de Laurent Pothénot. Ses cours y furent les suivants :

1733 et 1734, *lois mathématiques pouvant servir à la compréhension de la physique*, reprenant en cela l'ouvrage qu'il avait publié en 1726, ses *Leçons de mathématiques nécessaires pour l'intelligence des Principes de Physique qui s'enseignent actuellement au Collège Royal*, puis

1735 à 1742 *Éléments de géométrie et de mathématiques exposés selon un ordre nouveau*.

Un physicien habile mathématicien donc, et qui tente dans ses leçons de réunir Descartes et Newton⁶⁸⁸, en faisant appel à la théorie des tourbillons de Malebranche. Il y a effectivement une incontestable habileté mathématique dans les calculs de Privat de Molières, qui valent sans nul doute mieux que la rosserie de Voltaire à l'égard de ses écrits :

⁶⁸⁷ La publication de *l'Analyse démontrée* en 1708 du Père Charles Reyneau a contribué à établir la victoire du calcul infinitésimal sur la conception de l'algèbre polynomiale en France, comme l'a montré Pierre Costabel dans *Malebranche et la réforme mathématique en France de 1689 à 1706*, t.XVII, in *Œuvres complètes de Malebranche*, Paris : Vrin, 1968 et 1979. On pourra également consulter la thèse de Christophe Schmit *Équilibre et dynamique. Études sur la mécanique française aux XVII^e et XVIII^e siècles : Malebranche, Varignon, science des machines et collisions*. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, Nantes, 2007.

⁶⁸⁸ Il pourrait être qualifié de « cartonian » comme l'a fait Ellen McNiven Hine à propos de Jean-Jacques Dortous de Mairan. Voir à ce sujet McNIVEN HINE, E. « Dortous de Mairan, the Cartonian », *Studies on Voltaire*, 266, 1989.

J'ai lu le 4^e tome des Leçons de Physique de Joseph Privat de Molières, de l'Académie des sciences. Cela est assez comique, mais j'aime mieux l'autre Molière que celui-ci...⁶⁸⁹

Mais c'est clairement un exposé mathématique de la physique ou bien des affirmations basées sur la rhétorique plus que sur l'expérience. C'est ainsi que Privat de Molières réussit à incorporer ses petits tourbillons dans sa théorie des phénomènes chimiques ou électriques :

L'atmosphère qui se forme autour des corps qui deviennent électriques par le frottement étant lumineuse dans l'obscurité et prenant feu lorsqu'on en approche le doigt, on ne peut douter que les particules de cette atmosphère ne soient de véritables molécules d'huile, qui, étant sorties des pores du corps qu'on a frotté, se sont extrêmement étendues dans les pores de l'air, puisque ce n'est qu'aux molécules de l'huile qu'on doit attribuer la vertu de s'enflammer [...] on peut penser, selon nos principes, [...] que, tant que ces molécules d'huile sont contenues dans les pores du corps électrique, elles ne sont que des tourbillons incomparablement plus petits que ceux dont l'huile ordinaire est composée, lesquels font équilibre avec un milieu élastique de l'éther dont les tourbillons sont incomparablement plus petits que ceux du premier élément.⁶⁹⁰

Il n'y a donc pas de pratiques expérimentales dans son enseignement au Collège de France et c'est même la physique expérimentale qui lui sera fatale selon Jean Torlais⁶⁹¹. Par contre, nous assistons à nouveau au mouvement de mathématisation de la physique, moment clé de la constitution de cette dernière⁶⁹², cela a aussi lieu au Collège de France, lieu de diffusion des idées novatrices. Cette tendance forte va se poursuivre avec le successeur de Privat de Molières.

⁶⁸⁹ *Lettre à Monsieur de Formont, 1740.* dans *Œuvres complètes de Voltaire*, Tome 15. Paris : Imprimerie de la société littéraire-typographique, 1785.

⁶⁹⁰ PRIVAT DE MOLIÈRES J. *Leçons de physique, contenant les éléments de la physique déterminés par les seules lois des mécaniques expliquées au Collège Royal de France*, Tome 2. Paris : Musier, 1737.

