Université Paris Nanterre

200 av. de la République
92001 Nanterre Cedex
www.parisnanterre.fr

Membre de l'université Paris Lumières

École doctorale 139 : Connaissance, langage, modélisation

Laboratoire Fonctionnement et Dysfonctionnement Cognitifs

Tifanie Sanfourche - Gaume

Approche neuropsychologique de la cognition temporelle dans le champ du vieillissement normal et pathologique

Thèse présentée et soutenue publiquement le 08/04/2022
en vue de l'obtention du doctorat de Psychologie de l'Université Paris Nanterre
sous la direction de Marie de Montalembert et Laurence Conty
(Université Paris Nanterre)

Jury :

Rapporteur :	Sylvie Droit-Volet	Professeure, Université Clermont Auvergne
Rapporteur :	Mathieu Hainselin	MCF, HDR, Université de Picardie Jules Verne
Membre du jury :	Alexia Baudouin	MCF, Université de Paris
Membre du jury :	Guillaume Vallet	MCF, HDR, Université Clermont Auvergne
Membre du jury :	Marc Verny	Professeur, Médecine Sorbonne Université, GH Pitié Salpêtrière
Membre du jury :	Marie de Montalembert	MCF, Université Paris Nanterre
Membre du jury :	Laurence Conty	Professeure, Université Paris Nanterre

« *Le moment présent est comme la proue d'un navire qui fonce dans l'océan du temps et transforme le futur incertain en un présent devenant sitôt après un passé immuable. Ce passé contient tout ce que je connais de l'histoire. Tout ce que je sais du temps, c'est que je suis dans le temps.* »
Hubert Reeves (2015).

Remerciements

Je tiens à remercier Marie de Montalembert qui m'a encouragée à poursuivre dans le domaine de la recherche suite à mon Master et qui a su me transmettre son enthousiasme. J'aime beaucoup l'aspect agréable et joyeux qui peut régner lorsque nous travaillons ensemble et qui donne envie de se lancer. J'ai souvent en tête une citation qu'elle m'a citée d'Oscar Wilde « Il faut viser la lune, car en cas d'échec on atterrit dans les étoiles ».

Je tiens aussi à remercier Laurence Conty qui m'a apportée une grande aide sur de nombreux aspects liés à la thèse et qui m'a montré qu'on pouvait avancer ensemble en collaborant. Merci pour ta fiabilité incontestable. Sans elle, je ne sais pas si ma thèse aurait pu être finalisée ainsi et dans les temps. Merci beaucoup.

Je remercie également nos collaborateurs, Marc Verny, Bénédicte Dieudonné, Claude Zacharias, Thérèse Atangana, Mercè Llach Forcada pour m'avoir proposé de voir des patients dans leurs services.

Merci beaucoup aux participants pour leur temps donné aux participations de mes trois expériences de thèse. Leurs participations étaient très précieuses.

Je remercie les membres du jury pour leur temps consacré à leur relecture et leur expertise.

Merci aux doctorants que j'ai pu rencontrer sur mon parcours, Rachel, Clément, Emeline, Julien, Elise.

Merci aux personnes que j'ai pu croiser à certains congrès, dont un professeur des universités qui m'a dit : « crois en toi ». Cela m'arrive souvent de repenser à cette phrase.

Merci à Mme Tesnières pour son écoute dans son petit cocon.

Merci à toutes les personnes et mes proches qui ont cru en moi, et continue de croire en moi, qui restent toujours présents à mes côtés, de façon visible ou invisible, et merci à ma maman, et mon frère, pour leur présence, et leur soutien.

Je remercie mes amis, et notamment Luc pour sa compréhension, et son humour dédramatisant, je me souviens d'une phrase « o so le moi » sur le ton de la dérision.

Enfin, merci beaucoup à mon mari, Benjamin, pour son aide dans l'utilisation de raccourcis sur Excel notamment, et à ma fille, Juliette, née au cours de ma thèse. Merci à tous les deux pour tout leur soutien indéfectible, leur accompagnement, leurs sourires, et leurs intérêts, Juliette aura peut-être l'âme d'une chercheuse.

A mon cher papa, et à mes grands-parents,

A ma maman, mon mari, et ma fille, Juliette,

Table des matières

PARTIE 1. CADRE THEORIQUE 19
Chapitre 1. Modèles théoriques de la cognition temporelle 25
1. Modèles cognitifs et neurophysiologiques de la perception temporelle 25
1.1. Les modèles de l'horloge interne 25
1.2. Les méthodes de mesure de la perception temporelle 30
1.3. Modèles neurophysiologiques : modèles des oscillations corticales et substrats cérébraux impliqués 41
1.4. Approche incarnée de la perception temporelle 45
2. Modèles théoriques de la perspective temporelle 46
2.1. Modèles cognitifs de la perspective temporelle 46
2.2. Substrats cérébraux impliqués dans la PT 49
2.3. Approche incarnée de la perspective temporelle 50
3. Synthèse du chapitre portant sur les modèles théoriques de la cognition temporelle 51
Chapitre 2. Cognition temporelle au cours du vieillissement normal et pathologique 53
1. Evolution de la cognition temporelle au cours du vieillissement normal 53
1.1. Vieillissement, approches analytique et globale, mécanismes cérébraux de compensation 53
1.2. La perception temporelle au cours du développement 56
1.3. Vieillissement cognitif et perception temporelle 58
2. L'impact des émotions sur la perception temporelle 62
2.1. Objectivation de la relation émotion/temps 62
2.2. Eclairage de la perspective incarnée sur le lien émotion/temps 66
3. Effets du vieillissement pathologique sur la cognition temporelle 68
3.1. De l'intérêt d'étudier le vieillissement pathologique 68
3.2. Résultats clés de la littérature concernant la cognition temporelle dans la MA 71
3.2.1. Perception temporelle et MA 71
3.2.2. Perspective temporelle et MA 74
3.3. Résultats concernant la cognition temporelle dans la DCL 75
4. Synthèse du chapitre portant sur la cognition temporelle au cours du vieillissement normal et pathologique 77
Chapitre 3. Synthèse des objectifs de la thèse 79
PARTIE 2. CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES 83

Etude 1. Effets de la maladie d'Alzheimer et de la démence à corps de Lewy sur la perception et la perspective temporelles : Etude Perception et REprésentation Temporelles ! (PRET !) 83

Etude 2. Validation française d'une version adaptée d'une échelle de perspective temporelle future, *The Future Time Perspective Scale* (FTPS), auprès d'une population d'adultes d'âge jeune à âgé 113

Etude 3. Effets des émotions sur la cognition temporelle, auprès d'une population d'adultes jeunes et âgés : Etude Time Emotion Aging (TEA) 133

PARTIE 3. DISCUSSION GENERALE 151

1. Synthèse des résultats 151

2. La place des capacités cognitives et du vécu phénoménologique dans la cognition temporelle 154

3. L'effet du vieillissement normal et pathologique 157

4. Perspectives thérapeutiques 159

CONCLUSION GENERALE 163

Références bibliographiques 165

Table des figures

Figure 1. Différentes gammes de durées et exemples d'activités (Buhusi & Meck, 2005)..... 20
Figure 2. Modèles de l'horloge interne. A gauche, le modèle original de Treisman (1963). A droite le modèle de Gibbon, Church & Meck (1984) illustrant la présence d'un comparateur et montrant les relations avec la mémoire de travail et la mémoire de référence..... 27
Figure 3. Modèle de la porte attentionnelle (Block & Zakay, 1996) 29
Figure 4. Régions cérébrales impliquées dans la perception temporelle (représentées dans le cadre de la présente thèse selon les études de Gómez, Marín-Méndez, Molero, Atakan, & Ortuño, 2014 ; Lewis & Miall, 2006 ; Pouthas & Macar, 2005 ; Ustün, Kale, & Ciçek, 2017)..... 43
Figure 5. Modèle TEDIFT (La Corte & Piolino, 2016)..... 48
Figure 6. Régions cérébrales impliquées dans la perspective temporelle, d'après les études de Viard, Chételat, Lebreton, Desgranges, Landeau, de la Sayette, & Piolino, 2011 ; La Corte & Piolino, 2016 . 50
Figure 7. Représentation de la tâche de bissection temporelle en modalité auditive comprenant deux types de tâches (dans la tâche 1 les durées sont comprises entre 450 et 1500 msec et dans la tâche 2 les durées sont comprises entre 2000 et 5500 msec). C= Court ; L= Long..... 91
Figure 8. Graphique illustrant la proportion de réponses longues en fonction des durées courtes pour chaque groupe de participants 98
Figure 9. Graphique illustrant la proportion de réponses longues en fonction des durées longues pour chaque groupe de participants 98
Figure 10. Echelle FTPS en langue anglaise..... 117
Figure 11. Traduction finalisée et validée de l'échelle FTPS en langue française..... 122
Figure 12. Graphique représentant les moyennes des durées estimées (en sec) en fonction des différents types d'extraits musicaux (Consonants, Dissonants, Pocs) chez les jeunes et les âgés. Les barres verticales représentent les erreurs-types. La ligne rouge représente la durée réelle des stimuli. 142
Figure 13. Graphique des corrélations obtenues entre la différence de durées perçues entre extraits musicaux Consonants et Dissonants (en abscisse) et d'une part la différence de densité perçue entre ces stimuli (en ordonnée à gauche) et d'autre part l'âge des participants (en ordonnée à droite). Les lignes pointillées représentent les courbes de tendance. 144
Figure 14. Proposition d'ajouter l'expérience phénoménologique dans le modèle de l'horloge interne de Block et Zakay (1996) 155

Table des tableaux

Tableau 1. Comparaison entre les différentes tâches de perception temporelle illustrant certains avantages et inconvénients des tâches les unes par rapport aux autres au regard des études (la définition de durées courtes ou longues est assez variable entre les études). 37
Tableau 2. Tests neuropsychologiques utilisés lors du bilan neuropsychologique (et médical) pour le recrutement 88
Tableau 3. Notes z globales obtenues concernant les différentes fonctions cognitives pour chaque groupe de participants 95
Tableau 4. Résultats des corrélations obtenues entre les indicateurs de Ratio de Weber et de Pente de la tâche de bissection temporelle (d'une part pour les durées courtes, d'autre part pour les durées longues), et les notes z globales en attention, fonctions exécutives, mémoire à court terme, mémoire de travail et mémoire épisodique. 102
Tableau 5. Résultats des corrélations obtenues entre la différence de durées perçues entre extraits musicaux Consonants et Dissonants et les 7 indicateurs cités précédemment (différences d'intensité, de valence, de densité, de familiarité, notes en attention, en mémoire de travail, et âge)..... 143

Résumé

L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre les effets du vieillissement normal et pathologique sur la cognition temporelle. Nous nous sommes intéressés à la perception de durées courtes (allant des millisecondes aux secondes) et à la perspective temporelle (i.e. la capacité à se projeter dans le passé, le présent et le futur). Dans une première étude, nous avons comparé la cognition temporelle de patients présentant une maladie neurodégénérative (trouble cognitif léger -MCI-, Maladie d'Alzheimer modérée -MA- ou démence à corps de Lewy -DCL-), à des participants jeunes et âgés contrôles. Nos résultats montrent que la perception temporelle des patients DCL est particulièrement perturbée. Sur l'ensemble de nos participants, les capacités attentionnelles et de mémoire de travail semblent de bons prédicteurs des performances en perception temporelle. De plus, quelle que soit le trouble neurodégénératif, les patients se projettent moins dans le présent hédoniste que les âgés contrôles, ce que nous mettons en lien avec le déclin de leurs capacités attentionnelles. Dans une deuxième étude, nous avons validé une échelle de perspective temporelle future (FTPS) en langue française chez des adultes jeunes et âgés, afin de proposer un nouvel outil mesurant l'effet du vieillissement normal sur la projection dans le futur. Nous avons montré que les âgés se projettent davantage dans un futur limité tandis que les jeunes se projettent davantage dans un futur illimité. Dans une troisième étude, nous avons investigué si les modifications des traitements émotionnels qui opèrent au cours du vieillissement prédisent des modifications de l'estimation temporelle de stimuli à caractère émotionnel, et ce, indépendamment du déclin cognitif. Nos résultats préliminaires montrent que les âgés surestiment les durées d'extraits musicaux comparativement aux jeunes adultes, et ce d'autant plus lorsque l'extrait musical est agréable et dense. La densité des extraits semble le meilleur prédicteur du phénomène. Ce résultat souligne l'influence de l'expérience phénoménologique sur la perception temporelle, convergeant ainsi avec l'approche incarnée de la cognition. Nous discutons enfin de l'intérêt et de la possibilité d'évaluer la cognition temporelle dans le cadre d'une approche en neuropsychologie clinique à visée diagnostique et de remédiation chez des patients âgés présentant un trouble neurodégénératif.

Mots-clés : cognition temporelle, perception temporelle, perspective temporelle, vieillissement normal, vieillissement pathologique

Abstract

The aim of this thesis is to better understand the effects of normal and pathological aging on temporal cognition. We are interested in the perception of short durations (from milliseconds to seconds) and temporal perspective (i.e. the ability to project into the past, present and future). In a first study, we compared the temporal cognition of patients with neurodegenerative diseases (Mild Cognitive Impairment -MCI-, Moderate Alzheimer's Disease -MA- or Dementia with Lewy Bodies -DCL-), to young and elderly control participants. Our results show that the temporal perception of MCI patients is particularly disturbed. Among all our participants, attentional and working memory abilities seem to be good predictors of temporal perception performance. Moreover, whatever the neurodegenerative disorder, patients project less into the hedonic present than elderly controls, which we link to the decline in their attentional abilities. In a second study, we validated the Future Time Perspective Scale (FTPS) in young and older adults in French-language, in order to propose a new tool measuring the effect of normal aging on future projection. We showed that older adults project more into a limited future while younger adults project more into an unlimited future. In a third study, we investigated whether changes in emotional processing during aging predict changes in temporal estimation of emotional stimuli, independent of cognitive decline. Our preliminary results show that older adults overestimate the duration of musical excerpts compared to younger adults, and this is more so when the musical excerpt is pleasant and dense. The density of the excerpts seems to be the best predictor of the phenomenon. This result highlights the impact of phenomenological experience on temporal perception, thus converging with the embodied approach to cognition. Finally, we discuss the interest and possibility of assessing temporal cognition in a clinical neuropsychological approach for diagnostic and remediation purposes in elderly patients with neurodegenerative disorders.

Key words: time cognition, time perception, time perspective, aging, neurocognitive disorder

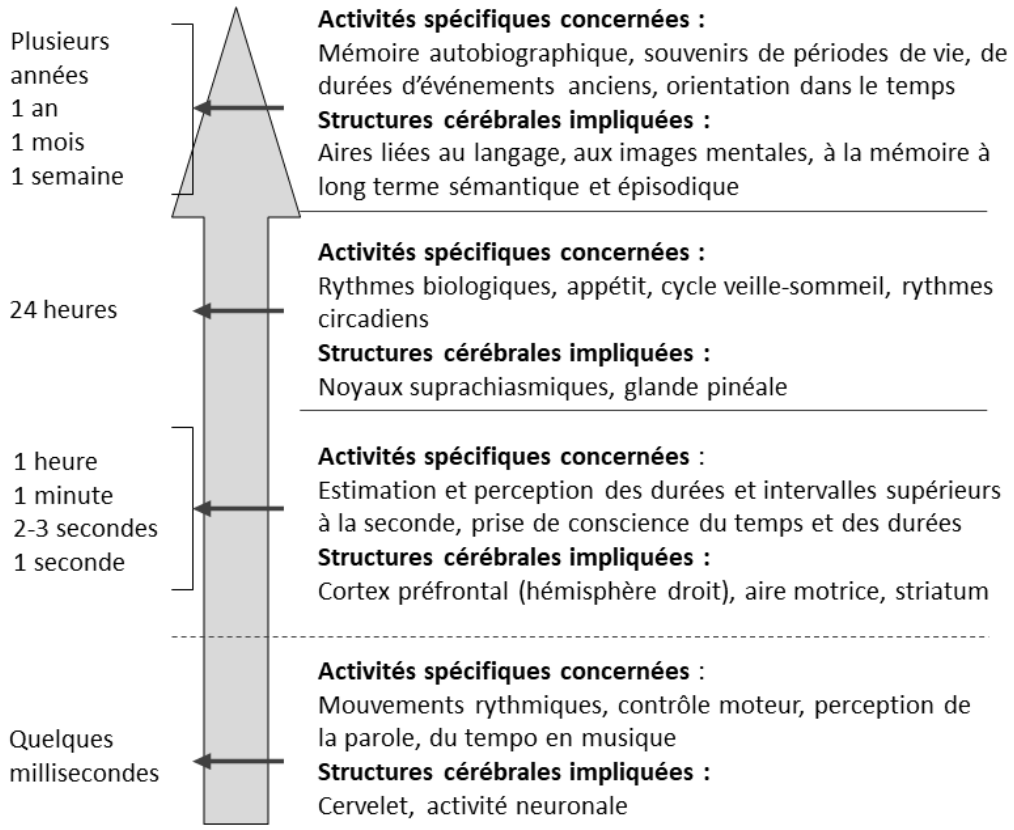
PARTIE 1. CADRE THEORIQUE

« *Le passage du temps est une affaire d'attention ou de regard que la conscience peut porter sur ses vécus particuliers, et sur elle-même comme forme d'un flux par lequel passe les vécus* … » Husserl (1964).

Le temps est un concept complexe, dont la définition se situe au carrefour d'approches philosophiques, psychologiques et neuroscientifiques. Le temps peut être défini comme « une donnée non directement perceptible par un organe sensoriel, mais qui est fondamentale pour la conscience humaine et la structuration des activités » (Lechevalier, Eustache & Viader, 2008). Descartes (1641) a quant à lui défini le temps de la façon suivante : « Quand je pense que je suis maintenant, et que je me ressouviens outre cela d'avoir été autrefois et que je conçois plusieurs diverses pensées dont je connais le nombre, alors j'acquiers en moi les idées de la durée et du nombre, lesquelles peu après je puis transférer à toutes les choses que je voudrai » (Fraisse, 1967). Le temps renvoie ainsi à une expérience interne, liée à la durée, ce qui réfère aussi au temps qui vient de passer, et par extension à la notion de temps passé, présent, et futur (Apostolidis & Fieulaine, 2004). La cognition temporelle, qui fait l'objet d'étude de la présente thèse, peut ainsi être définie comme la façon d'appréhender le temps depuis la perception de durées de quelques millisecondes jusqu'à la manière de se projeter mentalement dans le temps.

La cognition temporelle regroupe donc la perception temporelle (i.e. l'estimation de durées courtes allant de quelques millisecondes aux secondes) et la perspective temporelle (i.e. la projection de soi dans le temps, autrement dit la capacité à voyager mentalement dans le temps (Apostolidis & Fieulaine, 2004 ; La Corte & Piolino, 2016)) (Figure 1). La perspective temporelle (PT) se définit en particulier comme « la totalité des points de vue d'un individu à un moment donné sur son futur psychologique et son passé psychologique » (Lewin, 1951, p. 75). La cognition temporelle de façon générale s'avère être fondamentale pour l'humain, car elle permet une adaptation optimale dans nos activités de la vie quotidienne et contribue au maintien de l'autonomie (d'Argembeau & Van der Linden, 2012). Elle intervient en effet dans de nombreuses situations.

Figure 1. Différentes gammes de durées et exemples d'activités (Buhusi & Meck, 2005)



Nous faisons ainsi appel à la cognition temporelle par exemple lorsque nous nous repérons aux différents moments de la journée, quand nous nous organisons pour arriver à l'heure à un rendez-vous, lorsque nous traversons une rue piétonne, ou bien encore quand nous tenons une conversation avec une autre personne en respectant les temps de parole de chacun. Avoir une cognition temporelle satisfaisante (i.e. fonctionnelle, préservée) s'avère donc être primordial dans la réalisation de nos activités de vie au quotidien. Dans certaines circonstances, elle peut se modifier. Différents facteurs tels que l'avancée en âge et les pathologies neurodégénératives sont susceptibles d'avoir un effet sur la cognition temporelle (e.g., El Haj, Moroni, Samson, Fasotti & Allain, 2013 ; Lamotte & Droit-Volet, 2017 ; Lesimple, Dieudonné, Campillo-Gimenez, Verny & Giannopulu, 2016 ; Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2009). Nous avons en particulier tous expérimenté le fait que plus nous avançons en âge, plus nous avons l'impression que le temps passe vite (et de façon exponentielle avec le vieillissement). Des études concernant l'effet de l'âge sur le temps qui s'écoule ont ainsi montré que les adultes éprouvent la sensation que le temps passe de plus

en plus vite à mesure qu'ils vieillissent, comparé à leur enfance ou leur adolescence (e.g., Block, Zakay & Hancock, 1998 ; Grondin, 2018 ; Wittmann & Lehnhoff, 2005). Outre l'avancée en âge, certaines pathologies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer (MA), ou la démence à corps de Lewy (DCL) pourraient avoir un effet sur la cognition temporelle (Carrasco, Guillem & Redolat, 2000 ; Lesimple et al., 2016) du fait des substrats cérébraux et des fonctions cognitives associées (comme la mémoire, l'attention ou les fonctions exécutives) perturbées dans ces pathologies. En particulier, on ne rencontre pas de troubles moteurs physiques aussi visibles et prégnants dans ces pathologies (MA et DCL) que dans d'autres maladies neurodégénératives comme la maladie de Parkinson (caractérisée par un syndrome extrapyramidal typique, Guichart-Gomez & Hahn, 2016), ce qui rend complexe le diagnostic différentiel entre la MA et la DCL, d'où le choix d'investiguer la cognition temporelle dans ces deux pathologies avec l'hypothèse que la cognition temporelle pourrait être impactée différemment au sein de chacune de ces pathologies.

Actuellement, les études mettent donc en évidence des différences dans la façon de percevoir le temps chez les individus au cours de leur avancée en âge (c'est-à-dire au cours du vieillissement normal, sans trouble neurocognitif), mais aussi chez les individus présentant certaines pathologies neurodégénératives. Elles demeurent cependant encore peu nombreuses et restent à ce jour équivoques quant aux résultats obtenus, mettant en évidence parfois une sous- et parfois une sur-estimation des durées au cours du vieillissement qu'il soit normal ou pathologique (e.g., El Haj et al., 2013 ; Lamotte & Droit-Volet, 2017 ; Lesimple et al., 2016 ; Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2009). Ces différences pourraient être fonction du stade d'évolution de la pathologie concernée. Les résultats montrent en effet que les participants présentant un trouble neurocognitif léger (*Mild Cognitive Impairment*, MCI) ont tendance à sous-estimer les durées (Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2009) tandis que les patients présentant une MA ou une DCL auraient au contraire tendance à les sur-estimer (Carrasco et al., 2000 ; Lesimple et al., 2016). De plus, il existe également une variabilité dans les tâches d'estimation temporelle qui reste à explorer de façon plus approfondie. Cette variabilité serait ainsi plus élevée chez les patients avec une MA ou une DCL que chez les participants sains contrôles (e.g., Caselli, Iaboli & Nichelli, 2009 ; Lesimple et al., 2016).

Les difficultés d'ordre temporelles rencontrées par les participants présentant une pathologie neurodégénérative de type MA ou DCL pourraient être liées aux émotions ressenties par les individus (e.g., Droit-Volet, 2013), ou bien encore à des atteintes de certaines fonctions cognitives, comme l'attention, la mémoire de travail et les fonctions exécutives, mais il n'y a à l'heure actuelle aucun consensus à ce sujet (e.g., Baudouin, Vanneste, Pouthas & Isingrini, 2006 ; Lesimple et al., 2016). De plus, les études évoquées précédemment ne se sont intéressées qu'à la perception de durées courtes (de quelques millisecondes à plusieurs secondes) grâce à différentes tâches expérimentales comme l'estimation, la reproduction, ou la production. Ainsi, à notre connaissance, il n'existe pas d'études centrées sur la perspective temporelle (PT) (allant du temps passé, au présent, au futur) dans le cadre du vieillissement normal et pathologique.

Par ailleurs, à ce jour il n'y a pas de modèle de la perception du temps qui fasse consensus dans la littérature, ni de modèle plus exhaustif de la cognition temporelle dans son ensemble (i.e. la perception des durées et la PT). Il reste de nombreuses questions non résolues auxquelles les modèles existants ne permettent pas de répondre. Si nous percevons les durées grâce à une « horloge interne », existe-t-il une ou plusieurs horloges ? Comment perçoit-on des durées simultanément ? Quels sont les effets de l'âge sur la cognition temporelle ? Quels sont les effets de pathologies neurodégénératives sur celle-ci ? Comment les émotions modulent-elle la cognition temporelle ? Enfin, la cognition temporelle peut-elle servir de critère dans le cadre d'un diagnostic différentiel entre MA et DCL ?

L'objectif général de cette thèse est de mieux comprendre l'impact du vieillissement normal et pathologique sur la cognition temporelle, depuis l'estimation des durées de quelques secondes jusqu'à la capacité à se projeter mentalement dans le temps passé, présent ou futur. Ce travail cherche ainsi à déterminer de quelle manière la cognition temporelle est liée aux autres fonctions cognitives, et aux émotions. Nous nous attacherons ainsi à identifier les différents facteurs qui influencent la cognition temporelle. C'est grâce à une meilleure compréhension des mécanismes en jeu dans la cognition temporelle lors du vieillissement normal que nous souhaitons mieux appréhender les déficits présentés par les patients avec un trouble neurodégénératif. En parallèle, mieux comprendre les modifications de cognition temporelle chez les patients doit permettre de mieux appréhender leurs difficultés cognitives, leurs comportements et réactions face aux événements.

La première étude de la présente thèse a pour but de comparer, grâce à une approche neuropsychologique, la cognition temporelle de participants adultes et âgés exempts de troubles cognitifs à des personnes âgées présentant une maladie d'Alzheimer (du MCI à la MA modérée) ou présentant une Démence à Corps de Lewy d'après la classification actuellement utilisée, le DSM-5 (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-5*, American Psychiatric Association, 2013). Cette étude a pour objectif de mieux comprendre les processus cognitifs impliqués dans l'estimation des durées et de caractériser la perception du temps chez les personnes âgées, avec ou sans trouble neurodégénératif. Du fait de l'altération différenciée des fonctions cognitives au cours du vieillissement pathologique, nous nous attendons à ce que la cognition temporelle soit impactée mais pas de la même manière selon les pathologies neurodégénératives étudiées.

La deuxième étude consiste à proposer une validation française de l'échelle de perspective temporelle future (*Future Time Perspective Scale*, FTPS, Lang & Carstensen, 2002 ; Strough, De Bruin, Parker, Lemaster, Pichayayothin, & Delaney, 2016), selon une méthodologie de validation transculturelle (Vallerand, 1989) afin que cet outil (anglo-saxon à l'origine) puisse être utilisé par les chercheurs et cliniciens français, pour mieux comprendre les effets de l'avancée en âge sur la PT.

Enfin, la troisième étude a pour objectif d'appréhender l'expérience subjective du temps de façon rétrospective en fonction de l'avancée en âge. Cette étude s'inscrit dans une approche incarnée de la cognition temporelle, en prenant en compte les émotions des individus dont il a été montré dans la littérature qu'elles sont susceptibles d'avoir une influence sur la cognition temporelle, tout particulièrement au cours de l'avancée en âge (Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). L'approche d'une cognition temporelle incarnée permettrait de mieux comprendre les relations qu'entretiennent la cognition temporelle et les émotions, via des aspects internes corporels intéroceptifs dans le cadre de l'avancée en âge.

Les trois études proposées dans le cadre de cette thèse doivent permettre de mieux comprendre les effets du vieillissement normal et pathologique sur la cognition temporelle, grâce à une approche neuropsychologique.

Chapitre 1. Modèles théoriques de la cognition temporelle

On peut concevoir la cognition temporelle à différents niveaux de « l'échelle du temps » (Buhusi & Meck, 2005). Les rythmes circadiens par exemple font référence aux cycles jour-nuit de 24 heures, et par conséquent aux rythmes veille-sommeil, d'un point de vue biologique. Il existe des intervalles de temps de l'ordre de quelques millisecondes qui concernent des activités rythmiques en lien avec la prosodie, le tempo d'une musique, … Il existe également des intervalles de temps qui se rapportent aux durées comprises entre quelques secondes et quelques heures et sont le substrat d'activités psychologiques liées à la prise de conscience du temps qui passe ; enfin, il existe des intervalles de temps qui font référence à des gammes de durées plus longues de quelques jours à plusieurs mois ou années et sont liées à la mémoire autobiographique des individus, aux souvenirs de certaines périodes de vie, … et renvoient plus spécifiquement à la capacité du sujet à se projeter mentalement dans le temps. Ces différentes gammes de durées interviennent dans les comportements individuels de la vie quotidienne, à savoir les prises de décisions, les estimations temporelles, le fait de tenir une conversation avec une autre personne, d'écouter ou de jouer de la musique, ou bien encore le contrôle de ses mouvements lors d'activités diverses (comme le sport, la conduite automobile). Il existe ainsi plusieurs modèles théoriques en psychologie qui se sont développés et qui cherchent à mieux comprendre comment les individus perçoivent les durées, allant des millisecondes aux secondes, et d'autres modèles s'attachant à mieux comprendre comment l'individu se projette dans le temps, à une échelle plus grande (du passé au futur). A l'heure actuelle, à notre connaissance, il n'existe pas de consensus sur l'existence d'un modèle de la cognition temporelle qui regrouperait ces différentes gammes de durées.

1. Modèles cognitifs et neurophysiologiques de la perception temporelle

1.1. Les modèles de l'horloge interne

Au fil des années, plusieurs modèles ont cherché à expliquer comment les individus perçoivent les durées. Il existe un nombre important d'études à ce sujet, tout particulièrement depuis le début des années 2000, avec 163 publications d'articles en 2000, un pic à 459 publications en 2011, et 302 publications en 2020, référencées sur PubMed.gov

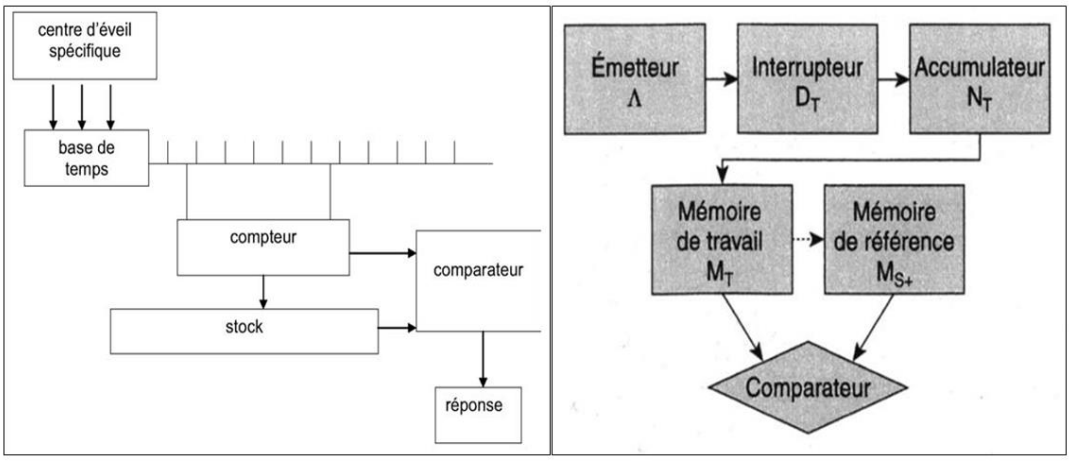
(recherche par mot clé : « time perception » ; « time perspective »). Parmi les modèles développés, le plus célèbre est sans aucun doute celui de l'horloge interne. Il permettrait en effet d'expliquer une grande partie des résultats obtenus dans la littérature sur le sujet (Buhusi & Meck, 2005).

En s'appuyant sur un cadre psychophysique[1], Treisman (1963) développe le premier modèle de l'horloge interne (Figure 2), un mécanisme interne permettant au système de produire une estimation de la durée. D'après ce modèle, le système cognitif est pourvu d'un « pacemaker » ou émetteur dont l'activité dépend du niveau d'éveil de l'individu. Le « pacemaker » émet des impulsions formant une base de temps, appelée aussi unité temporelle. Les impulsions sont envoyées ensuite à un compteur qui met en jeu d'autres mécanismes cognitifs : les mécanismes mnésiques de stockage et les mécanismes décisionnels de comparaison. En comparant les impulsions du compteur aux impulsions préalablement stockées dans le système au cours de l'expérience, l'individu donne une évaluation d'une durée de temps écoulée. Ainsi, une bonne perception temporelle dépend de fonctions mnésiques et exécutives intègres (Wearden, 2005).

Le modèle de Treisman (1963) a été repris ensuite par Gibbon, Church et Meck (1984) qui l'ont complété (Figure 2). Dans leur modèle, le « pacemaker » transmet ses impulsions à l'accumulateur en passant par l'interrupteur qui n'était pas présent dans le modèle précédent (Treisman, 1963, Treisman, Faulkner, Naish, & Brogan, 1990). L'interrupteur laisse passer une certaine quantité d'impulsions vers l'accumulateur, selon le degré d'attention portée au temps. L'interrupteur serait donc influencé par l'attention (Droit-Volet & Wearden, 2003). Les impulsions sortant de l'accumulateur sont traitées en mémoire de travail. Ensuite, une comparaison est réalisée avec les impulsions stockées en mémoire de référence, qui se réfère à la mémoire à long terme (Droit-Volet & Wearden, 2003). Grâce au comparateur, l'individu peut estimer le temps.

[1] La psychophysique désigne « les relations entre les modifications de l'environnement et leurs correspondants psychologiques » (Bagot, 1999).

Figure 2. Modèles de l'horloge interne. A gauche, le modèle original de Treisman (1963). A droite le modèle de Gibbon, Church & Meck (1984) illustrant la présence d'un comparateur et montrant les relations avec la mémoire de travail et la mémoire de référence



Selon la théorie du temps scalaire de Gibbon, Church, et Meck (1984), qui s'appuie notamment sur la présence d'une horloge interne (cf. les modèles ci-dessus), il existe trois étapes de traitement de l'information temporelle. Nous allons décrire ces trois étapes pour ensuite évoquer les deux principales propriétés qui en émanent. La première étape correspond à l'horloge interne qui est supposée suivre une loi de Poisson. Selon la loi de Poisson[2] des impulsions sont produites par le pacemaker de façon aléatoire et à un taux constant. Le deuxième niveau se rapporte au stockage c'est-à-dire au nombre d'impulsions produites par l'horloge à un certain moment. L'individu stockerait ces impulsions en mémoire à court terme, parfois en mémoire à long terme si les durées sont importantes ; la mémoire à long terme est dans ce cas qualifiée de mémoire de référence. Le troisième niveau se réfère à la comparaison, et à la décision de l'individu pour juger de la durée perçue. Selon cette théorie, les jugements temporels sont variables et la variance est *scalaire* (d'où le nom de la théorie). Cela signifie que l'écart-type des jugements de durées est une fraction constante, ou autrement dit, que le coefficient de variation (écart-type sur la durée moyenne observée dans un échantillon) reste constant alors même que la durée à juger varie, et ce, quelle que soit sa gamme (Allman, Teki, Griffiths, & Meck, 2014). Le temps

[2] La loi de Poisson est une distribution de probabilité discrète, qui exprime la probabilité qu'un nombre k d'événements se produisent dans un temps ou un espace fixe si ces événements se produisent avec un taux moyen connu. Ces évènements sont indépendants du temps ou de l'espace depuis le dernier événement.

scalaire est conforme à la loi de Weber[3], il implique une sensibilité constante malgré les différentes variations de durées.

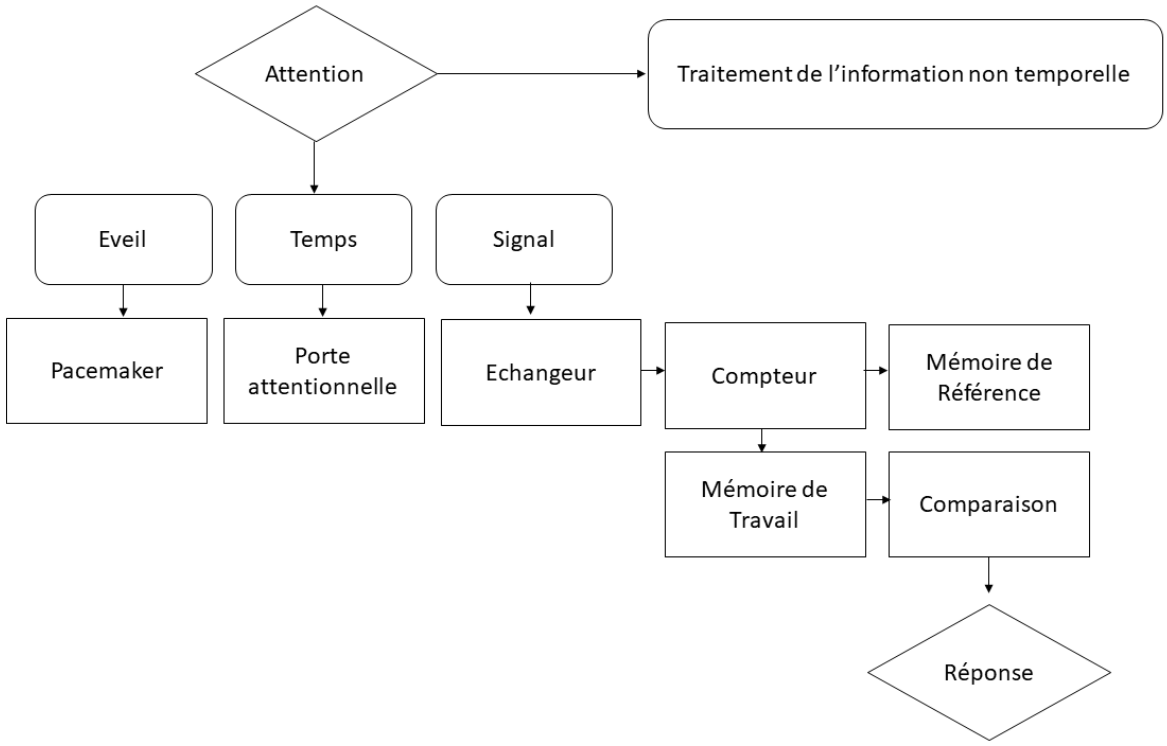
La théorie du temps scalaire permet de rendre compte de deux propriétés spécifiques du temps, appelées propriétés du temps scalaire qui sont caractéristiques de l'horloge interne. La première propriété fait référence au fait que lorsqu'on demande à un participant d'estimer une durée, cette dernière (durée subjective) est relativement proche de la durée objective. La deuxième propriété rend compte de la variabilité qui augmente en fonction de la durée à estimer. Autrement dit, elle rend compte du fait que plus les durées à estimer sont longues, plus l'estimation faite par le participant est variable. La fraction de Weber correspond à ce seuil différentiel : la plus petite quantité nécessaire entre deux variables pour les distinguer augmente avec la longueur des durées. Conformément à la loi de Weber, la valeur de ce seuil différentiel augmente proportionnellement avec la valeur temporelle (Droit-Volet & Wearden, 2003). Mathématiquement, cela s'apparente au coefficient de variation évoqué précédemment (écart-type sur la durée moyenne observée dans un échantillon) qui reste constant lorsque la durée à juger varie, quelle que soit la gamme à laquelle est appartient (Allman, Teki, Griffiths, & Meck, 2014). La fraction de Weber ne tient pas tout à fait dans sa forme généralisée pour expliquer au mieux la perception des durées. Une forme de « violation » ou de biais par rapport à la loi de Weber apparaît, ce qui pourrait être fonction de différents aspects que nous reprendrons au fur et à mesure par la suite (telles que les durées cibles, la situation de simple ou double tâche, etc., …).