⁶⁹¹ Privat de Molières lut un mémoire à l'Académie des Sciences consacré aux directions des fluides enfermés dans une sphère creuse en rotation autour d'un axe. Descartes, sans l'avoir vérifié expérimentalement, estimait que la force centrifuge de la matière subtile devait amener ces fluides au centre, ce que soutenait également Privat de Molières. Nollet montra expérimentalement à l'Académie qu'au contraire, les fluides sont appelés le long de l'axe de rotation, et non au centre. L'Académie dut se rendre à l'évidence et retarda la publication du mémoire de Privat de Molières qui le prit très mal... Voir [TORLAIS, 1987].

⁶⁹² C'est d'ailleurs par le biais des mathématiques que l'abbé Sigorgne réfutera à son tour les théories de Privat de Molières entre autres avec sa *Réplique à M. de Molières, ou démonstration physico mathématique de l'impossibilité et de l'insuffisance des tourbillons*, publiée à Paris en 1741.

5. Jean Paul de Gua de Malves, professeur royal de 1742 à 1749

L'abbé Jean Paul du Gua de Malves s'est fait connaître par ses travaux en mathématiques, en particulier son ouvrage paru en 1740 intitulé *Usages de l'Analyse de Descartes*⁶⁹³, dont Condorcet, dans son *Eloge de M.l'Abbé de Gua*⁶⁹⁴, dit que :

c'est un traité de la théorie des courbes algébriques, qu'il semblait avoir entrepris par le seul motif de prouver que non seulement on peut dans cette théorie, se passer du calcul différentiel, mais y employer même avec plus d'avantage les méthodes de Descartes.

Cela lui permet d'être reçu à l'Académie des Sciences comme adjoint-géomètre en 1741, et cette carrière de mathématicien est confirmée par l'intitulé de ses cours au Collège de France :

1743 et 1744, *principes mathématiques newtoniens de philosophie naturelle*,
1745 et 1746, *calcul différentiel ou des fluxions, premiers principes du calcul intégral*,
1746, *introduction philosophique aux disciplines mathématiques*,
1747, *partie théorique des éléments d'arithmétique*,
1748, *observations sur le traité de Locke sur l'intelligence humaine*.

A nouveau, même si le nom de Locke évoque l'empirisme, les cours de Jean Paul du Gua de Malves au Collège de France sont des cours de mathématiques comme le support d'une philosophie naturelle où la nature semble écrite en langage mathématique alors qu'au même moment l'autre cours de physique du Collège de France explique les progrès annuels de celle-ci.

Par un fait du hasard, ces deux cours s'arrêtent quasi simultanément, l'un en 1750 à cause du décès de Jean Terrasson, l'autre en 1749 à cause de la démission de Jean Paul du Gua de Malves⁶⁹⁵. Quel bilan peut-on dresser pour l'enseignement de la physique au Collège de France lors de cette période ?

⁶⁹³ DU GUA DE MALVES J. *Usages de l'Analyse de Descartes pour découvrir sans le secours du calcul différentiel les propriétés, ou affections principales des lignes géométriques de tous les ordres*, Paris : Briasson, 1740.

⁶⁹⁴ *Œuvres complètes de Condorcet*, Tome 3. Paris : Henrichs, 1804.

⁶⁹⁵ Nous n'avons pas d'indication sur les raisons de cette démission, en tout cas elle ne semble pas liée à un conflit avec le Collège de France, car il n'en est pas fait mention dans les délibérations des assemblées des professeurs. De Gua de Malves est une personnalité complexe, impulsif, qui a également démissionné de l'Académie des sciences et a été brièvement le premier directeur de l'Encyclopédie. On pourra consulter l'article que lui ont consacré Frank A.

Très clairement, le Collège de France est un lieu de diffusion des idées et de la pensée scientifique, et particulièrement pour les mathématiques. La physique enseignée, à part peut être quelques mentions d'expériences par Jean Terrasson, dont nous ne savons pas si effectivement elles ont été présentées aux auditeurs des cours, est essentiellement mathématique, parfois même redondante avec les cours de la chaire de mathématiques. Ainsi, en 1740 et 1741, le cours d'Étienne de Cury, le suppléant de François Chevallier à la chaire de mathématiques, s'intitule « *calcul infinitésimal, calcul des fluxions, calcul intégral* », des termes que l'on va retrouver de façon quasi identique chez Jean Paul du Gua de Malves deux ans plus tard. On pouvait donc se faire une culture mathématique des plus modernes au Collège de France en lien avec la physique mais l'expérimentation n'y est pas un élément significatif de son enseignement.

BIOGRAPHIES PEDAGOGIQUES

Ces notices biographiques ont pour but de montrer la filiation pédagogique d'un certain nombre de personnages cités qui, à Nantes, à Mézières et Paris, et au Collège de France, me paraissent liés aux sciences physiques et à leur enseignement. Elles sont donc essentiellement orientées sur leur propre formation et leur rôle dans la formation en physique et en chimie, la référence étant le *Dictionnaire of Scientific Biography* publié entre 1970 et 1980 et les éléments obtenus à partir de la bibliographie utilisée pour rédiger cette étude.

Ampère (André Marie) (Lyon 1781 - Marseille 1836). C'est dans les livres de la bibliothèque de son père qu'Ampère apprend les sciences, qu'elles soient naturelles, mathématiques ou physiques. Tout d'abord enseignant de physique et de chimie à l'école centrale de Bourg-en-bresse en 1802, il devient ensuite répétiteur d'analyse à l'École polytechnique en 1804, pour ensuite enseigner la physique expérimentale au Collège de France, tout en mathématisant l'électrodynamique en se basant, comme il l'écrit lui-même, sur l'expérimentation. Le jugement un peu sévère d'Arago sur le fait que la vocation d'Ampère était de ne pas être professeur peut être amendé par le fait qu'au contraire, au Collège de France, Ampère a réussi le difficile pari qu'est l'enseignement de la physique, qui comprend nécessairement théorie, mathématiques, et expérimentation, toutes se répondant les unes aux autres grâce à sa maîtrise de l'outil mathématique.

Barruel (Etienne Marie) (Autun 1749 - Paris 1818). Elève du collège jésuite d'Autun, tout comme Hassenfratz dont il est l'instituteur - adjoint en physique dès 1794 à l'École polytechnique, il a tout d'abord enseigné la physique aux enfants de son employeur, le duc de Montmorin, ministre des affaires étrangères de Louis XVI. Son parcours pédagogique et intellectuel est assez remarquable. En effet, son expérience de précepteur l'a peut-être amené à réfléchir sur ses pratiques car au moment de la Révolution, il participe activement au débat très en vogue sur l'éducation en publiant son *Plan d'éducation nationale, considérée sous le rapport des livres élémentaires* en 1791. Il doit avoir aussi quelques compétences sur l'aspect matériel de l'enseignement de la physique puisqu'en 1794, pour la Commission temporaire des Arts, il fait le choix de 260 instruments de physique en dépôt dans l'hôtel d'Aiguillon pour l'École

polytechnique. Lorsque son poste d'instituteur adjoint est supprimé en 1797, il devient en 1798 examinateur de sortie des élèves de l'école pour la physique et la chimie jusqu'à sa mort. Il cumule également l'enseignement à l'école centrale des Quatre-Nations, d'où la publication en 1800 de ses *Observations sur l'instruction publique, et particulièrement sur les écoles centrales*, pour ensuite enseigner les mathématiques au lycée impérial Bonaparte (l'actuel lycée Condorcet) et finir bibliothécaire de l'École polytechnique lors d'un échange de poste étonnant entre lui et Peyrard, le créateur de la bibliothèque de l'École polytechnique, qui part donc au lycée. Barruel a également consigné ses réflexions sur l'enseignement de la physique à l'École polytechnique avec son ouvrage *La physique réduite en tableaux raisonnés, ou Programme du cours de physique fait à l'École polytechnique*, publié en 1798, et qui sera réédité en 1805.