Dans la continuité du modèle de Gibbon, Church, et Meck (1984), Block et Zakay (1996) ont développé un modèle alternatif qui confère à l'attention un rôle important : le modèle de la porte attentionnelle (Figure 3). D'après ce modèle, les impulsions émises par le pacemaker sont influencées par l'état d'excitation (d'éveil) de l'individu. Quand un individu dirige son attention sur le temps, une porte attentionnelle s'ouvre (Droit-Volet & Wearden, 2003). Les impulsions sont alors envoyées vers l'interrupteur qui transmet les impulsions au compteur cognitif qui les accumule. Les impulsions passent ensuite en mémoire de travail permettant une comparaison cognitive en regard des impulsions stockées en mémoire de référence.

[3] La loi de Weber, également appelée loi de Weber-Fechner, est une loi psychologique quantifiant la perception du changement d'une stimulation. La loi stipule que le changement d'une stimulation qui sera juste perceptible est un rapport constant du stimulus original (tant que la simulation n'est pas extrême).

Lorsque le nombre d'impulsions en mémoire de travail correspond au nombre d'impulsions en mémoire de référence, l'individu estime la durée appropriée lors de sa réponse. Quand moins d'impulsions sont accumulées en mémoire de travail par rapport au nombre d'impulsions en référence, la durée subjective perçue est alors plus courte que la durée objective. Nous remarquons ici que l'attention portée ou non sur le temps va ensuite avoir un certain effet sur la manière de juger les durées. Lorsque l'attention est dirigée vers une tâche non temporelle, moins d'impulsions sont accumulées que lorsque l'attention est dirigée vers une tâche temporelle, la durée perçue par l'individu (dite subjective) est alors plus courte que la durée réelle (objective). Ce modèle reprend les éléments de la théorie du temps scalaire présentée précédemment.

Figure 3. Modèle de la porte attentionnelle (Block & Zakay, 1996)



En résumé, l'horloge interne serait le mécanisme permettant de percevoir les durées de façon subjective en rapport avec les durées réelles. Les différents modèles de l'horloge interne ont évolué, intégrant progressivement les fonctions cognitives telles que la mémoire de travail, la mémoire à long terme (dit aussi mémoire de référence) et l'attention. Le modèle de Block et Zakay (1996) semble à cet égard le plus complet. Dans le cadre de cette thèse, nous nous situons dans une approche cognitive, puisque nous cherchons à mieux

comprendre les effets du vieillissement normal et pathologique sur la perception temporelle, par l'intermédiaire des modifications des fonctions cognitives apparaissant avec les maladies neurodégénératives comparées au vieillissement normal. Nous nous situons ainsi dans le cadre des modèles de l'horloge interne, en l'occurrence celui de Block et Zakay (1996). Il existe d'autres modèles qui ne sont pas uniquement basés sur un mécanisme central d'horloge interne, tel que le modèle neurophysiologique des oscillations corticales (Matell & Meck, 2004), dont nous parlerons par la suite, mais de façon plus succincte.

De nombreuses recherches s'appuient sur les modèles de l'horloge interne, chez les enfants et les adultes jeunes. Plus rares sont les études menées chez les adultes âgés et les personnes souffrant de maladies neurodégénératives. Même si les résultats des études empiriques menées chez l'enfant et l'adulte jeune apparaissent relativement bien expliqués par ces modèles, il reste difficile d'articuler les résultats obtenus au travers des différentes études. Cela est particulièrement le cas pour les études menées chez l'adulte âgé et chez ceux présentant une maladie neurodégénérative. Lamotte et Droit-Volet (2017) indiquent toutefois que les durées utilisées sont susceptibles d'avoir une influence sur les résultats (e.g. on n'observe pas les mêmes types d'effets sur des durées inférieures à 1 sec et des durées supérieures à 30 sec.). De plus, Block, Zakay, et Hancock (1998) ont été les premiers à mettre en évidence que la méthode utilisée pour mesurer la perception temporelle peut également avoir un impact important sur les résultats et les conclusions.

1.2. Les méthodes de mesure de la perception temporelle

On retrouve dans la littérature sur la perception du temps différents types de tâches pour mesurer la manière dont les individus estiment les durées. Celles-ci n'impliquent pas de la même manière les fonctions cognitives des individus. On peut classer ces tâches en quatre grandes méthodes expérimentales destinées à mesurer la perception temporelle (Bindra & Waksberg, 1956 ; Wallace & Rabin, 1960 ; Zakay, 1993 ; Zakay, 2005) :

- **la production de durées** : le participant doit produire la durée que lui indique l'expérimentateur. Il s'agit généralement d'unités temporelles de l'ordre de la seconde, entre 5 et 14 secs typiquement (pour ne pas dépasser les limites en mémoire à court terme). Par exemple, Baudouin, Vanneste, Isingrini, et Pouthas (2006) utilisent dans leur étude une tâche de production chez des participants âgés sains. Un carré bleu apparait

sur un écran d'ordinateur et le participant doit appuyer sur une touche lorsqu'il estime que la stimulation a duré autant de temps que la durée cible indiquée par l'expérimentateur. La tâche est généralement effectuée en modalité visuelle mais elle peut être aussi effectuée en modalité auditive.

- **la reproduction de durées :** le participant doit reproduire la durée écoulée suite à la présentation d'une durée cible. Il s'agit là encore d'unités temporelles de l'ordre de la seconde (en deçà de la minute). Par exemple, Vanneste, Perbal et Pouthas (1999) utilisent dans leur étude une tâche de reproduction de durées chez des adultes jeunes et âgés sains. La tâche consiste à appuyer sur une touche du clavier de l'ordinateur autant de temps que la durée cible qui a été préalablement entendue (grâce à un signal sonore émis tout au long de la durée cible par le haut-parleur). Dans cet exemple, la tâche est ici exécutée en modalité auditive mais peut également être exécutée en modalité visuelle.

- **l'estimation verbale de durées** : le participant doit fournir une estimation verbale des durées cibles qui lui sont présentées. Dans ce type de tâche, les expérimentateurs manipulent généralement des unités de temps en secondes, voire en minutes. Par exemple, El Haj, Moroni, Samson, Fasotti, et Alain (2013) utilisent une tâche de type estimation verbale chez des adultes âgés contrôles et des patients présentant une MA. Il s'agit d'estimer verbalement les durées cibles (30, 60, 90, et 120 secs) qui apparaissent en modalités visuelle et auditive.

- **la comparaison de durées :** le participant doit indiquer si un intervalle de temps qui lui est présenté est plus court ou plus long que le précédent. Les durées utilisées sont plus courtes que dans les tâches précédentes, comprises entre quelques centaines de millisecondes et quelques secondes. Parmi les méthodes de comparaison, il existe la tâche de généralisation de durées (qui consiste à évaluer la similarité entre des durées comparées à une référence) et la tâche de bissection temporelle (qui consiste à catégoriser des durées comme étant courtes ou longues, par rapport à des durées de référence). Par exemple, Wearden, Wearden, et Rabbitt (1997) utilisent chez les adultes âgés une tâche de généralisation qui consiste à dire si la durée présentée est identique ou non à l'une des durées cibles, en indiquant leur réponse grâce aux touches du clavier de l'ordinateur (Y pour oui et N pour non). Cette tâche peut entraîner une illusion

temporelle[4], au cours de laquelle la deuxième durée est perçue comme étant plus courte que la première, dans les situations où ce n'est pas le cas, surtout lorsque la différence entre les deux durées est petite (environ 100 msec, Grondin, 2010). Lamotte et Droit-Volet (2017) utilisent quant à eux une tâche de bissection temporelle dans laquelle les adultes jeunes et âgés doivent appuyer sur S pour indiquer une durée courte et L pour indiquer une durée longue. Ces deux tâches peuvent être faites en modalité visuelle ou auditive.

Les tâches de perception temporelle sont ainsi diversifiées. Elles peuvent aussi être exécutées dans différentes conditions : en simple ou double tâche, de façon explicite ou implicite, en situation prospective ou rétrospective. Nous détaillons ci-dessous ces différentes modalités auxquelles nous ferons régulièrement référence tout au long du manuscrit.

- **Situation de simple ou double tâche** : Vanneste, Perbal, et Pouthas (1999) utilisent par exemple une tâche de reproduction de durées en double tâche (les participants doivent lire des chiffres qui s'affichent pendant l'apparition d'un rectangle bleu dont le sujet devra reproduire la durée). Vanneste et al. (1999) comparent cette situation de double tâche à une situation de simple tâche pour étudier l'influence de l'attention au moment de l'encodage des durées cibles dans le cadre du vieillissement. Leurs résultats montrent que la réduction de l'attention accordée à la tâche temporelle (du fait de la double tâche) induit une sous-estimation des durées et une variabilité plus importante que dans la situation de simple tâche chez les adultes âgés (comparés aux jeunes). L'objectif de la double tâche consiste donc à mettre le participant en situation d'attention partagée afin de rendre compte du rôle de l'attention dans les tâches de perception temporelle.

- Dans d'autres études, les auteurs peuvent présenter les tâches temporelles de façon **prospective (le participant est au courant qu'il devra effectuer un jugement temporel) ou rétrospective (le participant n'est pas au courant de la finalité de la tâche réalisée)** pour rechercher si les deux types de situations relèvent des mêmes processus ou non.

[4] Illusion temporelle de type « effet Tau » : Les individus ont des difficultés à percevoir l'intervalle temporel le plus court lorsqu'il apparaît spatialement. Cela peut apparaître en modalité visuelle, auditive ou bien tactile (Grondin, 2010).

Par exemple, El Haj et al. (2013) utilisent une tâche d'estimation verbale en situation prospective et rétrospective chez des participants âgés sains et chez des patients avec une MA. Dans la situation prospective, les participants lisent des chiffres et sont informés en amont qu'ils devront donner une estimation verbale du temps mis pour leur lecture. Dans la situation rétrospective, ils ne sont pas informés qu'ils auront à estimer des durées jusqu'à ce que le moment soit venu de les estimer verbalement. Il s'agit ici de durées de quelques secondes à quelques minutes. El Haj et al. (2013) suggèrent que la situation rétrospective serait plus liée à la capacité de voyage mental dans le temps que la situation prospective.

La diversité des tâches et des consignes utilisées pour évaluer la perception temporelle explique la difficulté à obtenir des résultats cohérents, au sein d'une même population.

Ces tâches et consignes solliciteraient différemment les modules au sein des modèles de l'horloge interne. Les sources d'erreurs de jugement temporel ne se limiteraient donc pas au mécanisme de type émetteur-compteur, mais dépendraient des processus mnésiques impliqués, de l'attention, et des processus décisionnels (Grondin, 2018). Les erreurs d'estimation seraient (du moins en partie) dues aux imperfections de la mémoire, et aux difficultés de prise de décision lorsque les individus ont à juger de la durée (notamment en la comparant aux durées stockées en mémoire de référence).

Les durées à estimer auraient aussi une influence puisque à partir de 1,3 sec la fraction de Weber ne serait plus constante mais augmenterait ; cette augmentation reflèterait une certaine forme de limite du système de traitement de l'information temporelle, lorsque les durées sont supérieures ou égales à 1,3 sec. Cette limite fait référence à l'empan temporel mnésique (Grondin, 2010 ; Grondin, Laflamme, & Mioni, 2015).

Au-delà de cette durée, plusieurs études montrent que les individus utilisent une stratégie de comptage pour les aider à réaliser la tâche demandée (e.g. Grondin, Ouellet, & Roussel, 2004), ce qui est susceptible d'avoir un effet sur l'estimation temporelle, d'autant plus lorsque les fonctions cognitives comme la mémoire, ou bien encore l'attention se fragilisent, comme cela est le cas dans vieillissement normal et plus encore dans le cas des maladies neurodégénératives.

Dans certaines études, les auteurs peuvent ainsi indiquer explicitement (verbalement et/ou par écrit) aux participants de ne pas compter avant de réaliser la tâche. Par exemple, Lamotte et Droit-Volet (2017) ont demandé aux participants (adultes jeunes et âgés sains) de ne pas compter pendant une tâche de bissection temporelle, afin de limiter ces biais.

La stratégie de comptage est classique et peut donc entraîner des biais dans les résultats, c'est-à-dire plus d'imprécisions, plus de variabilités, et conduire ainsi à une forme de violation de la fraction de Weber. En effet, selon la propriété scalaire du temps, la variabilité des estimations (l'écart-type) augmente en fonction de la durée à estimer, le coefficient de variation (écart-type divisé par la moyenne) reste constant pour les différentes durées, de façon concordante avec la loi de Weber. Quand les participants comptent, l'écart-type est constant et le coefficient de variation diminue en fonction de l'augmentation des durées à estimer. Le comptage diminue la variance de la durée estimée en subdivisant le temps en des intervalles d'environ 1 sec, le participant comptant mentalement de 1 en 1 (Rattat & Droit-Volet, 2012).

Il existe plusieurs moyens pour éviter le comptage, tels que la consigne explicite de dire de ne pas compter, la suppression articulatoire en verbalisant de façon répétée une séquence de type « blablabla », ou la réalisation d'une tâche interférente en répétant à voix haute par exemple une succession de chiffres présentés à l'écran (Rattat & Droit-Volet, 2012). Ces dernières ont étudié l'effet de ces trois moyens dans des tâches de reproduction, de généralisation, et de bissection. Leurs résultats montrent que la situation d'interférence entraîne le plus de variabilité dans les jugements de durées que les deux autres moyens dans les tâches de reproduction et de généralisation, car elle entraîne une charge attentionnelle et en mémoire de travail importante. Nous remarquons que dans la situation d'interférence, il n'est pas observé de distorsion temporelle dans la tâche de bissection, car elle demande moins de ressources cognitives attentionnelles et de mémoire de travail que les autres tâches.

La suppression articulatoire produit aussi plus de variabilité que la consigne explicite de ne pas compter dans les tâches de reproduction, de généralisation, et de bissection, car elle perturbe le jugement des durées, en introduisant du bruit, du fait aussi de la charge attentionnelle et en mémoire de travail. Ainsi, empêcher explicitement de compter s'est

avéré être le moyen le plus simple d'éviter que les participants ne mettent en place cette stratégie dans les trois types de tâches. Les auteurs indiquent que l'effet de ce type de consigne serait à vérifier avec différents types de durées et que certains participants peuvent néanmoins ne pas respecter la consigne explicite.

Les quatre grandes méthodes décrites plus haut permettent de mesurer la perception de durées allant de quelques millisecondes aux secondes. Elles présentent des avantages mais aussi des inconvénients, lorsque nous les comparons les unes par rapport aux autres et tout particulièrement dans le cadre du vieillissement (qui implique une certaine fatigabilité motrice notamment) et de ses pathologies (telles que les maladies neurodégénératives qui impactent les fonctions cognitives). (Tableau 1). En effet, la reproduction de durées implique une composante motrice, une fatigabilité et une distractibilité chez les individus, ce qui est important à prendre en compte notamment chez les patients souffrant de troubles neurocognitifs (El Haj, Omigie & Moroni, 2014). Ce type de tâche est fortement influencé par les capacités cognitives et surtout la capacité en mémoire de travail (Anderson, Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2014 ; Baudouin, Vanneste, Isingrini & Pouthas, 2006 ; Craik & Hay, 1999). La production de durées implique également une importante composante motrice et serait particulièrement influencée par le tempo moteur spontané de l'individu (Baudouin et al., 2006). Cela est dû à la tâche en elle-même, dans laquelle l'individu doit appuyer sur la touche d'un clavier d'ordinateur en général autant de temps que la durée cible (l'individu peut pianoter avec le doigt ou la main en fonction de son tempo moteur spontané). La tâche d'estimation verbale est fréquemment utilisée de façon rétrospective (les participants ne sont pas prévenus à l'avance qu'ils devront estimer verbalement les durées perçues), ainsi elle sollicite particulièrement les processus mnésiques des individus, puisque cela nécessite de se souvenir des durées vues ou entendues. Cette tâche est aussi souvent utilisée dans les études qui cherchent à mesurer l'influence des états émotionnels qui apparaissent comme étant des prédicteurs des différences individuelles du temps perçu (e.g. Droit-Volet, Trahanias & Maniadakis, 2017). Enfin, notons que la tâche de bissection a récemment été jugée la plus avantageuse (ou celle qui présente le moins d'inconvénient), tout particulièrement dans le champ du vieillissement. Ce serait notamment la tâche qui mobilise le moins de capacités cognitives (autres que temporelle) que les précédentes ; elle mobilise aussi très peu la motricité lors de sa

réalisation, et sa compréhension serait plus aisée de la part des participants (Lamotte & Droit-Volet, 2017). A ces égards, la tâche de bissection temporelle réduit le stress des individus, et leur fatigabilité, ce qui constitue un avantage important, surtout lorsque l'objectif est d'expérimenter chez des patients âgés atteints de maladies neurodégénératives. La tâche de bissection temporelle, en modalité auditive, permettrait une sensibilité temporelle plus efficiente qu'en modalité visuelle chez les personnes âgées (Lustig & Meck, 2001 cités par Lamotte & Droit-Volet, 2017). La bissection temporelle auditive permet ainsi de mesurer la précision des participants à discriminer les durées et la variabilité de leur jugement (en termes de sous ou de sur-estimations).

Tableau 1. Comparaison entre les différentes tâches de perception temporelle illustrant certains avantages et inconvénients des tâches les unes par rapport aux autres au regard des études (la définition de durées courtes ou longues est assez variable entre les études).