Berthollet (Claude Louis) (Talloires 1748 - Arcueil 1822). Né en Savoie, Berthollet est formé au collège Chappuisien d'Annecy, puis devient docteur en médecine à l'université de Turin en 1768. Il vient ensuite à Paris, bénéficie de la protection du premier médecin du duc d'Orléans et suit les cours de chimie de Pierre-Joseph Macquer. Il participe activement aux avancées de la chimie de l'époque en inventant par exemple l'eau de Javel afin de blanchir les toiles ou encore en travaillant sur la fabrication de la poudre. Il est le professeur de chimie de l'École normale de l'an III et l'un des trois « maîtres » de la chimie dès la création de l'École polytechnique. Son cours devient non obligatoire mais Berthollet anime la Société d'Arcueil où il sait stimuler l'esprit des jeunes chercheurs comme par exemple Arago ou Biot qui la fréquentent.

Bossut (Charles) (Tartaras 1730 - Paris 1814). Formé par les jésuites à Lyon, sans doute recommandé par Camus, l'examineur des candidats à l'École royale du Génie de Mézières, il en devient le professeur de mathématiques en 1752. Il est certes mathématicien, mais c'est un mathématicien du XVIII^e siècle et en tant que tel il s'intéresse à de nombreux problèmes physiques de mécanique et d'hydrodynamique où l'usage du calcul différentiel est prépondérant. Borda et Coulomb, élèves entrés respectivement à Mézières en 1758 et 1760, sont les produits de cet enseignement qui permet au physicien d'allier pratiques expérimentales et outils mathématiques. Même s'il quitte Mézières en 1768, Bossut reste cependant l'examineur des élèves du corps du Génie, et traverse la Révolution et l'Empire en étant l'examineur permanent de l'École polytechnique et l'examineur de sortie des élèves du Génie jusqu'à sa retraite en 1809.

Darbefeuille (Jean-Baptiste Augustin) (Nantes 1756 - 1831). Elève de l'Oratoire, Darbefeuille suit le parcours complet de la formation des chirurgiens, qui, avec les médecins, font partie de ces savants de la Révolution ouverts à tout ce qui peut faire évoluer leurs savoirs comme en témoigne le journal médical intitulé *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts*. Son cours à l'école centrale de Nantes s'inspire de celui de Haüy à l'École normale de l'an III, en faisant constamment référence à l'expérimentation. Son intérêt pour l'enseignement de la physique fait qu'il ouvre un cours privé à Nantes pour pallier l'absence de la physique au lycée impérial, cours qu'il reprendra en 1823 tout en étant devenu à la fois docteur en médecine et licencié es-sciences. Il aura été continuellement partagé entre ces deux passions, persuadé de la complémentarité de la physique avec la médecine, et après tout, c'est toujours une lourde épreuve de biophysique qui sélectionne encore de nos jours les futurs médecins en première année.

Dulong (Pierre Louis) (Rouen 1785 - Paris 1738). Elève de l'école centrale d'Auxerre, il entre à l'École polytechnique en 1801, mais doit abandonner au début de sa deuxième année pour raison de santé et devient médecin tout en continuant de s'intéresser à la chimie pour laquelle il crée chez lui un cours public de chimie expérimentale en 1807. Assistant de Thénard, remarqué par Berthollet, il rejoint la Société d'Arcueil et se rapproche à nouveau de l'École polytechnique où il finit par devenir professeur de physique en 1820. A la fois physicien et chimiste, il apporte à ces deux sciences une contribution majeure à chacune, la découverte du chlorure d'azote en 1811 et la loi des chaleurs spécifiques en 1819 et produit d'autres travaux qui sont encore de première importance, soit en physique, soit en chimie. Dulong pourrait n'être qu'avant tout un chercheur loin des contraintes de l'enseignement, mais les témoignages de ses élèves ont indiqué qu'il préparait soigneusement ses leçons, et que ces cours étaient clairs et précis. Cette précision, on la retrouve par exemple dans ses expériences sur les dilatations et sur le refroidissement, qui faisaient partie d'un enseignement classique de la physique, et qui auraient dû y rester, car elles sont un véritable modèle d'une expérimentation bien menée, de la mesure à son exploitation. Tout comme Coulomb illustre ce que la formation de Mézières pouvait produire, Dulong pourrait assez bien représenter le résultat de l'éducation polytechnique.

Fourcroy (Antoine François) (Paris 1755 - 1809). Fils d'un apothicaire du duc d'Orléans, Fourcroy fait ses études au collège d'Harcourt, un des collèges de l'université de Paris, et devient médecin avec le soutien de Vicq d'Azyr. Remarqué par Bucquet, son professeur de chimie à l'école de médecine, il rencontre Lavoisier. Dès lors, Fourcroy travaille, enseigne, publie, devient académicien et l'un des trois instituteurs de chimie de l'École polytechnique à sa création. Ses qualités de pédagogue, pourtant reconnues du temps où il était professeur au Jardin du Roi, ont peut être agacé ces élèves, comme l'indique le jugement nuancé de Maurice Daumas

Fourcroy, maître de tous ses moyens, plus brillant que jamais, séduit son auditoire par ses dons d'orateur : élégance des termes, justesse et richesse d'expression [...] Et lui, certain de sa puissance, fait la roue avec ostentation; il joue de la prunelle, module ses inflexions, place au bon moment le trait qui détend, qui séduit, s'acharne à sa démonstration jusqu'à ce que le plus stupide des élèves ait compris...

A côté de sa riche œuvre scientifique en chimie, c'est finalement plus pour ses qualités d'organisateur et d'administrateur de l'enseignement, en particulier scientifique, que Fourcroy joue un rôle majeur dans celui-ci. Bonaparte ne s'y trompera pas, en le nommant directeur général de l'instruction publique, sans toutefois en faire le grand maître de l'université, le poste qui eût couronné sa carrière et qu'il convoitait tant...

Gay-Lussac (Louis Joseph) (Saint-Léonard-de-Noblat 1778 - Paris 1850). Bénéficiant de précepteurs, puis élève d'une pension privée, Gay-Lussac réussit l'examen d'entrée à l'École polytechnique en 1797 pour en sortir dans le corps des Ponts et Chaussées. Choisi par Berthollet qui cherchait un élève pour l'assister dans ses travaux, Gay-Lussac entame une carrière académique impressionnante qui le voit répétiteur de chimie en 1804 puis professeur en remplacement de Fourcroy, à la mort de ce dernier, en 1810. Il démissionnera de ce poste en 1840, mais il faut dire qu'il a aussi occupé la chaire de physique à la Sorbonne, celle de chimie générale au Muséum d'Histoire naturelle, tout en étant membre du bureau consultatif des Arts et Manufactures, membre du Comité des Poudres et Salpêtres, professeur à l'École d'application des élèves ingénieurs des manufactures de l'État, et directeur du bureau de garantie à l'Hôtel des Monnaies. Sa carrière scientifique n'est pas moins brillante : l'égalité dilatation des gaz et des vapeurs, la loi sur les rapports des volumes dans les combinaisons entre les gaz qui porte son

nom, mais aussi la découverte du cyanogène sont les points remarquables d'une longue carrière de chimiste de première force. Gay-Lussac est bien de ces maîtres, formés à l'École polytechnique, dont le prestige scientifique, doublé de la qualité de son enseignement, peut créer des vocations scientifiques. Les témoignages que l'on possède de ses cours montrent qu'ils étaient extrêmement clairs mais également très complets et d'un niveau élevé, toujours empreints de l'esprit mathématique.