En fonction des types de tâches, ce que l'on constate :			
		Avantages	Inconvénients
Estimation verbale	Modalité auditive/visuelle		
	Durées courtes (350 à 1650 ms, Droit-Volet & Wearden, 2016) /durées plus longues (3 à 33 s et 2, 4, 6, 8 min, Droit-Volet, Trahanias & Maniadakis, 2017)	Pour les durées courtes (<30s) Expérience 1 (2.8 et 5.2 s, 6.8 et 9.2 s, 14.8 et 17.2 s, 30.8 et 33.2 s) -Pas de focus sur la conscience du temps qui passe -Dissociation entre le temps qui passe et le jugement de durées -Contrairement aux durées longues (Droit-Volet, Trahanias & Maniadakis, 2017) expérience en modalité auditive	Pour les durées longues (en min) Expérience 2 (2, 4, 6, 8 min) -Processus mnésiques -Etats affectifs et focus attentionnel : prédicteurs significatifs des différences individuelles du temps qui passe (Droit-Volet, Trahanias & Maniadakis, 2017) Expérience en modalité auditive
	Paradigme prospectif/rétrospectif		
	Quels que soient les modalités/durées /paradigmes		
Reproduction de durées	Modalité auditive/visuelle		
	Durées courtes/longues		
	Paradigme prospectif/rétrospectif		
	Quels que soient les modalités/durées /paradigmes	-Processus attentionnels (El Haj, Omigie & Moroni, 2014) Tâche visuelle -Encodage de la durée pour un stockage à court terme -La variabilité des durées reproduites pourrait attester de déficits d'encodage et de mémoire de travail	-Composante motrice, fatigabilité, distractibilité, déficits inhibiteurs, spécifiquement pour les durées les plus longues (El Haj, Omigie & Moroni, 2014) Tâche visuelle -La procédure de reproduction serait moins influencée par l'horloge interne et plus fortement influencée par les fonctions cognitives (Ulbrich, Churan, Fink, & Wittmann, 2007), spécialement la mémoire de travail (Baudouin, Vanneste,

		(Vanneste, Perbal, & Pouthas, 1999)	Isingrini, & Pouthas, 2006 ; Craik & Hay, 1999) Cités par Anderson, Rueda et Schmitter-Edgecombe (2014)
Production de durées	Modalité auditive/visuelle		
	Durées courtes/longues	Pour les durées courtes (<30s) Expérience 1 (3, 5 et 7 s) -Pas de focus sur la conscience du temps qui passe -Dissociation entre le temps qui passe et le jugement de durées -Contrairement aux durées longues (Droit-Volet, Trahanias & Maniadakis, 2017) expérience en modalité auditive	
	Paradigme prospectif/rétrospectif		
	Quels que soient les modalités/durées /paradigmes		Composante motrice -Production serait corrélée uniquement au tempo moteur spontané -Reproduction serait corrélée uniquement à la mémoire de travail -Rythme de l'horloge interne influencerait la production de durées et la mémoire de travail influencerait la reproduction de durées (Baudouin, Vanneste, Isingrini, & Pouthas, 2006)
Comparaison (estimer la durée d'intervalles et indiquer si le deuxième intervalle est plus court ou long que le premier) En choix forcé le plus souvent	Modalité auditive/visuelle		
	Durées courtes/longues		
	Paradigme prospectif/rétrospectif		
	Quels que soient les modalités/durées /paradigmes	Méthode reminder (intervalle standard en premier, suivi de l'intervalle de comparaison) /roving (intervalle standard et de comparaison varient d'essai en essai) : Discrimination des durées meilleure avec la méthode reminder que roving	Erreur d'ordre temporel (Fechner), Eisler & Hellström (2008), cités par Grondin (2010) Time-shrinking illusion : le deuxième intervalle est perçu comme plus court que le premier, cela est observé quand le premier intervalle est <250 ms et que la différence entre le deuxième et le premier est comprise entre 0 et 100 ms (Grondin, 2010)

Variante de la comparaison Méthode du stimulus simple Bissection de durées (catégoriser les durées longues vs courtes)	Modalité auditive/visuelle		Déclin attentionnel plus élevé en modalité visuelle qu'auditive (Lustig & Meck, 2001 ; Staub et al., 2013, cités par Lamotte et al., 2017)
	Durées courtes (0.5-1 s, 1.25-2.5 s)/longues (4-8 s, 15-30 s)		-Hypothèse initiale : Pas d'effet d'âge pour les durées courtes comparé aux autres tâches -Résultats différents Différences âgés et jeunes plus élevées pour les durées courtes que les longues (hypothèses explicatives : stratégies de compensation du déclin attentionnel ?, comptage utilisé ?) -Serait à vérifier selon la complexité (Lamotte & Droit-Volet, 2017) tâche visuelle
	Paradigme prospectif/rétrospectif		
	Quels que soient les modalités/durées /paradigmes	-Demande moins de capacités cognitives que les autres tâches -Appuyer sur les touches S ou L : Réduction des effets sur les performances : stress (manque de familiarité), troubles moteurs (ralentissement lié à l'âge) (Lamotte & Droit-Volet, 2017)	Biais de comptage (Grondin et al., 2014, cités par Lamotte et al., 2017) Time-shrinking illusion : le deuxième intervalle est perçu comme plus court que le premier, cela est observé quand le premier intervalle est <250 ms et que la différence entre le deuxième et le premier est comprise entre 0 et 100 ms (Grondin, 2010)
Variante de la comparaison Méthode du stimulus simple Généralisation temporelle (juger de la similarité entre des durées comparées à une durée référence)	Modalité auditive/visuelle		
	Durées courtes/longues		
	Paradigme prospectif/rétrospectif		
	Quels que soient les modalités/durées /paradigmes		Time-shrinking illusion : le deuxième intervalle est perçu comme plus court que le premier, cela est observé quand le premier intervalle est <250 ms et que la différence entre le deuxième et le premier est comprise entre 0 et 100 ms (Grondin, 2010)

Quel que soit le type de tâche, ce que l'on constate :			
		Avantages	Inconvénients
Modalité	Visuelle		
	Auditive	Plus sensible aux inter-stimuli courts que le système visuel (Block & Gruber, 2014)	Pour un ISI de 3-5 s, les notes ne sont pas reconnues (Block & Gruber, 2014)
Paradigme	Prospectif	-Attention impliquée -Pas de modération des jugements de durées selon la modalité -Modèle de la porte attentionnelle (Block & Gruber, 2014)	-Mémoire peut intervenir aussi -Affecté par le degré de complexité de la tâche (Block & Gruber, 2014)
	Rétrospectif	-Mémoire impliquée -Pas de bais selon les différentes modalités -Modèle de changements contextuels (Block & Gruber, 2014)	-Attention peut intervenir également -Affecté par le degré de complexité de la tâche -Jugements de durées longues montrent un effet d'ordre positif : la première des deux durées égales paraît plus longue que la deuxième (plus de changements contextuels, humeur, environnement au début de l'expérience qu'au cours) (Block & Gruber, 2014)
Durée	Courte	-En-dessous de 3-5 s, traitements perceptuels et cognitifs (Block & Gruber, 2014)	Effet des modalités pour les durées courtes et non pour les durées longues (Block & Gruber, 2014)
	Longue	-A 3-5 s, flow temporel (flow d'événements perceptuels) : transition passé-présent-futur (changements présents) -Exploration des processus mnésiques : cela fait appel au temps qui passe (Block & Gruber, 2014)	-Différences perceptuelles et mémorielles petites et non significatives -Pour un ISI de 7 s, le flow temporel est complètement perdu Quand ISI augmente, les participants rapportent que l'événement n'a pas eu lieu (Block & Gruber, 2014)
Quels que soient la modalité, le paradigme et la durée			-Affects influencent la perception temporelle (Vasile, 2014) -Valence négative durées plus longues que la valence positive (condition éveil élevé), inverse observé (condition éveil faible) (Angrilli et al., 1997 ; Droit-Volet et al., 2009, cités par Grondin, 2010)

Après avoir décrit les modèles cognitifs de la perception temporelle et les méthodes utilisées pour la mesurer, nous allons aborder la question des substrats neuronaux. Les études en neuro-imagerie qui abordent cette question ne reposent pas nécessairement sur les modèles de l'horloge interne mais tentent généralement de faire un lien avec ces modèles (de façon plus ou moins explicite) pour tâcher de rendre compte de la manière dont un individu perçoit les durées.

1.3. Modèles neurophysiologiques : modèles des oscillations corticales et substrats cérébraux impliqués

1.3.1. Modèle des oscillations corticales

D'après le modèle appelé Striatal Beat-Frequency (SBF, Matell & Meck, 2000 ; Meck & N'Diaye, 2004), lorsqu'un stimulus arrive au système, il aboutit à la synchronisation de l'activité neuronale corticale, qui se manifeste par des activités oscillatoires de diverses fréquences selon les régions cérébrales. Des neurones du striatum apprennent à détecter ces activités synchrones grâce à des mécanismes de potentialisation/dépression à long terme (i.e. une augmentation de la transmission synaptique entre neurones). Une synchronisation de l'activité de ces neurones a lieu à la fin de la durée apprise. Les signaux de sortie du striatum sont ensuite intégrés au niveau des autres ganglions de la base comprenant le globus pallidus, le noyau sous-thalamique, le noyau entopedonculaire, la substance noire réticulée. Un relai s'effectue par la suite au niveau du thalamus pour que l'organisme se prépare alors à donner une réponse sur la durée perçue. Dans ce modèle, plusieurs neurotransmetteurs (la dopamine, le glutamate, l'acide gamma amino-butyrique appelé GABA) jouent un rôle clé. Nous ne rentrerons pas dans les détails des actions spécifiques de chacun de ces neurotransmetteurs, mais notons que le striatum est particulièrement sujet aux influences dopaminergiques et que la dopamine permettrait à la fois de déclencher le processus d'estimation temporelle et de faciliter l'apprentissage des signaux corticaux pertinents permettant cette estimation.

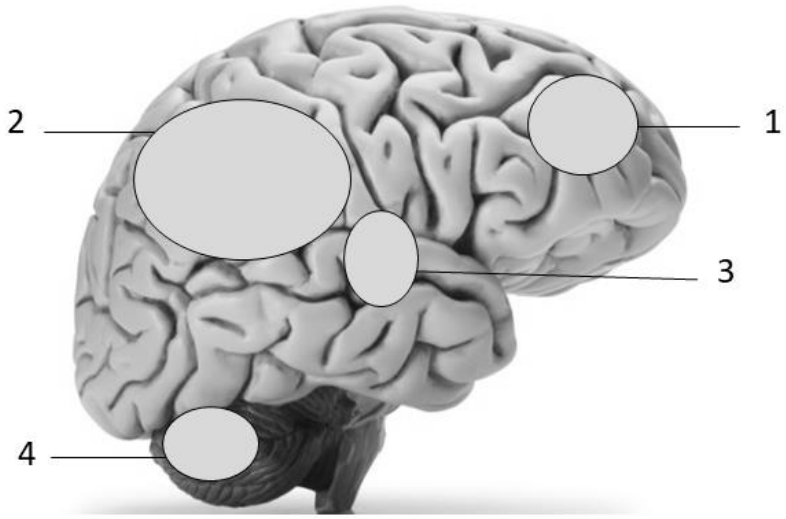
Si nous essayons de faire une correspondance entre les modèles de l'horloge interne et le modèle SBF, l'horloge interne dépendrait de l'intégration des oscillations corticales du striatum, mais la position et le rôle précis de l'ensemble des mécanismes des modèles cognitifs de l'horloge interne ne sont pas spécifiés et la correspondance précise entre ces

deux types de modèles reste peu claire à notre connaissance. Un élément important qui ressort toutefois du modèle SBF et des structures impliquées concerne le fait que la mémoire de travail et la perception des durées seraient dépendantes d'un même mécanisme neurophysiologique, c'est-à-dire des connexions fronto-striatales entre les structures corticales et les ganglions de la base. Ce modèle montre des similitudes entre les structures de la perception des durées et les structures impliquées dans la mémoire de travail puisque selon Franck, Loughry, et O'Reilly (2001) : « le cortex frontal utilise un mode de décharge pour l'encodage et le maintien de l'information au cours du temps en mémoire de travail, tandis que les ganglions de la base ne déchargent qu'à des instants précis pour déclencher la mise à jour en mémoire de travail au sein du cortex frontal ». Ainsi, ce modèle souligne l'importance d'étudier les relations qu'entretienne la mémoire de travail et la perception temporelle.

1.3.2. Autres substrats cérébraux impliqués dans la perception temporelle et correspondance avec les modèles de l'horloge interne

Pour compléter les éléments ressortant du modèle SBF, d'autres études en neuro-imagerie montrent que les tâches de perception temporelles sollicitent un réseau cérébral étendu. Ces régions semblent correspondre à certains mécanismes présentés dans les modèles de l'horloge interne. Ainsi, même si les modèles de l'horloge interne peuvent paraître un peu abstraits, ou métaphoriques, ils semblent tout de même correspondre à une certaine réalité neuronale. En effet, plus spécifiquement, au sein de ce réseau, l'aire motrice supplémentaire et le striatum interviendraient dans le processus d'accumulation des impulsions ou unités de temps, et par conséquent lors de l'encodage des durées. Le cortex préfrontal ventrolatéral interviendrait lors du maintien de l'information récupérée en mémoire de référence. Quant au cortex préfrontal dorsolatéral et pariétal, ceux-ci seraient impliqués lors de la comparaison d'une durée avec une durée de référence (Gómez, Marín-Méndez, Molero, Atakan, & Ortuño, 2014 ; Lewis & Miall, 2006 ; Pouthas & Macar, 2005 ; Ustün, Kale, & Ciçek, 2017) (Figure 4).

Figure 4. Régions cérébrales impliquées dans la perception temporelle (représentées dans le cadre de la présente thèse selon les études de Gómez, Marín-Méndez, Molero, Atakan, & Ortuño, 2014 ; Lewis & Miall, 2006 ; Pouthas & Macar, 2005 ; Ustün, Kale, & Çiçek, 2017)



1. Cortex préfrontal dorsolatéral droit ; 2. Lobe pariétal droit ; 3. Thalamus et putamen; 4. Cervelet

Dans la continuité de ces études en neuro-imagerie, des travaux plus récents mettent en évidence deux systèmes neuronaux distincts, impliqués dans des gammes de durées différentes (Nani, Manuello, Liloia, Duca, Costa, & Cauda, 2019). Dans leur méta-analyse, ces auteurs montrent que les structures sous-corticales et corticales seraient toutes deux impliquées dans des tâches temporelles concernant des durées inférieures et supérieures à 1 sec. Cependant les aires sous-corticales sont plus impliquées dans le cas des durées inférieures à 1 sec que les aires corticales qui sont quant à elles davantage activées dans le cas des durées supérieures à 1 sec. Différents processus seraient donc en œuvre lors de la perception de ces différentes gammes de durées : des processus automatiques seraient impliqués dans le cas des durées inférieures à 1 sec tandis que d'autres fonctions cognitives seraient impliquées dans le cas des durées supérieures à 1 sec (Buhusi & Meck, 2005). On notera, comme évoqué précédemment, que l'aire motrice supplémentaire tout comme le striatum et le putamen sont impliqués de façon équivalente quelle que soit la gamme de

durées (i.e. durée inférieure ou supérieure à 1 sec), ce qui corrobore leur rôle central d'accumulateur dans la perception temporelle.

Au sein de ces études en neuro-imagerie, les auteurs remarquent qu'une grande partie des régions cérébrales impliquées dans les tâches temporelles le sont aussi dans des tâches impliquant l'attention, la mémoire de travail, et les fonctions exécutives. Il existe donc un certain recouvrement des régions cérébrales activées, à la fois lors d'une tâche d'estimation du temps et lors de tâches requérant l'attention, la mémoire de travail ou les fonctions exécutives (et ce d'autant plus que la longueur des durées à estimer augmente ; Radua, Ojeda del Pozo, Gómez Guillen-Grima, & Ortuño, 2014).

Ainsi, nous venons de recenser un certain nombre de régions cérébrales qui sont notamment impliquées lors de la perception des durées (le cortex préfrontal dorsolatéral droit, le lobe pariétal droit, le thalamus, le putamen, le cervelet) au regard des études en neuro-imagerie. Les ganglions de la base (striatum, globus pallidus, noyau sous-thalamique) apparaissent aussi impliqués dans la perception des durées au regard du modèle SBF. Des similitudes semblent présentes d'un point de vue neurophysiologique entre la mémoire de travail et la perception temporelle au regard du modèle SBF. Les capacités en mémoire de travail, en attention et dans les fonctions exécutives auraient une influence sur la perception des durées (Radua et al., 2014). Une certaine correspondance entre les modèles de l'horloge interne et les substrats cérébraux impliqués existe donc, comme évoqué précédemment (Gómez, Marín-Méndez, Molero, Atakan, & Ortuño, 2014 ; Lewis & Miall, 2006 ; Nani et al., 2019 ; Pouthas & Macar, 2005 ; Ustün, Kale, & Ciçek, 2017), évoquant ainsi une certaine réalité neuronale concernant les mécanismes de l'horloge interne.

Outre certaines fonctions cognitives évoquées précédemment, les émotions sont également susceptibles d'avoir une influence sur la manière de percevoir les durées (e.g. Droit-Volet, 2001 ; Droit-Volet, Fayolle, Lamotte, & Gil, 2013). Nous reviendrons ultérieurement sur les études portant sur les relations entre les fonctions cognitives, les émotions, et la perception temporelle. Néanmoins, nous remarquons que les émotions ne sont pas prises en compte spécifiquement dans les modèles de l'horloge interne, ni dans le modèle des oscillations corticales. Une approche, en plein essor depuis quelques années, pourrait être pertinente pour étudier l'effet des émotions dans la perception temporelle, à savoir l'approche

incarnée. Même si les émotions peuvent être étudiées dans d'autres types d'approches que celle-ci, il nous apparaît pertinent d'étudier les émotions et la perception temporelle sous cet angle. En effet, l'approche incarnée accorde une place centrale à la conscience intéroceptive dans la cognition humaine (i.e. la conscience des états corporels internes ; Versace, Brouillet, et Vallet, 2018). Or, la conscience intéroceptive lors de la perception temporelle a été théorisée comme étant à la base de la compréhension de ce qu'est la durée chez les individus (Craig, 2009).

1.4. Approche incarnée de la perception temporelle

A notre connaissance, il n'existe pas à ce jour de modèle théorique décrivant les processus de perception du temps selon une approche incarnée. Cependant, de manière plus générale, les études en psychologie cognitive et en neuropsychologie adoptant une perspective incarnée sont en plein essor depuis quelques années. Quelques travaux montrent notamment que la perception du temps chez les individus dépend des événements qui se sont produits au cours de la période concernée, suggérant ainsi que la durée ressentie est relative à la qualité phénoménologique des évènements. L'approche incarnée propose alors que la sensation du temps qui passe repose sur un mécanisme qualifié de « simulation » (Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). Le fait d'estimer la durée d'un événement dépendrait du comptage réalisé par notre horloge interne au regard des théories psychophysiques (Gibbon, Church, & Meck, 1984) mais aussi de la simulation (i.e. de la recréation) d'expériences sensori-motrices associées à l'évènement (Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). Lorsque les individus estiment la durée d'un évènement passé (i.e. de façon rétrospective), ils estiment plutôt la durée de ce dont ils se souviennent de l'évènement. Ainsi, quand le contenu phénoménologique de l'évènement dont on se souvient est riche (e.g. important en nombre de détails), la durée apparaîtra longue (et inversement). Si plusieurs preuves empiriques montrent ainsi que les expériences sensori-motrices vécues exercent une influence sur la sensation du temps qui est passé (e.g. Droit-Volet, Fayolle, Lamotte & Gil, 2013), certains auteurs vont jusqu'à avancer que le temps existe grâce à cette expérience vécue (Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). Selon cette approche, le temps serait une propriété émergeante du fonctionnement cérébral (Buhusi & Meck, 2005), et plus précisément des expériences sensori-motrices, et donc, des états physiologiques et

émotionnels (Droit-Volet, 2011). La perception des durées émergerait donc d'une expérience subjective concrète émotionnelle et intéroceptive (i.e. relative aux sensations corporelles internes). En accord avec cette perspective, des études ont montré qu'une focalisation sur son propre état émotionnel pouvait produire une distorsion du temps (Niedenthal, Winkielman, Mondillon, & Vermeulen, 2009 ; Pollatos, Laubrock, & Wittmann, 2014).

Les modèles décrits jusqu'à présent se sont focalisés sur la perception de durées courtes (de l'ordre des millisecondes aux secondes). Or, comme nous l'avons évoqué en introduction, la cognition temporelle s'inscrit également dans une perspective beaucoup plus large dans laquelle l'individu est capable de se projeter dans un temps plus long et plus éloigné, en référence à son passé, son présent et son futur. C'est ce que les auteurs nomment la perspective temporelle.