Guyton de Morveau (Louis Bernard) (Dijon 1737 - Paris 1816). Avec Berthollet et Fourcroy, Guyton de Morveau constitue le trio des instituteurs en chimie de l'École polytechnique présents dès sa création et pourtant il n'a pas eu d'autre formation scientifique initiale que celle qu'il reçut chez les Jésuites car il est avocat. C'est donc un autodidacte en chimie, mais suffisamment qualifié pour qu'on lui confie la rédaction des articles de chimie de l'*Encyclopédie* et pour cosigner, en étant le premier nommé, suivi de Lavoisier, Berthollet puis enfin Fourcroy, la *Méthode de nomenclature chimique*, après s'être rallié à la théorie de Lavoisier sur le phlogistique. Si son cours de chimie minérale, qu'il donna jusqu'en 1812, n'a guère passionné les élèves, l'École polytechnique, dont il fut le directeur de 1798 à 1804, lui doit beaucoup grâce à ses qualités d'administrateur. Étroitement lié avec Prieur de la Côte d'Or, bourguignon comme lui et Monge, il est l'un des fondateurs de l'École, et a su la préserver lors des difficultés politiques qui faillirent la faire disparaître en l'an V.

Hachette (Jean Nicolas Pierre) (Mézières 1769 - Paris 1834). Après des études au collège de Charleville puis à Reims, il finit par remplacer Ferry à l'École du Génie de Mézières pour y enseigner la géométrie descriptive et devient l'adjoint de Monge à l'École normale de l'an III puis à l'École polytechnique. Un pur mathématicien semble-t-il, et pourtant il est l'auteur du *Traité élémentaire des machines* publié en 1811. En effet, après la géométrie descriptive, Hachette s'est intéressé à la mécanique appliquée car il est chargé d'un cours sur les machines, un enseignement dont était chargé initialement Monge dès 1800 mais que ce dernier n'avait pu donner. Hachette prépare donc très consciencieusement ce cours, allant jusqu'à se déplacer dans les manufactures et étudier les encyclopédies et mémoires traitant des machines, tout en se livrant à diverses expérimentations pour pouvoir illustrer son enseignement. Son ouvrage, qui essaie de donner un maximum de renseignements pratiques aux futurs ingénieurs, est le premier d'une discipline dont les concepts théoriques sont encore en cours d'élaboration. La formation des

ingénieurs est une difficile synthèse entre science pure et science appliquée, synthèse qui fait encore débat aujourd'hui.

Hassenfratz (Jean Henri) (Paris 1755 - 1827). Autodidacte, c'est par son entregent qu'Hassenfratz se fait une place dans le monde scientifique en se rapprochant successivement de Lacroix, de Monge, de Sage (ce qui lui vaut d'être élève de l'école des Mines), et de Lavoisier. Très engagé dans la Révolution, nommé professeur de physique de l'École polytechnique dès la création de l'école en 1794, il le restera jusqu'en 1814. On lui reproche le contenu un peu dispersé sans réelle ligne directrice de ses cours et un enseignement sans l'usage du calcul différentiel. Ce sont deux écueils finalement assez classiques dans l'enseignement de la physique auxquels Hassenfratz s'est heurté.

Haüy (René Just) (Saint-Just-en-Chaussée 1743 - Paris 1822). Prêtre, botaniste, c'est par son intérêt pour la minéralogie, à savoir comprendre l'architecture du monde minéral et la structure interne des cristaux, qu' Haüy se rapproche de la physique et de la chimie. Ses talents font de lui le professeur de physique de l'École normale de l'an III, après avoir constitué avec Lavoisier la commission initialement chargé de déterminer l'unité de masse du nouveau système métrique. Écrits sur la commande du gouvernement, les deux tomes de son *Traité de Physique* publiés en 1803 remportèrent un grand succès alors qu'il était en charge de la chaire de minéralogie du Muséum, également professeur à la Faculté des sciences de Paris mais aussi examinateur pour la physique à l'École polytechnique.