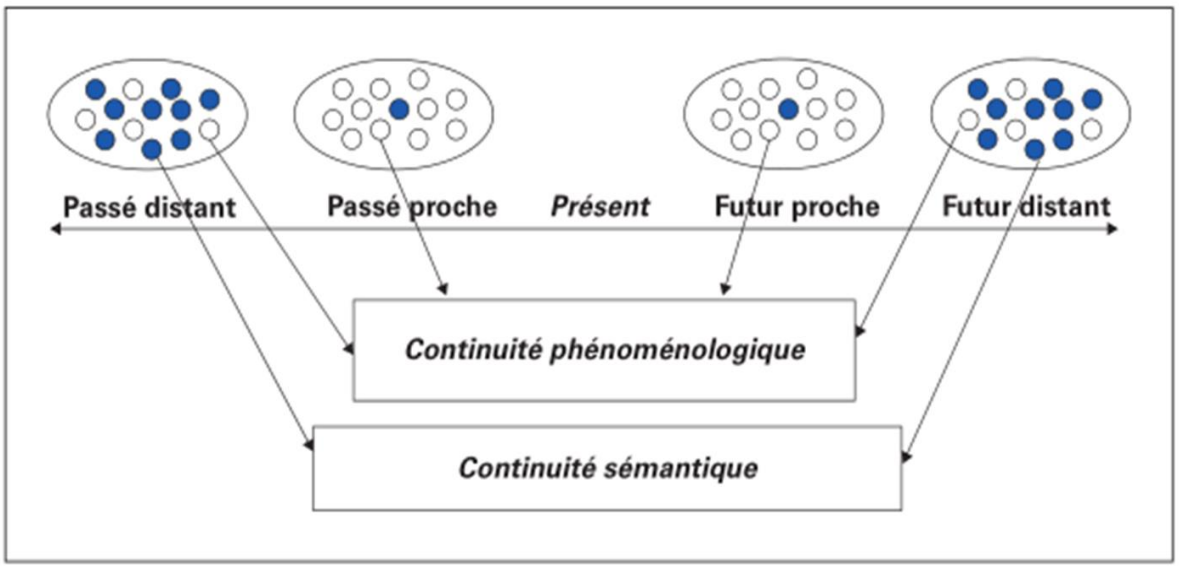
2. Modèles théoriques de la perspective temporelle

2.1. Modèles cognitifs de la perspective temporelle

La perspective temporelle (PT) renvoie au concept de voyage mental dans le temps qui se définit comme la capacité à se rappeler des évènements personnels relatifs à son passé et à imaginer des évènements personnels relatifs à son futur (Apostolidis & Fieulaine, 2004 ; d'Argembeau & Van der Linden, 2012). Cette capacité de prospection épisodique ou autrement dit à voyager mentalement dans le temps aide à prévoir, à anticiper les conséquences et à formuler des objectifs (Buckner & Carroll, 2007 ; Coste, Navarro, Abram, Duval, Picard, & Piolino, 2012 ; Suddendorf & Corballis, 1997). Selon ces auteurs, le passé possèderait un certain intérêt s'il est bénéfique pour les objectifs souhaités dans le temps présent et pour anticiper le futur. La capacité à voyager mentalement dans le temps serait donc une capacité sociocognitive favorisant la résolution des objectifs de la vie quotidienne et les buts à plus long terme (Klein, Robertson, & Delton, 2010 ; Miles, Nind, & Macrae, 2010). Elle contribuerait également à apprendre de ces précédentes expériences afin de guider un comportement plus efficace, et serait ainsi une composante d'un fonctionnement psychologique efficace (Kahneman & Miller, 1986 ; Schacter, Addis, & Buckner, 2007). La notion de PT, est donc intrinsèquement liée à la notion de mémoire.

Dans le modèle de Conway (2009) de la mémoire autobiographique, l'auteur postule l'existence d'une fenêtre temporelle (autrement dit une distance temporelle qui s'étendrait sur quelques jours) située autour du temps présent. Selon l'auteur, celle-ci contribuerait à se souvenir du passé, se centrer sur ses buts actuels, et anticiper le futur. La mémoire épisodique autobiographique interviendrait dans cette fenêtre temporelle relativement courte. Au-delà des quelques jours, les souvenirs et les projections vers le futur seraient liés non plus à la mémoire épisodique autobiographique mais à la mémoire sémantique personnelle. Ainsi, les fonctions cognitives telles que la mémoire épisodique et la mémoire sémantique apparaissent comme des fonctions impliquées dans la projection de soi dans le temps. Dans la continuité de ces éléments théoriques, La Corte et Piolino (2016) ont proposé un nouveau modèle, appelé le modèle de la distance temporelle dans la pensée future (TEmporal DIstance In Future Thinking, TEDIFT). Dans le modèle TEDIFT, deux mécanismes seraient essentiels au voyage mental dans le temps. Lorsque le passé et le futur sont proches (quelques jours), la continuité dite phénoménologique (se référant au vécu détaillé) permettrait de récupérer les évènements passés, présents, et de prévoir les évènements futurs. Quand le passé et le futur sont plus éloignés (au-delà de quelques jours), la continuité dite sémantique (se rapportant au vécu plus global) serait davantage impliquée (Figure 5). La Corte et Piolino (2016) précisent que la mémoire épisodique est liée au souvenir du passé ainsi qu'aux pensées dirigées vers le futur. La mémoire épisodique et les pensées vers le futur font émerger la conscience de soi (La Corte & Piolino, 2016).

Figure 5. Modèle TEDIFT (La Corte & Piolino, 2016)



Les cercles pleins sont utilisés pour illustrer les représentations sémantiques personnelles et les cercles vides pour les éléments épisodiques autobiographiques. Les représentations sémantiques personnelles sont de plus en plus importantes en fonction de la distance temporelle parcourue dans le voyage mental dans le temps, dans le passé, mais aussi le futur (La Corte & Piolino, 2016).

Etant donné que ce modèle postule un rôle central des mémoires épisodique et sémantique dans la PT, les auteurs mentionnent que la Maladie d'Alzheimer (MA) et la Démence Sémantique (DS) sont deux maladies neurodégénératives qui seraient particulièrement pertinentes à tester pour mettre à l'épreuve les prédictions de ce modèle. En effet, la MA se définit par un trouble de la mémoire épisodique au premier plan, qui se caractérise au niveau cérébral par une atrophie hippocampique (Dubois, Feldman, Jacova, Dekosky, Barberger-Gateau, Cummings, et al., 2007). La DS quant à elle est caractérisée au niveau cognitif par une atteinte de la mémoire sémantique (avec une relative préservation de la mémoire épisodique), et au niveau cérébral par une atrophie au niveau du gyrus temporal inférieur (Irish, Addis, Hodges, & Piguet, 2012). La Corte et Piolino (2016) font ainsi l'hypothèse que les patients avec une MA seraient déficitaires en termes de prospection épisodique lorsque le futur est proche, plutôt que lointain ; les patients avec une DS quant à eux seraient déficitaires quand le futur est plus éloigné. Pour compléter ces hypothèses,

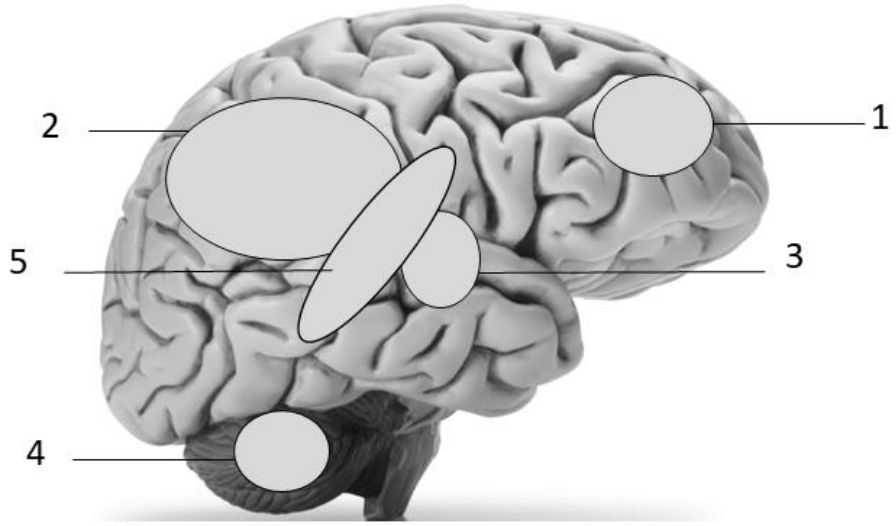
nous pourrions aussi avancer que les patients avec une MA seraient déficitaires aussi dans leur prospection épisodique lorsque le passé est proche tandis que les patients avec une DS le seraient quand le passé est plus lointain. Les études à l'heure actuelle se sont penchées sur une distance temporelle de l'ordre d'un an, ainsi d'autres travaux sembleraient utiles pour tester ce modèle et notamment pour étudier les processus cognitifs impliqués en fonction de la distance temporelle.

En outre, El Haj, Antoine, et Kapogiannis (2015) montrent que les fonctions exécutives seraient aussi impliquées lors de la prospection épisodique, en particulier chez les patients avec une MA. Lorsque ces derniers un trouble de la flexibilité mentale, les résultats montrent que la production d'événements dans le passé et le futur est fortement similaire. Les auteurs interprètent ce résultat par le fait que lorsque les patients ont une faible flexibilité ils vont avoir tendance à moins recombiner les informations en de nouvelles configurations pour le futur. Il pourrait être pertinent d'étudier également les relations entre fonctions exécutives et prospection épisodique dans le cadre d'autres pathologies, où un trouble des fonctions exécutives est au premier plan. Ainsi, cela pourrait être fait auprès de patients avec une démence à corps de Lewy (DCL) (e.g. Mc Keith et al., 2005). La comparaison des relations entre fonctions exécutives et prospection épisodique au sein de ces différentes pathologies contribuerait ainsi à mieux spécifier l'implication des fonctions cognitives dans la perspective temporelle passée, présente, et future.

2.2. Substrats cérébraux impliqués dans la PT

De façon cohérente avec les modèles cognitifs, les études en neuro-imagerie révèlent que les régions traditionnellement associées aux processus mnésiques sont également activées lors des tâches de perspective temporelle. On trouve ainsi l'hippocampe dont le rôle dans la mémoire épisodique et autobiographique est largement documenté (e.g. Dubois et al., 2007), ainsi que le gyrus temporal inférieur qui a un rôle dans la mémoire sémantique (e.g. Irish et al., 2012). Les tâches de PT impliquent également la flexibilité mentale ce qui se reflète par une activation du cortex préfrontal au cours de tâches de voyage mental (e.g. La Corte & Piolino, 2016, Viard, Chételat, Lebreton, Desgranges, Landeau, de la Sayette, & Piolino, 2011). Les différentes régions cérébrales activées lors d'une tâche de perspective temporelle sont ainsi illustrées ci-dessous (Figure 6).

Figure 6. Régions cérébrales impliquées dans la perspective temporelle, d'après les études de Viard, Chételat, Lebreton, Desgranges, Landeau, de la Sayette, & Piolino, 2011 ; La Corte & Piolino, 2016



1. Cortex préfrontal dorsolatéral droit ; 2. Lobe pariétal droit ; 3. Thalamus et putamen; 4. Cervelet ; 5. Cortex cingulaire

2.3. Approche incarnée de la perspective temporelle

Outre les fonctions cognitives évoquées précédemment, la PT est supposée solliciter également les émotions (e.g. Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). Tout comme dans le cas de la perception des durées, aucun modèle de PT n'intègre toutefois les émotions en plus des autres fonctions cognitives (telles que celles citées précédemment). Si l'on se situe dans une approche incarnée, il est tout à fait plausible d'imaginer que comme toute activité cognitive, la perspective temporelle est elle aussi issue d'une expérience sensori-motrice et intéroceptive, en intégrant à la fois les relations avec les différentes fonctions citées et en prenant en compte de façon intégrée les émotions, l'expérience cognitive n'étant pas dissociée de l'expérience émotionnelle.

Comme évoqué précédemment, les individus s'appuient sur les expériences du passé afin de favoriser un comportement adapté dans le temps présent et une anticipation du temps futur. L'anticipation du futur se référant également au présent, ces différents temps semblent alors interconnectés (Versace et al., 2018). Les évènements de notre vécu seraient ainsi liés par des « continuités, c'est-à-dire un contenu, ou une activité, ou bien un objectif commun,

commencé dans le temps passé et se poursuivant au-delà du temps présent ». Selon une approche incarnée, il serait alors possible de recréer (autrement d'imaginer et de ressentir) par des expériences sensori-motrices et émotionnelles des évènements passés de cette « continuité » temporelle et d'anticiper les évènements futurs de celle-ci. A l'heure actuelle, il n'existe pas de modèle qui porte sur la PT selon une approche incarnée, mais cette approche semble nous suggérer que les émotions auraient une influence notamment sur la PT.

3. Synthèse du chapitre portant sur les modèles théoriques de la cognition temporelle

Comme nous venons de l'évoquer, il existe différents modèles cognitifs, neurophysiologiques, ou au travers de l'approche incarnée, permettant de rendre compte de la façon dont les individus perçoivent les durées et comment ils se projettent dans le temps.

Les modèles cognitifs de l'horloge interne sont majoritaires et postulent l'existence symbolique d'une horloge interne qui recueille les impulsions temporelles afin de les évaluer en termes de durées écoulées. Ces modèles proposent que l'attention et la mémoire de travail exercent une influence sur la perception des durées courtes, mais il n'y a pas de consensus à ce jour sur leur rôle exact au sein de ces modèles. De plus, ces modèles ne prennent pas en compte d'autres facteurs, comme les émotions, dont plusieurs travaux ont mis en évidence l'influence sur la perception des durées. Enfin, ces modèles n'intègrent pas une vision d'ensemble de la cognition temporelle et ne peuvent être appliqués à la notion de perspective temporelle (PT). Les modèles neurophysiologiques quant à eux mettent en évidence l'existence d'un ensemble de substrats cérébraux interagissant en réseaux. L'activation de ces réseaux cérébraux lors de tâches de perception temporelle reflète en partie seulement les modèles cognitifs d'horloge interne. Ils s'activent parallèlement à d'autres réseaux plus spécifiques en lien avec la mémoire de travail ou l'attention. Enfin, l'approche incarnée propose que la cognition temporelle au sens global émerge d'une expérience sensori-motrice et émotionnelle, propre à chaque individu.

Au travers des expériences menées au sein de cette thèse, nous chercherons à prendre en compte ce qui ressort des modèles cognitivistes et de l'approche incarnée afin de proposer un modèle intégratif de la cognition temporelle, depuis l'estimation des durées courtes jusqu'à la capacité qu'ont les individus à se projeter dans le temps. Ainsi, le modèle que nous souhaiterions proposer serait un modèle dont l'approche est neuropsychologique intégrant à la cognition temporelle, les autres fonctions cognitives telles que l'attention, la mémoire de travail, les fonctions exécutives (en référence aux modèles cognitivistes) et tentant également de délimiter le rôle central des émotions. Pour ce qui est de l'approche incarnée, nous tenterons en effet d'étayer l'hypothèse que les émotions ont un rôle central dans la cognition temporelle, nous ne testerons toutefois pas un modèle incarné de la cognition temporelle.

Afin de mieux comprendre l'impact des différentes fonctions cognitive sur la cognition temporelle, nous nous intéressons aux effets de l'avancée en âge En effet, au cours du vieillissement, les fonctions cognitives telles que la mémoire épisodique, l'attention, la mémoire de travail se modifient, de même que l'influence des émotions sur nos comportements, laissant supposer également de nombreux bouleversements dans la manière d'estimer les durées chez les personnes âgées. Dans la continuité de ce raisonnement, nous nous intéresserons également aux effets d'un certain nombre de pathologies neurodégénératives (en particulier la maladie d'Alzheimer et la démence à corps de Lewy) sur les processus d'estimation des durées et de perspective temporelle en supposant un impact spécifique de ces pathologies en fonction des processus cognitifs et émotionnels atteints. En plus du vieillissement normal, le vieillissement pathologique apparaît en effet constituer un modèle intéressant pour mieux comprendre et décrire les mécanismes cognitifs impliqués dans les tâches de cognition temporelle. De nombreuses questions demeurent notamment en suspens : Comment se caractérise la cognition temporelle au cours du vieillissement normal et pathologique, en lien avec les perturbations cognitives rencontrées dans ces deux cas ? Comment les émotions influencent-elles la cognition temporelle au cours du vieillissement normal ? Les différentes études menées au cours de cette thèse ont pour vocation de tenter d'apporter des réponses à ces différentes questions grâce à trois études.

Chapitre 2. Cognition temporelle au cours du vieillissement normal et pathologique

1. Evolution de la cognition temporelle au cours du vieillissement normal

1.1. Vieillissement, approches analytique et globale, mécanismes cérébraux de compensation

Le vieillissement normal n'a pas le même effet sur toutes les fonctions cognitives. Il existe deux types d'approches cherchant à mieux comprendre les effets d'âge sur les fonctions cognitives : l'approche analytique et l'approche globale. L'approche analytique propose que les différences liées à l'âge soient interprétables en termes d'efficacité des sous composantes de traitement de l'information. Ainsi, les différences de performances observées grâce à des tâches mesurant les différentes fonctions cognitives permettent d'identifier l'effet de l'âge sur les sous composantes. Les difficultés cognitives sont alors la conséquence d'un dysfonctionnement de processus cognitifs spécifiques et de régions cérébrales localisées.

L'approche globale postule que les différences liées à l'âge sont interprétables en termes de grands facteurs généraux explicatifs. Par exemple, Salthouse (1996) montre que les capacités en mémoire de travail et l'inhibition déterminent la manière de traiter les informations et que la réussite à une tâche dépend de la vitesse de traitement des informations. Une atteinte au niveau de la vitesse de traitement affecte la mémoire de travail et l'inhibition, qui toutes deux influencent ensuite l'ensemble des performances cognitives. Van der Linden (1999) cité par Van der Linden (2014) propose quant à lui que la vitesse de traitement et l'inhibition influencent toutes deux les capacités en mémoire de travail qui influence à son tour la réussite ou l'échec à une tâche. Dans le cadre de l'approche globale, les difficultés observées au niveau cognitif sont par ailleurs la conséquence de changements anatomiques distribués au sein d'un réseau constitué de nombreuses régions cérébrales. Par la suite, les recherches ont montré que les deux approches ne sont pas exclusives, mais complémentaires. Il existe ainsi plusieurs facteurs généraux qui expliqueraient les effets de l'âge. Ces facteurs concernent : l'augmentation du temps mis pour traiter les informations,

les difficultés à inhiber des informations non pertinentes, la limitation de la mémoire de travail et le déclin des processus sensori-moteurs. Ces facteurs seraient interdépendants et contribueraient chacun à expliquer une partie des effets de l'âge sur les tâches réalisées (Dujardin & Lemaire, 2008).

Plusieurs modèles théoriques actuels existent pour rendre compte des effets du vieillissement sur les fonctions cognitives, en prenant en compte de façon complémentaire les deux types d'approches décrites précédemment. Ces modèles partent du principe que le vieillissement correspond à la mise en place de mécanismes cérébraux de compensation du déclin cognitif. Cette idée des mécanismes de compensation vient d'études en neuro-imagerie qui ont permis d'observer le cerveau en activité montrant les changements d'activité cérébrale en fonction de la charge cognitive pendant la réalisation de tâches chez des adultes jeunes et âgés. Ces modèles apportent un éclairage complémentaire aux approches décrites précédemment que nous allons évoquer ci-dessous.

Le modèle « Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis » (CRUNCH, Reuter-Lorenz, & Cappell, 2008) postule notamment que les âgés recrutent un certain nombre de ressources neuronales dans une tâche peu coûteuse cognitivement. Lorsque la tâche devient trop coûteuse au niveau cognitif, le système arriverait à saturation. L'augmentation de certaines ressources neuronales compenserait alors d'autres ressources cognitives fragilisées apparaissant avec l'âge. Alternativement, le modèle « Posterior-Anterior Shift in Aging » (PASA, Davis, Dennis, Daselaar, Fleck, & Cabeza, 2008) postule une réduction localisée de l'activité des régions occipitales au cours du vieillissement, compensée, en parallèle, par une augmentation de l'activité des régions frontales. Cela s'observerait dans la réalisation d'un grand nombre de tâches, telles que des tâches mesurant l'attention, la mémoire de travail, et la mémoire épisodique. Ce modèle spécifie les zones cérébrales impliquées.

Bien qu'il s'avère assez difficile de vérifier quel est le niveau (ou le degré) de compensation au regard de ces deux modèles, cette hypothèse de la compensation hémisphérique apporte une certaine compréhension des changements qui ont lieu au cours du vieillissement. Les approches analytique et globale se penchent principalement sur la présence de certains déclins qui se produisent au cours de l'avancée en âge, sans indiquer la présence de

mécanismes sous-jacents qui pourraient venir compenser les fonctions en déclins. La présence de ces mécanismes pourrait rendre compte de la variabilité des performances cognitives qui s'opère lors du vieillissement et expliquer la grande hétérogénéité de comportements retrouvés chez les personnes âgées.

Pour aller un peu plus loin, le modèle « Scaffolding Theory of Aging and Cognition » (STAC, Park, & Reuter-Lorenz, 2009), qualifié d'intégratif, s'est développé (et étoffé au cours des années qui ont suivi, avec le modèle STAC, Reuter-Lorenz & Park, 2014). Ce modèle postule qu'un mécanisme de compensation se construit au cours de l'avancée en âge. La compensation est donc d'après ce modèle un processus dynamique au cours du vieillissement ; elle s'appuie surtout sur la région préfrontale et bien que non directement visible sur le plan comportemental de l'individu, elle a bien lieu au niveau cérébral (Grady, 2012). Malgré cela, le mécanisme de compensation serait fragile, et serait sensible à de nombreuses pathologies du vieillissement. La compréhension de ce mécanisme dans le cadre de pathologies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer pourrait contribuer à mieux comprendre les changements qui s'opèrent entre un vieillissement normal et un vieillissement pathologique, ce qui à notre connaissance n'apparaît pas encore clair. D'après ce dernier modèle, la compensation serait améliorée par l'entraînement cognitif de l'individu, c'est-à-dire par la réalisation d'activités cognitives chez les adultes âgés, avec l'hypothèse que cet entraînement permettrait un vieillissement normal « réussi » et éviterait d'entrer dans un vieillissement pathologique.

En ce sens, Kalpouzos, Eustache, & Desgranges (2008) mettent en évidence la relation entre les mécanismes de compensation et la réserve cognitive qui peut être présente chez certains individus et peut ainsi rendre compte d'une partie de la variabilité qui existe lors du vieillissement normal et pathologique. La réserve cognitive est à la fois « passive » (elle dépend de la quantité de neurones et de facteurs génétiques) et dynamique (se construit au cours de la vie, grâce aux activités de vie quotidienne, et grâce au niveau socio culturel). Ils évoquent ainsi le fait que la réserve cognitive, qui est importante chez les âgés sains, contribuerait à la mise en jeu de processus neurocognitifs compensatoires qui se traduisent par une hausse de l'activité de la zone frontale sur les capacités mnésiques. Cette théorie de la réserve cognitive permet aussi de faire l'hypothèse que lorsque l'atteinte cognitive est similaire, le degré d'avancée de la maladie d'Alzheimer (i.e. l'atteinte cérébrale) est plus fort

chez les patients qui ont une réserve cognitive importante que chez ceux ayant une réserve cognitive plus faible. Autrement dit, cela signifie que les patients avec une importante réserve cognitive peuvent compenser les conséquences de leur maladie plus longtemps. Ainsi, l'expression clinique se verra à un stade plus avancé de la maladie, stade auquel le déclin cognitif va alors s'accentuer de plus en plus rapidement. Cela nous indique donc que des individus peuvent être atteints de la maladie d'Alzheimer mais que leurs performances peuvent rester satisfaisantes grâce à leur réserve cognitive, en l'occurrence grâce aux activités cognitives effectuées durant leur vie et grâce à leur niveau socio culturel. La réserve cognitive pourrait refléter ce qu'il se produit au niveau des mécanismes de compensation et contribuerait ainsi à rendre compte d'une partie de la variabilité des performances lors du vieillissement.

1.2. La perception temporelle au cours du développement

Comme nous l'avons introduit précédemment, le vieillissement peut être défini comme un phénomène dynamique. Ce phénomène dynamique se caractérise par des transformations physiologiques, morphologiques, psychologiques, et sociologiques. Ces transformations ou changements, ont lieu progressivement au cours de l'avancée en âge. Ainsi, selon une approche développementale ou autrement dit une approche « life span » (traduite en français par « approche vie entière ») ces changements ne commencent pas à partir d'un âge fixé, mais ont lieu tout au long de la vie (Baltes & Goulet, 1970). Cette approche est peu présente en France actuellement, mais se développe, et existe depuis plusieurs années dans les pays anglo-saxons. Ainsi, selon cette approche, chaque individu se transforme au cours de sa vie de façon dynamique. Etudier ces changements revient ainsi à mieux comprendre comment l'individu évolue.

Dans une revue de littérature qui s'inscrit dans une approche lifespan, Droit-Volet (2016) indique que la précision de la perception temporelle s'améliore au cours de l'enfance. Droit-Volet (2016) évoque tout d'abord le fait que les bébés sont capables de percevoir les durées de certains événements liés par exemple au comportement de leur mère dans les soins qu'elle leur apporte ou liés par exemple à la durée de la musique de leur mobile placé au-

dessus de leur berceau[5]. Dans des tâches de bissection temporelle, consistant donc à catégoriser des durées (voir partie *2.1. Modèles cognitifs de la perspective temporelle*). Droit-Volet (2016) souligne qu'il n'apparaît pas de différence d'âge en termes de point de bissection (PSE) chez des participants allant de 3 à 25 ans. Autrement dit il n'apparaît pas de différence en termes de sous- ou de sur-estimation des durées dans cette vaste tranche d'âge. L'auteure indique toutefois que la précision dans les jugements de durées s'améliore avec l'âge des participants (allant de 3 à 25 ans). Cette amélioration apparaît surtout lorsque la tâche de bissection est présentée en modalité auditive plutôt que visuelle et elle atteint un pic aux alentours de 8-9 ans chez l'enfant pour se stabiliser ensuite.

Les interprétations des résultats peuvent être limitées par les difficultés à percevoir le temps dans ce type de tâches qui sont observées lorsque les durées sont très courtes, c'est-à-dire inférieures à 1 sec, et lorsqu'elles sont plus longues, supérieures à 8 sec, quel que soit l'âge des participants (compris entre 3 et 25 ans). De plus, lorsque ces tâches sont réalisées en situation de double tâche (avec une autre tâche non temporelle), les résultats montrent des difficultés à percevoir les durées chez les participants, comparés à une situation de tâche de bissection seule. Cette difficulté qui apparait en situation de double tâche est plus importante chez les jeunes enfants âgés de 5 ans (Hallez & Droit-Volet, 2017). Elle proviendrait de leurs capacités cognitives plus limitées, ou plus précisément de l'immaturité de leur attention et de la mémoire de travail, comparativement à l'âge adulte.

Droit-Volet et Coull (2016) ont en effet étudié la manière de percevoir les durées chez des enfants de 5 à 8 ans et des adultes de 20 ans, dans différents types de tâches et observent de meilleures performances chez les adultes en fonction du type de tâches utilisées. L'une des tâches consistait en effet en un jugement implicite du temps et l'autre en un jugement explicite. Dans la tâche de jugement implicite, les participants entendent deux sons séparés par un intervalle de temps et doivent appuyer le plus vite possible après avoir entendu le deuxième son (il ne leur est pas indiqué de consigne de jugement temporel). Dans la tâche explicite, il est clairement indiqué de prêter attention aux durées entre les deux sons (la consigne de jugement temporel est clairement indiquée), et il s'agit de juger de la similarité entre les intervalles des sons entendus. En ce qui concerne la tâche implicite, la variabilité

[5] Les interactions mère-enfant ont été enregistrées lors de comptines chantées par la mère au bébé. Les variations de tempo ont été analysées (Delavenne, Gratier, & Devouche, 2013).

des jugements temporels est constante à travers les différentes tranches d'âge, et il n'est pas trouvé de corrélations avec les fonctions cognitives. Concernant la tâche explicite, les résultats montrent une variabilité dans les durées perçues qui diminue en fonction de l'âge (la variabilité est plus importante à 5 ans qu'à 8 ans et que chez les adultes jeunes). Cela est interprété comme étant lié aux capacités cognitives moins développées chez les enfants que les adultes (notamment l'attention, et la mémoire de travail).

Pour des raisons similaires, liées cette fois à un déclin des capacités cognitives, d'autres études montrent que les performances temporelles sont altérées chez les personnes âgées, comparées aux adultes jeunes, ce dont nous allons parler ci-après.

1.3. Vieillissement cognitif et perception temporelle

Au cours du vieillissement normal, toutes les fonctions cognitives ne sont pas diminuées. Les études mettent en évidence que la mémoire à court terme, la mémoire de travail, la mémoire épisodique, le raisonnement, l'attention partagée, et l'inhibition sont les fonctions cognitives les plus fragilisées (Verhaegen & Cerella, 2002). L'alerte phasique (l'état de réceptivité et de réactivité de l'individu suite à un stimulus), l'attention sélective, l'attention soutenue, et la mémoire sémantique seraient quant à elles préservées (Verhaegen & Cerella, 2002). Dans leur méta-analyse, Verhaegen et Cerella (2002) ont notamment montré que les tâches d'attention sélective ne sont pas impactées par l'âge, contrairement aux tâches d'attention partagée (i.e. situation de double tâche). Les fonctions cognitives qui sont impactées par le vieillissement prédisent des changements en termes de cognition temporelle au cours de l'avancée en âge.

Concernant les études qui comparent les adultes jeunes et âgés dans le domaine de la cognition temporelle, Block, Zakay, et Hancock (1998) constatent que les adultes âgés fournissent des estimations verbales plus larges et produisent des durées plus courtes que les jeunes adultes. Cependant, les auteurs n'observent pas de différence entre les jeunes adultes et les adultes âgés sur les durées reproduites. Ils soulignent un éventuel problème de sensibilité de la méthode utilisée et mettent en exergue le fait que les recherches de la fin du XXème siècle en matière de jugements temporels, qui ont principalement utilisé des tâches de production ou de reproduction de durées, doivent être poursuivies, avec notamment d'autres types de tâches, du fait des résultats équivoques. Leurs résultats ne

sont effectivement pas en concordance avec les résultats d'autres études que nous allons développer davantage.

Vanneste, Perbal et Pouthas (1999) en particulier ont réalisé deux expérimentations. La première consiste à comparer les reproductions de durées de 5, 14 et 38 secondes, réalisées par trois groupes de participants, de 20-30 ans, 60-69 ans et 70-80 ans. Deux conditions expérimentales sont mises en place, une tâche simple et une tâche double avec une tâche non temporelle. La tâche non temporelle de la situation de double-tâche consiste ici à lire des chiffres à voix haute (le participant est ainsi empêché de compter). Dans la tâche simple, un comptage à voix haute est imposé pour bien contrôler la stratégie employée par les participants (pour contrôler le fait que la fatigue n'est pas liée à la contrainte articulatoire et pour contrôler la stratégie de comptage qui est souvent adoptée par les participants dans ce type de tâche). Les auteurs ont alors constaté que les jugements de durées des participants jeunes et âgés ne différaient pas en situation de tâche simple (c'est-à-dire lorsque le jugement des durées repose sur une stratégie de comptage). Mais en situation de double tâche de reproduction de durées, les résultats diffèrent entre ces deux populations. Les jugements de durées sont plus variables et moins précis chez les âgés que les jeunes (du fait du partage attentionnel). Pour observer cela, les auteurs ont calculé le quotient Durée Subjective sur Durée Objective (DS/DO). Un ratio inférieur à 1 correspond à une sous-estimation, tandis qu'un ratio supérieur à 1 correspond à une sur-estimation. Ils ont alors constaté que les participants âgés sous-estimaient les durées reproduites. L'effet de la complexité de la tâche apparaît plus important chez les âgés que les jeunes.

Dans la deuxième expérience, Vanneste, Perbal et Pouthas (1999) ont utilisé une tâche de reproduction de durées en double tâche similaire à celle de la première expérience et une tâche de production en double tâche également (ils doivent effectuer la tâche temporelle et lire des chiffres à voix haute). Les auteurs montrent que les participants (jeunes et âgés) sous-estiment les durées. Cela se traduit par le fait qu'ils reproduisent des durées plus courtes et produisent des durées plus longues (car lorsque les participants partagent leur attention, ils attendent plus de temps avant de considérer que la durée est écoulée). La sous-estimation est plus importante chez les âgés que les jeunes dans la tâche de reproduction et non pas dans la tâche de production. Les âgés ne semblent ainsi pas moins performants que les jeunes lorsqu'ils ont à produire des durées en se basant sur leur propre

durée acquise socialement tout au long de leur vie. Les âgés semblent fragiles dans l'encodage des durées (tel que réalisé dans la tâche de reproduction) et dans leur capacité en mémoire de travail. Zakay (1990), cité par Vanneste et al. (1999) propose que la tâche de reproduction est plus complexe que la tâche de production de durées, car elle nécessite un véritable encodage des durées et de manipuler ainsi que de comparer en mémoire à court terme la durée présentée à une durée de référence.

Dans une autre étude, Baudouin, Vanneste, Pouthas et Isingrini (2006) ont comparé les performances de participants jeunes (20-35 ans) et âgés (60-81 ans) lors d'une tâche de reproduction de durées (3, 8 et 14 secondes) en situation de simple et de double tâche. Une mesure des capacités en mémoire de travail (stockage et administrateur central, d'après le modèle de Baddeley, 2000), chez ces participants a été réalisée. Dans la situation de simple tâche, les participants ne doivent pas compter, ainsi pour l'éviter, ils doivent prononcer à voix haute une séquence verbale (bla-bla-bla-bla). Dans la double tâche, des distracteurs chiffrés sont présents à l'écran, les participants doivent dire à voix haute si les chiffres sont pairs ou impairs. D'après les résultats, les participants âgés sur-estiment les durées dans la condition de double tâche : leurs durées reproduites sont plus longues que celles des participants jeunes. Cela serait dû aux capacités de stockage et du système exécutif central de la mémoire de travail, altérés chez les participants âgés. La réduction des ressources attentionnelles l'expliquerait également. Cette situation de double tâche nécessite un stockage et une attention divisée mis en place grâce à l'administrateur central de la mémoire de travail, selon Baddeley (1996), cité par Baudouin et al (2006). En condition de simple tâche, les participants âgés sous-estiment les durées, par rapport aux jeunes. Ceci serait peut-être dû aux capacités de stockage de la mémoire de travail, altérées chez les participants âgés. Ils accumuleraient et stockeraient moins de pulsations, par conséquent, leurs durées reproduites seraient plus courtes.

Grâce à ces études, les jugements temporels des participants jeunes et âgés ont été comparés avec des méthodologies expérimentales différentes (la production et la reproduction de durées), en mettant en évidence le rôle des capacités attentionnelles et de la mémoire de travail, particulièrement impliquées lors de la réalisation de ces types de tâches. Nous avons pu voir que les résultats mettent en évidence des différences entre jeunes et âgés dans les capacités de perception temporelle, mais que ces résultats sont

parfois contradictoires. Il apparaît donc important d'étudier la cognition temporelle au moyen d'autres types de tâches, faisant le moins possible appel aux autres fonctions cognitives, afin de cibler au mieux les performances en matière de cognition temporelle. Mais il n'est pas clair à quel point cela est vraiment possible. Par exemple, Lamotte et Droit-Volet (2017) ont examiné les différences temporelles entre les jeunes (âge moyen 25 ans) et les âgés (âge moyen 79 ans) dans une tâche de bissection temporelle avec des durées allant de quelques millisecondes (500 msec) aux secondes (30 sec). Comme évoqué précédemment, cette tâche est considérée comme la plus dénuée de l'intervention d'autres processus cognitifs. Les résultats ont montré un effet de l'avancée en âge sur les jugements temporels avec une variabilité plus importante et une sensibilité au temps plus faible (moins de précision, plus d'erreurs) chez les âgés comparés aux jeunes. Les auteurs proposent une explication de ces résultats en termes de déclin des capacités attentionnelles chez les âgés comparés aux jeunes. Droit-Volet et al. (2019) ont étudié les performances temporelles de participants jeunes (âge moyen 21 ans) et âgés (âge moyen 71 ans) dans une tâche temporelle explicite (les participants doivent explicitement apprendre la durée entre deux stimuli, ils doivent dire si la durée est la même ou non que la durée de référence apprise en appuyant sur oui (Y) ou non (N)) et une tâche temporelle implicite (les participants doivent appuyer aussi vite que possible sur la touche 1 du clavier après avoir entendu le deuxième stimulus), comme décrit précédemment. Les auteurs montrent une variabilité dans les réponses plus importante chez les âgés que les jeunes dans la tâche explicite uniquement, ce qui s'avère être en rapport avec les capacités attentionnelles qui déclinent avec le vieillissement, rejoignant ainsi les conclusions de l'étude de Lamotte et Droit-Volet (2017) évoquée précédemment. Elles montrent aussi que les âgés sont plus lents dans la tâche implicite lorsque les intervalles entre les stimuli sont plus courts que dans la phase d'entraînement, comparés aux jeunes. Une interprétation possible concerne le fait que les âgés vont se fier à la probabilité d'apparition de la durée dans la tâche de façon aléatoire, sans rapport avec leur capacité cognitive générale. Cela semblerait en rapport avec le fait qu'avec l'âge les individus se fient au temps qui s'écoule de façon aléatoire (plutôt que selon une probabilité d'apparition statistique). Les âgés prendraient ainsi davantage en compte l'apparition des durées comme étant un phénomène aléatoire. La représentation de la durée semblerait ainsi préservée avec l'âge (comme montré par les résultats de la tâche implicite).

2. L'impact des émotions sur la perception temporelle

2.1. Objectivation de la relation émotion/temps

La perception temporelle regroupe non seulement le jugement des durées, tel que décrit dans les études précédentes, mais aussi le jugement du temps qui passe. Cette notion désigne la prise de conscience que le temps passe vite ou lentement. Les travaux sur le sujet montrent que ces deux types de jugements sont dissociés, qu'il n'apparaît pas vraiment de lien entre eux, sauf lorsque les durées sont de plusieurs minutes (Droit-Volet, Trahanias, & Maniadakis, 2017). Les deux types de jugements dépendent toutefois de l'émotion ressentie par les individus. Dans le cas du jugement du temps qui passe par exemple, lorsque les personnes sont tristes, elles ont le sentiment que le temps passe lentement, à l'inverse lorsqu'elles sont heureuses, elles ont le sentiment qu'il passe vite (Droit-Volet, 2019). Cela est remarqué quel que soit l'âge des individus.

Dans la continuité de cette observation, les adultes âgés évoquent que le temps passe de plus en vite au cours du vieillissement. Ce phénomène est fort probablement lié au fait que leur perspective temporelle diminue, autrement dit, que leur temps restant à vivre se réduit de plus en plus, par rapport aux années précédemment vécues (Janssen, 2017). Paradoxalement, les adultes âgés ont souvent le sentiment que le temps passe lentement au cours d'une même journée. Cela serait dépendant du nombre d'activités réalisées, des états internes, et notamment des émotions ressenties. Une tristesse ressentie peut amener à ce sentiment de temps qui passe lentement au cours d'une journée de la vie quotidienne, comme cela est souvent le cas les institutions pour les personnes âgées entrant en dépendance (Droit-Volet, 2019). A notre connaissance il existe quelques études qui se sont intéressées au jugement des durées, faisant le lien avec le sentiment du passage du temps, et d'autres études, qui sont peu nombreuses, et qui se sont axées sur la perspective temporelle.

Concernant les jugements de durées, nous pouvons remarquer, au regard des recherches et comme introduit plus haut, que les émotions ont des effets sur la manière de percevoir les durées qui se modifieraient avec l'avancée en âge (Droit-Volet, 2019). Les études utilisant des tâches de bissection temporelle (Droit-Volet, Fayolle, Lamotte, & Gil, 2013) et des tâches

d'estimation verbale (Pollatos et al., 2014) peuvent permettre de mettre en évidence de tels effets.

Droit-Volet, Fayolle, Lamotte et Gil (2013) utilisent une tâche de bissection qui consiste à dire si les durées sont similaires à la durée courte standard (0,4 sec) ou à la durée longue standard (1,6 sec). Divers stimuli, véhiculant différents états émotionnels, étaient présentés avec ces durées, tels que des expressions faciales, des images, des sons. Les auteurs ont tout d'abord montré que la tristesse influence les jugements temporels, entraînant des distorsions temporelles de types sous-estimations. La tristesse réduirait la sensibilité au temps, comparée à une situation neutre. Les auteurs ont également montré que la perception d'un visage de femme en colère est jugée plus longue que celle d'un visage neutre (Droit-Volet, 2016 ; Droit-Volet et al., 2013). Cela signifie que le temps interne des participants s'accélère par la vision d'un visage en colère. Ce phénomène de distorsion temporelle sous l'effet des émotions apparaîtrait quel que soit l'âge des participants (enfant, adulte jeune, personne âgée). Il apparaitrait plus précisément dès l'âge de 3 ans (Gil, Niedenthal, & Droit-Volet, 2007).