Lefèvre-Gineau (Louis) (Athe 1751 - Paris 1829). Initié aux sciences par son oncle, puis formé au collège de l'université de Reims, l'archevêque de cette même ville le recommande au baron de Breteuil dont il devient le précepteur de ses enfants. Ainsi monté à Paris, il suit les cours de Cousin au Collège de France pour en devenir le professeur de la chaire de physique expérimentale jusqu'en 1824. Sur cette longue période d'enseignement, nous n'avons pas pour l'instant de témoignages directs de celle-ci, mais on peut supposer qu'elle était d'un niveau élevé. Lefèvre-Gineau est déjà un remarquable expérimentateur, comme il l'a montré lors de la détermination, avec Fabroni, de l'étalon du kilogramme, ou encore lorsqu'il assiste Haüy pour les expériences présentées à l'École normale de l'an III, et suffisamment bon mathématicien pour fait paraître une nouvelle édition de l'*Analyse des infiniment Petits pour l'intelligence des lignes*

courbes du marquis de l'Hôpital accompagnée de ses notes, ouvrage très bien accueilli par les savants de l'époque. Un de ses futurs collègues au Collège de France, François Ménard de la Groye, titulaire de la chaire de géologie à partir de 1818 et académicien des sciences, lui doit sa formation scientifique, avec Lalande et Vauquelin, une formation suffisante pour en faire un professeur d'histoire naturelle à l'université d'Angers en 1810.

Monge (Gaspard) (Beaune 1746 - Paris 1818). Formé par les Oratoriens du collège de Beaune, Gaspard Monge enseigne tout d'abord la physique chez ces mêmes Oratoriens à Lyon. Remarqué par le commandant en second de l'École royale du Génie de Mézières puis par Bossut qui y enseigne, il devient son assistant pour les cours mathématiques et celui de Nollet pour la physique. Il leur succédera ensuite tout en consacrant ses recherches tout à tour à la géométrie descriptive puis sur des expérimentations en chimie étudiées également par Lavoisier. Monge est un professeur très apprécié de ses élèves comme en témoigne Carnot, élève à Mézières en 1771, qui loue son talent de pédagogue. Monge quitte son poste de professeur à Mézières pour le poste d'examineur des élèves de la marine, mieux rémunéré, et surtout situé à Paris. Il enseignera à nouveau à l'École Normale de l'an III et à l'École polytechnique, mais seulement, pourrait-on dire, sa géométrie descriptive.

Nollet (Jean Antoine) (Pimprez 1700 - Paris 1770). Il était difficile de ne pas citer l'abbé Nollet, même si beaucoup de choses ont été dites sur son rôle dans la mise en place de la physique expérimentale. Elève du collège de Beauvais, remarqué pour sa dextérité manuelle par le comte de Clermont une fois monté à Paris, cet invité des salons travaille avec Du Fay, rencontre Desaguliers, devient le directeur du laboratoire de Réaumur et rencontrera Musschenbroek et s'Gravesande. Le succès de son cours privé de physique expérimentale, l'engouement de la société et de la cour pour celle-ci aurait pu n'être qu'un phénomène de mode, mais Nollet, par sa rigueur expérimentale, et aussi le choix du français pour son enseignement, fait passer ce goût de l'expérience dans les académies, les universités et les écoles d'ingénieurs.

Pelletier (Bertrand) (Bayonne 1761 - Paris 1797). C'est un pharmacien, préparateur de chimie de d'Arcet au Collège de France et membre de l'Académie des Sciences en 1792, qui eut une bien triste fin. Instituteur-adjoint de Guyton de Morveau à l'École polytechnique pour le cours de

chimie de la troisième année, il meurt en 1797 suite aux vapeurs ingérées lors de ses travaux sur le phosphore et le molybdène.

Petit (Alexis Thérèse) (Vesoul 1791 - Paris 1820). Une carrière bien courte également pour ce major de la promotion 1807 de l'École polytechnique, ancien élève de l'école centrale de Besançon, qui remplace Hassenfratz comme professeur de physique en 1814, après avoir été répétiteur d'analyse, de mécanique et aussi de physique. Les témoignages qui nous sont parvenus concernant ses cours indiquent un professeur à la parole facile, à l'intelligence vive, et qui surtout releva immédiatement le niveau de l'enseignement dont il était chargé en y amenant l'esprit mathématique. Petit illustre l'arrivée d'une nouvelle génération préfigurant peut être les futurs enseignants-chercheurs, conciliant le professeur de l'enseignement supérieur et le chercheur qui a laissé son nom avec Dulong à la loi empirique sur la capacité calorifique molaire des éléments solides.