Pollatos et al. (2014) ont proposé quant à eux une tâche d'estimation temporelle rétrospective couplée à de l'induction émotionnelle. Ici les émotions sont donc étudiées sous l'angle de l'approche incarnée. Un groupe de participants (composés d'adultes jeunes, âge moyen 21 ans) avait pour consigne de se concentrer sur des aspects intéroceptifs (les sensations corporelles pendant les films émotionnels visualisés) et l'autre groupe devait se concentrer sur des aspects externes (les détails sur les personnages des mêmes films émotionnels visualisés). Les émotions étudiées étaient la peur et la joie. Une condition contrôle neutre était présente. Pollatos et al. (2014) ont montré que la peur induit une dilatation temporelle et ce, de façon plus prononcée dans le groupe de participants qui se sont concentrés sur leurs sensations corporelles. La joie a entraîné un sentiment de passage du temps plus rapide et de façon plus prononcée dans le groupe s'étant concentré sur leurs sensations.

Concernant le sentiment du temps qui passe, Droit-Volet et al. (2017) ont utilisé une tâche comprenant des questions sur comment les participants adultes jeunes ressentent le temps qui passe et comment ils se sentent au moment d'une alerte sonore, survenant plusieurs fois

par jour, via un téléphone. Suite à chaque alerte, ils devaient réaliser une tâche d'estimation verbale avec dans une première expérience des durées cibles comprises entre 1 et 60 secondes et dans une deuxième expérience des durées comprises entre 1 et 16 minutes. Les résultats ont montré que le sentiment du passage du temps est lié aux estimations verbales pour la gamme de durées la plus longue (entre 1 et 16 minutes), ce qui serait en lien avec les processus mnésiques à plus long terme, et non plus uniquement les mécanismes de l'horloge interne. Dans cette continuité, Droit-Volet (2019) a étudié le sentiment du passage du temps chez des adultes jeunes et âgés. Parmi les âgés la moitié vivait en maison de retraite. Les participants ont été interrogés sur leur sentiment du passage du temps suite à des alertes transmises sur leur téléphone chaque jour. Les ressentis émotionnels (joie, tristesse, excitation, calme) étaient recueillis suite à des questions posées. Le niveau de dépression des participants était contrôlé grâce au questionnaire de Beck, *Beck Depression Inventory* (BDI, Beck, Ward, Mendelson, Mock, & Erbaugh, 1961). Le questionnaire *Zimbardo Time Perspective Inventory* (ZTPI, Apostolidis & Fieulaine, 2004) évaluant la perspective temporelle allant du passé (négatif, positif), au présent (fataliste, hédoniste), jusqu'au futur était aussi proposé aux participants. Les résultats n'ont pas montré de différence du sentiment du passage du temps entre les jeunes et les âgés qui vivent chez eux. Il a été montré que les âgés en maison de retraite ont le sentiment que le temps passe lentement, ce qui est en relation avec le fait qu'ils sont focalisés sur le passé négatif, et avec le fait qu'ils ressentent de la tristesse.

Dans la présente thèse, nous ne nous sommes pas penchés sur le sentiment de passage du temps mais nous l'abordons pour avoir une vue d'ensemble sur les rapports entre le temps et les émotions dans le cadre de cette partie.

Concernant la perspective temporelle, peu d'études s'y intéressent encore à ce jour à notre connaissance, et aucune recherche n'a été effectuée dans le cadre d'une perspective « vie entière » (chez l'enfant, l'adulte jeune et l'adulte âgé). Quelques travaux existent qui étudient la perspective temporelle dans le cadre du vieillissement, mais sans nécessairement prendre en compte les émotions, (e.g. De Beni, Borella, Carretti, Zavagnin, & Milojevi, 2013). L'étude de Droit-Volet (2019) est ainsi à notre connaissance la seule qui se soit penchée sur la relation entre perspective temporelle et émotions chez les personnes âgées. D'autres études se sont focalisées sur la perspective temporelle future uniquement, dans le cadre du

vieillissement, une dimension qui apparaît particulièrement pertinente pour comprendre le rapport au temps chez les adultes âgés, du fait de la durée de vie restant à vivre qui se rétrécit en fonction de l'avancée en âge (e.g. Lang & Carstensen, 2002). Dans ces recherches qui se sont focalisées sur la perspective temporelle future, les états émotionnels n'ont pas été mesurés, mais les relations entre la perspective future et les changements motivationnels (notamment tournés vers des buts émotionnels) ont été étudiés.

Carstensen, Isaacowitz, et Charles (1999) et Lang et Carstensen (2002) ont en effet montré que la perspective temporelle future est de plus en plus limitée à mesure que la durée de vie perçue se restreint. Ce phénomène a pu être observé grâce à l'utilisation d'un questionnaire, la *Future Time Perspective Scale* (Lang & Carstensen, 2002 ; Strough, de Bruin, Parker, Lemaster, Pichayayothin, & Delaney, 2016). Ce questionnaire comporte douze items dans sa version complète en langue anglaise, et au sein de ces douze items huit sont axés sur le futur illimité et 4 sont axés sur le futur limité. Selon la théorie de sélectivité socio-émotionnelle (Carstensen, et al., 1999 ; Lang & Carstensen, 2002) (théorie sur laquelle nous reviendrons dans le cadre d'un des chapitres expérimentaux), une perspective temporelle future perçue comme limitée entraînerait la mise en œuvre de changements motivationnels dans la manière de traiter les informations émotionnelles. Les individus âgés se focaliseraient davantage sur des buts visant l'équilibre émotionnel, c'est-à-dire tournés vers la famille et les partenaires proches dans leur réseau social, contrairement aux jeunes qui seraient plus tournés vers des buts visant l'optimisation de leur futur, comme l'accumulation de connaissances. Pour aller plus loin dans la compréhension de la perspective temporelle future au cours de l'avancée en âge, Grühn, Sharifian, et Chu (2016) suggèrent la nécessité de prendre en compte des approches théoriques alternatives, complémentaires et d'étudier aussi la conscience de sa santé. En ce sens, l'approche de la cognition incarnée qui prend en compte les états émotionnels intéroceptifs (internes et corporels) contribuerait selon nous à une compréhension plus approfondie encore de la perspective temporelle future dans le cadre du vieillissement normal ainsi et pathologique (Versace, Brouillet & Vallet, 2018 ; Vieillard & Msika, 2021).

Nous pouvons remarquer que les études qui se sont intéressées au rapport entre le temps et les émotions se réfèrent à plusieurs théories, telles que les modèles de l'horloge interne, comme la plupart des études citées plus haut, mais aussi à des théories telles que la

sélectivité socio-émotionnelle selon une toute autre approche. Les résultats des études fondées sur des bases théoriques divergentes semblent se rejoindre sur l'importance d'appréhender la relation entre le temps et les émotions. Comme introduit progressivement plus haut, nous pensons que l'approche incarnée de la cognition peut apporter un éclairage nouveau et pertinent sur cette relation.

2.2. Eclairage de la perspective incarnée sur le lien émotion/temps

La cognition incarnée considère que la représentation d'une connaissance nécessite la réactivation des patterns d'activation cérébrale sensorimoteurs qui ont été activés lors de l'expérience réelle de ce à quoi renvoie cette connaissance. D'un point de vue expérimental, ce cadre théorique prédit donc que les propriétés physiques d'un stimulus tout comme l'expérience sensori-motrice actuelle du participant, peuvent impacter l'activation des connaissances même lorsque ces aspects ne sont a priori pas pertinents pour la tâche à réaliser. Pour donner un exemple concret, Mille et Versace (2017) montrent dans une tâche de mémoire que les participants (composés d'adultes jeunes) repèrent plus de mots avec accent aigu lorsqu'ils sont penchés en avant plutôt que penchés en arrière.

Afin de démontrer la pertinence du cadre conceptuel de la cognition incarnée sur la perception temporelle, plusieurs auteurs ont utilisé une tâche de bissection temporelle, en manipulant expérimentalement non pas les émotions, mais des postures (perçues ou réalisées). Nather, Bueno, Bigand, et Droit-Volet (2011) ont notamment fait réaliser une tâche de bissection à des participants jeunes (âge moyen 22 ans) dans laquelle ils ont montré des images de sculptures de Degas représentant une ballerine prenant différentes postures de danse. Les résultats ont montré que les participants jugent les durées d'apparition des images comme plus longues quand la danseuse est en arabesque que dans les autres positions, alors que les images dans les différentes positions restent autant de temps à l'écran. Cela résulterait selon les auteurs de la réactivation en mémoire des mouvements associés aux postures vues, et d'une accélération de l'horloge interne provoquée par la réalisation de cette position. Ces résultats sont observés lorsque les durées sont comprises entre 0,4 et 0,6 sec et non lorsqu'elles sont plus longues (comprises entre 2 et 8 sec). L'accélération de l'horloge interne serait ainsi provoquée pendant un court laps de temps puis disparaîtrait ensuite.

Droit-Volet et al. (2013) ont répliqué cette étude avec d'autres postures (statique, marche, course) et avec deux types de durées, des durées courtes allant de 100 à 400 msec et des durées plus longues allant de 200 à 800 msec également chez des adultes jeunes. Les résultats, similaires à ceux de Nather et al. (2011), montrent un jugement du temps allongé concernant la posture de course comparée aux autres positons. Selon ces auteurs, les distorsions temporelles apparaissant lors de certains états émotionnels reflèteraient une adaptation dynamique de notre cerveau et de notre corps dans notre environnement, selon une approche incarnée de la cognition temporelle. Droit-Volet (2019) explique notamment que lorsque nous percevons le temps, comme dans ce type de tâche précédemment décrite, nous nous imprégnons aussi de la perspective de l'autre. Ces études apparaissent assez concordantes avec l'étude de Chambon, Droit-Volet, & Niedenthal (2008) montrant que lorsque nous observons le visage d'une femme âgée, nous jugeons le temps comme plus long, que lorsque nous regardons le visage d'une femme plus jeune. Cela suggère que notre perception temporelle interne est imprégnée de la perception interne des autres individus (ou en tout cas celle que nous leur projetons). La perception temporelle serait ainsi un phénomène incarné d'un point de vue interne, corporel, mais également d'un point de vue environnement global, ainsi que d'un point de vue interactif avec autrui (Mondillon, Niedenthal, Gil, & Droit-Volet, 2007).

Dans la continuité de ces travaux, Miles, Nind, et Macrae (2010) ont mesuré les changements de postures chez des participants engagés dans une tâche de voyage mental dans le temps pendant quinze secondes. Un groupe de participants avait pour consigne de se rappeler de sa vie quotidienne d'il y a quatre ans et d'envisager les évènements d'un jour typique datant de quatre auparavant (tâche rétrospective). Un autre groupe avait pour objectif d'imaginer sa vie dans quatre ans et d'envisager un jour typique qui aurait lieu dans quatre ans (tâche prospective). Les changements de postures étaient mesurés par un système de suivi magnétique. Les données de cette étude ont montré que les participants engagés dans une tâche rétrospective se penchaient en arrière alors que ceux qui étaient engagés dans une tâche prospective se penchaient en avant. Les données soulignent les liens entre le voyage mental dans le temps et un comportement observable, c'est-à-dire un changement de direction du mouvement dans l'espace. Les changements de posture sont en cohérence avec les métaphores langagières, à savoir que le passé se réfère à l'arrière et le

futur à l'avant, ce qui semblerait dépendre de la culture (principalement ici des cultures européennes - de la Fuente, Santiago, Roman, Dumitrache, & Casasanto, 2014). Mille et Versace (2017) proposent comme explication que la position aurait incité les participants à anticiper l'activité future, et par conséquent à se projeter mentalement dans le temps futur. Le fait de se pencher en avant aurait favorisé une projection dans le temps futur.

L'ensemble des résultats que nous venons d'exposer dans cette partie et la partie précédente étaye l'hypothèse selon laquelle la perception temporelle dépend bien d'une cognition de type incarné. Ce cadre conceptuel explique, de fait, pourquoi les émotions (qui sont éminemment d'origine sensori-motrices) impactent l'estimation du temps. Les recherches décrites plus haut n'ont, à notre connaissance, pas été réalisées de façon comparative entre les jeunes et les âgés. Nous n'avons donc pas véritablement d'information sur la façon dont l'impact des émotions sur la cognition temporelle évolue au cours du vieillissement. Il serait pertinent d'étudier cela, dans la cadre de l'approche incarnée de la cognition. En effet, l'ensemble des résultats que nous venons d'exposer prédisent que le déclin corporel et des systèmes sensori-moteurs induit des changements de cognition temporelle (Costello & Bloesch, 2017).

Pour mieux comprendre les modifications de cognition temporelle au cours du vieillissement, il est également intéressant de réaliser des comparaisons entre les performances temporelles obtenues chez les âgés sains sans troubles neurocognitifs et ceux présentant des troubles neurocognitifs, tels que présents dans le cadre de certaines maladies neurodégénératives. La comparaison entre le vieillissement normal et pathologique apporterait en effet une compréhension plus approfondie des processus cognitifs sous-jacents impliqués ou non. Les études réalisées dans le cadre de cette thèse devraient permettre de faire des hypothèses sur l'existence d'un processus temporel indépendant ou non des autres fonctions cognitives.

3. Effets du vieillissement pathologique sur la cognition temporelle

3.1. De l'intérêt d'étudier le vieillissement pathologique

Etudier le vieillissement ne consiste pas seulement à comparer différentes tranches d'âge (d'adultes jeunes et d'adultes âgés), mais également à comparer le vieillissement

normal et le vieillissement pathologique qui peuvent potentiellement se distinguer par des différences de nature ou de degré. Autrement dit, il est possible de les considérer comme deux processus différents ou de les considérer comme deux extrêmes d'un même continuum. Il semble plutôt admis à ce jour que le vieillissement normal et le vieillissement pathologique sont deux entités distinctes, mais le consensus n'est pas si clair. Le vieillissement pathologique ne serait pas nécessairement le stade ultime de l'avancée en âge, contrairement à ce qu'avance par exemple Van der Linden (2003). Le vieillissement est ainsi vu à ce jour comme un phénomène hétérogène qui a lieu au cours des différentes tranches de la vie des individus (de l'enfance, à l'âge adulte, puis de l'âge adulte à la vieillesse) mais aussi entre les individus (de façon singulière entre eux). Ainsi, le vieillissement peut être qualifié de normal (dit aussi habituel) ou de pathologique (c'est à dire marqué par des pathologies du vieillissement, comme les pathologies neurodégénératives). Des différences apparaissent également entre chaque individu, puisque chaque individu présente des caractéristiques physiologiques, morphologiques, psychologiques, spécifiques qui lui sont propres, selon une approche différentielle du vieillissement (Dujardin & Lemaire, 2008).

Le vieillissement pathologique se caractérise par une altération plus ou moins marquée des fonctions cognitives en fonction des pathologies. Dans le cadre de la présente thèse, nous avons choisi d'étudier deux types de pathologies neurodégénératives, ne touchant pas nécessairement des aspects physiques (contrairement par exemple à la maladie de Parkinson). Ces pathologies sont les plus fréquemment rencontrées dans la pratique clinique courante et leur diagnostic différentiel peut apparaître relativement complexe : il s'agit de la maladie d'Alzheimer (MA) qui est la plus fréquemment diagnostiquée, suivie de la démence à corps de Lewy (DCL) (Amieva, Belliard, et Salmon, 2014). Dans chacune de ces pathologies un déclin de l'autonomie se produit et entraîne des difficultés conséquentes dans les activités de vie quotidienne (Amieva et al., 2014). Toutefois, en termes de phénotypes cliniques, des différences apparaissent entre ces pathologies. La MA se caractérise ainsi par une détérioration progressive des fonctions cognitives, et par la présence de troubles émotionnels et comportementaux (Guichart-Gomez & Hahn, 2016). La MA dans sa forme classique amnésique se caractérise plus particulièrement par un trouble de la mémoire épisodique de façon inaugurale et de la mémoire de travail qui sont présents aux premiers plans ; les études montrent qu'apparaissent ensuite des troubles lexico-sémantiques,

praxiques gestuels, gnosiques visuels, puis des fonctions exécutives et attentionnels, qui sont aux seconds plans par rapport aux troubles mnésiques (Guichart-Gomez & Hahn, 2016). La conscience des troubles s'avère être également modifiée au cours de cette maladie, avec une anosognosie au fur et à mesure de son avancée, même si son évolution demeure encore mal connue empiriquement, car son évaluation reste difficile, et les outils sont encore peu nombreux (Jacus, Dupont, Herades, Pelix, & Baud, 2014). La DCL se caractérise par un syndrome parkinson atypique, et par des troubles cognitifs. Plus particulièrement, la DCL est caractérisée par des altérations attentionnelles et visuo-spatiales précoces, et par des troubles exécutifs aux premiers plans ; les troubles mnésiques peuvent apparaître, mais au second plan. Des fluctuations cognitives attentionnelles sont présentes dans le cadre de cette pathologie (Guichart-Gomez & Hahn, 2016).

Les substrats cérébraux associés à ces pathologies sont le lobe temporal et frontal dans le cadre des troubles rencontrés chez les patients souffrant de la MA ; le lobe pariétal chez les patients présentant une DCL. Or, ainsi que nous l'avons évoqué précédemment, chez des personnes saines les études ont montré que les substrats cérébraux impliqués lors de la réalisation de tâches de cognition temporelle sont le lobe frontal, plus particulièrement le cortex préfrontal dorsolatéral droit, le lobe pariétal droit, le thalamus, le putamen, et le cervelet (Gómez et al., 2014). On observe ainsi des similarités entre les substrats cérébraux impliqués dans la cognition temporelle chez des personnes saines et les zones impactées chez les patients présentant les pathologies étudiées dans le cadre de la présente thèse. Bien que les substrats cérébraux impliqués soient assez vastes, cette observation constitue un premier élément étayant l'intérêt d'étudier la cognition temporelle dans le cadre de ces pathologies comparativement aux personnes saines.

Plus intéressant encore, les fonctions cognitives touchées de façon prédominante diffèrent entre ces pathologies. La comparaison des performances temporelles au sein de ces trois populations (saines, patients MA et patients DCL) peut donc nous aider à mieux évaluer le poids de diverses fonctions cognitives telles que les fonctions exécutives, ou la mémoire épisodique dans des tâches de cognition temporelle. A l'heure actuelle, dans le champ de la cognition temporelle, la plupart des études portent sur la perception temporelle, et très peu sur la perspective temporelle. Parmi ces études, celles qui se sont penchées sur le vieillissement pathologique se sont essentiellement focalisées sur la MA. Deux d'entre elles

portent sur la DCL. Les méthodes utilisées dans les expérimentations sont diversifiées : la majorité a utilisé des tâches de production (e.g. Carrasco, Guillem, & Redolat, 2000), ou de reproduction (e.g. El Haj, Omigie, & Moroni, 2014). Certaines ont utilisé des tâches d'estimation (e.g. Pai, Yang, & Fan, 2021), mais très peu ont utilisé des tâches de bissection (e.g. Caselli, Iaboli, & Nichelli, 2009) et de perspective temporelle (Shiromaru-Sugimoto, Murakami, Futamura, Honma, Kuroda, Kawamura, & Ono, 2018) chez des patients souffrant de maladies neurodégénératives.

3.2. Résultats clés de la littérature concernant la cognition temporelle dans la MA

3.2.1. Perception temporelle et MA

La MA est la maladie neurodégénérative la plus souvent étudiée dans le cadre de la perception temporelle et du vieillissement pathologique, sûrement en lien avec sa fréquence plus élevée que les autres pathologies neurodégénératives. A ce jour, les résultats obtenus dans cette population restent toutefois assez équivoques entre les études.

Carrasco, Guillem et Redolat (2000) ont évalué l'estimation temporelle chez des participants âgés en moyenne de 62 ans présentant une MA et des participants contrôles âgés en moyenne de 60 ans. Les participants doivent réaliser une tâche de production d'intervalles de 5, 10 et 25 secondes. Les patients atteints de la MA présentent de nombreuses erreurs de jugements, ainsi la variabilité de leurs réponses est plus importante que chez les participants sains. Plus précisément, ils surestiment les intervalles de temps de 5 secondes et de 10 secondes. Par contre, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les deux groupes de participants concernant l'intervalle de 25 secondes. Globalement toutefois, les participants présentant une MA sont moins précis que les participants contrôles. Dans cette expérience, les participants sont prévenus qu'ils devront estimer le temps, il s'agit donc d'une tâche prospective.