Sigaud de Lafond (Joseph-Aignan) (Bourges 1730 – Bourges 1810). Avec l'abbé Nollet, Sigaud de Lafond est l'autre pilier de la physique expérimentale en France, moins connu d'un public non spécialiste. Formé chez les jésuites à Bourges, il devient ensuite répétiteur de philosophie et de mathématiques au collège Louis-le-Grand à Paris. On pense qu'il a suivi dans cette même ville des cours de physique expérimentale sans qu'il en soit mention quelque part. Il ouvre ensuite son propre cabinet de physique, devient démonstrateur de physique au collège Louis-le-Grand et succède à l'abbé Nollet au collège de Navarre. Il ne cessera de concevoir et construire du matériel tout en publiant une œuvre très dense le rendant connu dans toute l'Europe... mais il ne sera jamais reçu académicien en France, et retournera à Bourges pour finir proviseur du lycée impérial grâce au soutien de Fourcroy. Sa *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* est un modèle de pédagogie.

Thénard (Louis Jacques) (La Louptière 1777 - Paris 1857). Formé au collège de Sens, un ancien collège jésuite confié à des régents de l'université de Paris après leur expulsion en 1762, il a bénéficié de l'appui de Vauquelin tout comme ce dernier a bénéficié de sa collaboration avec Fourcroy pour sa carrière. Il est en effet successivement le laborantin de Vauquelin qui le fait nommer aide-préparateur en chimie en 1798 à l'École polytechnique où il devient ensuite répétiteur jusqu'en 1804, année où il quitte l'école pour succéder à Vauquelin au Collège de

France dont il restera le titulaire de la chaire de chimie jusqu'en 1845. Il cumule une carrière politique et universitaire qui en fait un des acteurs de premier plan de l'évolution scientifique en France, traversant l'Empire et la Restauration. A la fois baron en 1825, député en 1827, mais aussi premier titulaire de la chaire de chimie de la faculté des sciences de Paris en 1809, il revient à l'École polytechnique comme professeur de chimie-pratique en 1810, y succède à Guyton de Morveau comme instituteur de chimie en 1815. C'est aussi un chercheur, découvrant en 1799 le bleu de cobalt, qui sert à colorer la porcelaine, collaborant à l'École polytechnique avec Gay-Lussac à la préparation du potassium, et qui a découvert l'eau oxygénée en 1818. Son célèbre *Traité de chimie*, paru en 1813 est une référence, l'éducation étant aussi un de ses centres d'intérêt en tant que membre du conseil royal de l'instruction publique en 1830, puis chancelier de l'université de France de 1845 à 1852. Il soutient ainsi la création de l'école centrale des arts et manufactures.

Vauquelin (Nicolas Louis) (Saint André d'Hébertot 1763 - 1829). Vauquelin est arrivé à la chimie en tant qu'assistant d'un pharmacien, puis il a rejoint le laboratoire de Fourcroy en 1783 dont il devient le principal collaborateur après avoir été son assistant. Cette collaboration se poursuit à l'École polytechnique où il devient l'instituteur adjoint de Fourcroy pour le cours de chimie de la première année. Son poste est supprimé en 1797 pour des raisons budgétaires, mais il poursuit une belle carrière dans l'enseignement supérieur, passant de l'École des Mines au Collège de France et à la Faculté de médecine où il enseigne la chimie. Ayant fondé une entreprise industrielle en 1804 avec Fourcroy, il correspondrait assez bien à un certain type d'enseignants que l'on trouve dans les écoles d'ingénieurs, qui ne sont pas nécessairement passés par une thèse universitaire pour enseigner dans le supérieur, mais dont l'expérience dans la recherche et développement est appréciée.