D'après le modèle de la porte attentionnelle de Zakay et al. (1996), cités par Carrasco et al (2000) ainsi que le modèle de l'horloge interne de Church (1984) et Treisman (1963) cités par Wearden (2005), dans les tâches prospectives, l'attention a un rôle important dans l'estimation temporelle. Cependant, les déficits attentionnels étant peu spécifiques à la MA, d'autres hypothèses fonctionnelles peuvent être émises qui expliqueraient mieux les déficits temporels observés chez ces patients. Comme décrit précédemment, les processus

mnésiques (la mémoire épisodique et la mémoire de travail) étant touchés au premier plan dans cette maladie (Guichart-Gomez & Hahn, 2016), et les modèles de l'horloge interne postulant l'implication de ces processus, nous pouvons supposer que les déficits en mémoire épisodique (la mémoire de référence dans les modèles de l'horloge interne) et en mémoire de travail prédisent et expliquent les capacités réduites des patients atteints de MA en estimation temporelle, notamment dans des tâches de type prospectif.

Rueda et Schmitter-Edgecombe (2009) ont ainsi comparé les estimations verbales en tâche prospective de participants présentant un MCI (Mild Cognitive Impairment) ou déficit cognitif léger avec des participants contrôles âgés et jeunes ; puis entre des patients atteints de la MA avec des participants contrôles âgés. Les durées employées dans cette expérimentation sont de 10 et 25 secondes pour les durées courtes et de 45 et 60 secondes pour les durées longues. Les auteurs constatent que les participants présentant un MCI et les participants contrôles âgés sous-estiment le temps par rapport à de jeunes adultes, sans différence significative entre ces deux groupes. De plus, les participants atteints de la MA peuvent soit sous-estimer, soit sur-estimer les durées ; ils sont globalement moins précis et plus variables dans leur estimation que les participants âgés sains, ce qui converge en partie avec les résultats de Carrasco et al. (2000). Selon les auteurs, les sous-estimations constatées pour ces participants résulteraient d'un pacemaker plus lent ou de la mémoire de travail défectueuse, si nous nous référons à la théorie du temps scalaire de Gibbon et al. (1990), cités par Rueda et Schmitter-Edgecombe (2009). Les sur-estimations seraient dues à un déficit en mémoire de référence (en mémoire à long terme, autrement dit en mémoire épisodique), selon Nichelli et al. (1996), cités par Rueda et Schmitter-Edgecombe (2009), ce qui, même si la méthode utilisée diffère, semble converger vers notre hypothèse.

Caselli et al. (2009) ont utilisé quant à eux une tâche de bissection temporelle avec une gamme de durées allant de 100 à 600 ms et une gamme de durées plus longues allant de à 3 sec chez des patients présentant une MA au stade léger. Les performances des patients ont été comparées à celles de participants âgés contrôles et jeunes contrôles. Les résultats ont mis en évidence une absence de différence significative concernant les proportions de réponses longues obtenues entre les patients et les deux groupes contrôles. Mais les patients sont cependant significativement plus variables dans leurs réponses (le ratio de

Weber[6] est plus élevé chez les patients que les contrôles) pour les deux gammes de durées comparés aux deux groupes contrôles.

Comme nous l'avons déjà souligné, si une tâche peut rarement mesurer de façon « pure » un processus cognitif précis, nous pouvons noter que la tâche de bissection est celle qui est considérée comme faisant le moins appel à d'autres fonctions cognitives dans le domaine de la perception temporelle. Elle permet principalement d'éviter certains biais liés à la composante motrice, et sa compréhension serait plus aisée que les autres types de tâches, le stress lié à sa réalisation serait ainsi plus limité. Même si les autres fonctions cognitives (i.e. mémoire, attention, fonctions exécutives) sont moins impliquées dans ce type de tâche (comparée aux autres tâches telles que la production, la reproduction, ou l'estimation), leur implication même minimale reste toutefois à supposer. Les résultats de la littérature laissent ainsi supposer une implication des processus mnésiques tels que la mémoire épisodique et la mémoire de travail dans ce type de tâche, ce qui est en accord avec les modèles de l'horloge interne. De plus, si les résultats en termes de sous ou sur estimations divergent en fonction des études, les résultats s'accordent sur le fait que la variabilité des réponses chez les patients avec MA est plus importante comparée aux contrôles. Ainsi, nous nous intéresserons particulièrement à cette variabilité dans la première partie expérimentale de cette thèse.

Dans la continuité des études précédemment décrites, El Haj, Moroni, Samson, Fasotti et Allain (2013) ont par la suite utilisé quatre tâches prospectives de 30, 60, 90 et 120 secondes au cours desquelles les participants lisent des nombres et fournissent une estimation verbale du temps de lecture. Ils ont comparé ces taches à quatre autres tâches rétrospectives dans lesquelles les participants ne sont pas informés qu'ils vont juger des durées jusqu'à ce qu'on leur demande de donner une estimation verbale des durées écoulées (qui sont les mêmes que dans les tâches prospectives). Les auteurs ont ainsi comparé l'estimation temporelle selon un paradigme prospectif et rétrospectif chez des participants adultes jeunes (âge moyen 22 ans), âgés (âge moyen 68,5 ans, score moyen au MMSE 28/30), et atteints de la

[6] Le ratio de Weber (qui sera détaillé dans la première étude expérimentale de la thèse) est un indicateur de précision. Plus la valeur du ratio de Weber est petite, plus la précision est élevée, meilleure est la performance.

MA (âge moyen 71 ans, score moyen au MMSE 21/30). Ils ont aussi cherché s'il existe des liens entre le voyage mental dans le temps (mesuré grâce à des tâches de reconnaissance de mots dont les participants se souviennent) et les estimations verbales. Les résultats de cette étude montrent que les participants présentant une MA fournissent des estimations verbales plus courtes que les participants âgés et jeunes, suggérant que le temps leur semble passer plus vite comparativement aux deux autres groupes. Concernant les trois groupes, en situations rétrospective et prospective, les durées sont sous-estimées. Elles sont davantage sous-estimées en situation rétrospective qu'en situation prospective. De plus, le voyage mental dans le temps est plus corrélé avec les situations d'estimation verbale rétrospective que les situations d'estimation verbale prospective.

El Haj et al. (2013) évoque plusieurs explications quant aux déficits observés chez les patients avec une MA. L'explication principale porte sur l'implication des processus mnésiques, impactés au premier plan dans la MA, ce qui rejoint nos précédentes suppositions. D'après l'ensemble des données de la littérature, on peut en effet supposer qu'un déficit en mémoire épisodique prédirait davantage de difficultés en situation d'estimation temporelle rétrospective, tandis qu'un déficit en mémoire de travail prédirait davantage de difficultés en situation d'estimation temporelle prospective.

3.2.2. Perspective temporelle et MA

A notre connaissance, une seule étude a étudié la perspective temporelle (i.e. la capacité de voyage mental dans le temps) dans la MA. Shiromaru-Sugimoto, Murakami, Futamura, Honma, Kuroda, Kawamura, et Ono (2018) ont utilisé pour cela une méthode qualitative en réalisant des interviews auprès d'un groupe de patients avec une MA et de participants contrôles. Ils ont ensuite catégorisé les réponses pour les analyser. Les catégories étaient : « Je vis selon une horloge temporelle qui m'est propre » ; « Le passé revient » ; « Je passe beaucoup du présent au passé » ; « Je ne peux pas imaginer le futur » ; « Je fais mes adieux au monde dès demain ». La fréquence des réponses obtenues pour chaque catégorie a été calculée. Les résultats montrent que les patients ont tendance à alterner entre le passé et le présent, mais ils n'imaginent pas leur futur. D'emblée ils définissent leur futur comme étant la fin. Les individus sains auraient tendance quant à eux à passer du passé, au présent, pour ensuite se projeter vers le futur. Les auteurs attribuent ces résultats par un trouble en mémoire épisodique, particulièrement touchée dans la MA.

A notre connaissance, il n'y a pas d'autres études ayant exploré la perspective temporelle dans la MA, ni même dans la DCL. Il serait particulièrement intéressant de tester la reproductibilité et la généralité de ces résultats avec une méthode quantitative, à l'aide notamment de questionnaires portant sur la perspective temporelle. Il existe quelques questionnaires permettant d'explorer comment les participants se projettent dans le temps, en l'occurrence dans le futur, comme le *Zimbardo Time Perspective Inventory* (ZTPI, validé en français par Apostolidis & Fieulaine, 2004), ou la *Future Time Perspective Scale* (FTPS, récemment validé en français par Sanfourche-Gaume, de Montalembert, & Vieillard, accepté). Nous avons en effet décidé de valider ce second questionnaire en langue française afin de satisfaire les qualités psychométriques permettant d'utiliser cet outil dans la population française. Il n'existe effectivement pas de questionnaire validé en français qui mesure spécifiquement la perspective temporelle future de façon approfondie (le ZTPI mesure en effet le futur mais son analyse approfondie ne peut être réalisée ce qui est notamment une des limites de l'outil relevée par les auteurs). Or, celle-ci s'avère particulièrement pertinente à évaluer dans une approche intégrative de la cognition temporelle. Cette dimension serait particulièrement impactée par la durée de vie future qui se réduit avec l'avancée en âge. Comme évoqué précédemment, Grühn et al. (2016) qui se sont intéressés à la perspective temporelle future suggèrent aussi l'intérêt d'étudier la conscience de la santé des individus, dans le cas de pathologies du vieillissement. Les auteurs supposent que celle-ci aurait une influence sur la perspective temporelle future des individus. Nous pouvons en ce sens supposer que les patients avec une MA ont plus de difficultés à se projeter dans le futur du fait de leurs troubles mnésiques et de la modification de la conscience de leur trouble, contrairement à d'autres patients présentant une DCL, qui ne présentent ni troubles mnésiques important, ni anosognosie.

3.3. Résultats concernant la cognition temporelle dans la DCL

Comme nous l'avons indiqué précédemment, à notre connaissance, seules deux études ont exploré l'impact d'une DCL sur la cognition temporelle, et celles-ci portent sur la perception temporelle, et non sur la perspective temporelle. Dans la première, Lesimple, Dieudonné, Campillo-Gimenez, Verny, et Giannopulu (2016) ont montré que les patients avec une DCL font plus d'erreurs lors de tâches de lecture de l'heure et de perception de rythmes comparés aux âgés contrôles. Lors d'une tâche d'estimation verbale (pour des

durées de 2 à 21 sec, en modalité auditive), les patients avec une DCL n'améliorent pas leurs performances en fonction du moment de réalisation de la tâche (au début ou en fin de protocole), contrairement aux participants contrôles.

Lesimple et al. (2016) indiquent que ces troubles seraient en relation avec l'implication de l'attention et des fonctions exécutives, particulièrement altérées au premier plan dans le cas de cette pathologie. Les tableaux cliniques étant différents entre la DCL et la MA, nous souhaitons comparer leurs performances temporelles afin de mieux préciser de quelle manière les fonctions cognitives (telles que la mémoire, l'attention, les fonctions exécutives) sont impliquées dans une tâche de bissection temporelle.

La seconde étude a comparé les capacités de cognition temporelle dans les deux maladies neurodégénératives qui nous intéressent dans le cadre de cette thèse, la MA et la DCL. Dans cette étude, Pai, Yang, et Fan (2021) ont utilisé une tâche d'estimation verbale avec des durées de 9, 27, et 56 sec et une tâche de production avec des durées de 10, 30, 60 sec chez des patients avec une MA et une DCL au stade prodromal. Pai et al. (2021) ont montré que dans la tâche d'estimation verbale les patients avec une MA présentent une variabilité plus élevée dans leurs réponses que les patients avec une DCL et que les contrôles âgés. Ils ont aussi montré que les patients MA ont tendance à sur-estimer les durées tandis que les patients avec une DCL sous-estiment les durées (comparativement aux participants contrôles).

Les auteurs mettent en relation les déficits observés avec les processus mnésiques, attentionnels et exécutifs perturbés dans chaque pathologie, mais sans émettre de claires suppositions. La mémoire de travail serait plus recrutée lorsque les durées sont inférieures à 30 sec et la mémoire épisodique le serait davantage à partir de 30 sec dans les deux types de tâches utilisées ici. Néanmoins, d'autres études précédemment citées semblent converger vers le fait que l'effet de l'attention serait plus important sur les durées courtes perçues et que la mémoire de travail et les fonctions exécutives auraient une influence plus importante lorsque les durées s'allongent (Buhusi & Meck, 2005 ; Radua et al., 2014). Le seuil pour parler de durées courtes et de durées longues varie selon les études, cependant le seuil de 1 sec ou 1,3 sec semble être pertinent pour distinguer les deux gammes de durées dans le domaine de la perception temporelle (pour des durées globalement relativement courtes

allant des millisecondes aux secondes), puisque comme cité précédemment l'empan mnésique temporel serait de 1,3 sec (Grondin et al., 2015). Ainsi, nous pourrions supposer que lorsque les durées sont inférieures à 1,3 secondes les processus attentionnels sont particulièrement impliqués et lorsque les durées sont supérieures à ce seuil les processus mnésiques et exécutifs le sont davantage. De cette manière, nous pouvons avancer que des déficits à percevoir les durées les plus courtes apparaîtraient de façon plus importante chez les patients avec une DCL (présentant de fortes fluctuations attentionnelles en lien avec leur tableau clinique) et que des déficits pour les durées les plus longues apparaîtraient surtout chez les patients avec une MA (puisque leurs fonctions mnésiques sont altérées). Cependant pour aller un peu plus loin, les fonctions exécutives étant impliquées dans les deux pathologies et surtout dans le cadre de la DCL, nous pourrions aussi nous attendre à ce que les différences entre les deux pathologies ne soient pas présentes lorsque les durées sont les plus longues, en concordance avec les conclusions de l'étude Pai et al. (2021).

4. Synthèse du chapitre portant sur la cognition temporelle au cours du vieillissement normal et pathologique

Pour résumer les travaux que nous avons présentés dans ce chapitre, nous pouvons remarquer que les résultats concernant la perception temporelle dans le vieillissement normal et pathologique sont assez équivoques. Il n'apparaît pas de réel consensus à notre connaissance sur le sens et l'origine des effets observés. Ces résultats dépendent en effet du type de tâches utilisées (production, reproduction, estimation, bissection), du type de situations (simple ou double tâche), du type de paradigme (prospectif, rétrospectif) et des durées cibles utilisées. Reprenons très rapidement deux études princeps. Baudouin et al. (2006) montrent que les participants âgés sur-estiment les durées comparativement aux adultes jeunes dans une situation de reproduction en double tâche. Ils mettent ce résultat en lien avec le déclin de l'attention et de la mémoire de travail avec l'âge. Lamotte et Droit-Volet (2017) utilisent dans leur étude une tâche de bissection qui réduit la composante motrice, la fatigue et le stress, comparée aux autres tâches. Elles montrent que les performances des participants âgés sont plus variables comparativement aux jeunes et mettent se résultat en rapport avec le déclin de l'attention. Le déclin attentionnel est une explication assez dominante des modifications de performances observées au cours du

vieillissement normal. Nous supposons ainsi que les âgés seront plus variables dans leur manière de catégoriser les durées que les jeunes, du fait de la réduction de leurs capacités attentionnelles.

Nous avons aussi évoqué le fait que, outre le déclin des fonctions cognitives avec l'âge, les émotions sont aussi un facteur à prendre en compte car elles impactent la cognition temporelle et évoluent avec le vieillissement (Droit-Volet et al., 2017 ; Droit-Volet, 2019). Pour essayer d'aller plus loin dans la compréhension des relations entre émotions et cognition temporelle (regroupant la perception temporelle et la perspective temporelle), l'approche incarnée nous semble prometteuse. En effet, elle prend en compte les aspects intéroceptifs liés aux sensations corporelles, ce qui nous semble pertinent dans le cadre du vieillissement, période où de nombreux changements corporels et cognitifs s'opèrent (Versace, Brouillet, & Vallet, 2018).

Outre le vieillissement normal, le vieillissement pathologique induit également un effet délétère sur la cognition temporelle. Les études dans ce cadre sont très équivoques en fonction du type de tâches également, de la situation, et du paradigme, tout comme pour le vieillissement normal. Les conclusions concernant les fonctions cognitives impliquées sont variées. Les recherches ont surtout porté sur la MA, et seulement deux sur la DCL. La comparaison entre ces pathologies nous semble pertinente pour mieux comprendre de quelle manière les fonctions cognitives sont impliquées dans la cognition temporelle, du fait de leurs tableaux cliniques différents. Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes donc focalisés sur une étude comparative entre la MA (dont les troubles sont principalement en mémoire épisodique et en mémoire de travail) et la DCL (dont les troubles concernent surtout l'attention et les fonctions exécutives).

Chapitre 3. Synthèse des objectifs de la thèse

L'objectif général de la thèse est de mieux comprendre les effets du vieillissement normal et pathologique sur la cognition temporelle, de la perception des durées (allant des millisecondes aux secondes) à la perspective temporelle (allant du passé, au présent, jusqu'au futur).

Au cours du vieillissement normal, certaines fonctions cognitives telles que l'attention, et la mémoire de travail se fragilisent (e.g. Van der Linden, 2003) ; de plus au cours de l'avancée en âge, des changements motivationnels et émotionnels se produisent, du fait notamment de la durée de vie restante perçue qui se rétrécit de plus en plus (e.g. Lang & Carstensen, 2002). Outre les fonctions cognitives qui se fragilisent au cours du vieillissement normal, les émotions, qui évoluent également avec l'âge, sont aussi susceptibles d'avoir une influence sur la cognition temporelle (e.g. Droit-Volet, 2017). Dans le cadre de la thèse, nous étudierons d'une part la façon dont les fonctions cognitives sont impliquées dans la cognition temporelle au cours du vieillissement normal et pathologique. D'autre part, nous étudierons la manière dont les émotions impactent la cognition temporelle au cours du vieillissement normal, mais pas dans le cadre du vieillissement pathologique.

Au cours du vieillissement pathologique, la MA et la DCL présentent des tableaux cliniques différents. La MA se caractérise par une altération massive des processus mnésiques (de la mémoire épisodique et de la mémoire de travail), tandis que la DCL est caractérisée par une atteinte majeure des processus attentionnels et exécutifs (avec des fluctuations de l'attention) (e.g. Guichart-Gomez & Hahn, 2016). La manière dont s'expriment les déficits temporels ne devrait ainsi pas être la même dans ces maladies. Mieux comprendre les effets du vieillissement pathologique par comparaison au vieillissement normal peut d'une part nous aider à mieux identifier le rôle de diverses fonctions cognitives dans la cognition temporelle et d'autre part nous aider à mieux appréhender les difficultés cognitives, les réactions, les comportements des patients face aux événements dans la pratique clinique.

La première étude de la thèse cherche ainsi à comparer la cognition temporelle de participants adultes et âgés, à des patients souffrant de la maladie d'Alzheimer ou d'une démence à corps de Lewy. Cette étude a pour objectif de mieux comprendre les processus cognitifs impliqués dans la perception temporelle et dans la perspective temporelle. Nous

utilisons une tâche de bissection temporelle car il s'agit de celle qui est la plus indépendante des autres fonctions cognitives, mais également parce qu'elle ne mobilise pas de composante motrice, réduisant la fatigue, ce qui nous semble pertinent tout particulièrement chez des participants dont l'âge avance et qui pour une partie présentent une maladie neurodégénérative. Nous utilisons également un questionnaire de perspective temporelle le *Zimbardo Time Perspective Inventory* (ZTPI, version française, Apostolidis & Fieulaine, 2004) pour mesurer la perspective temporelle à travers le passé (négatif, positif), le présent (fataliste, hédoniste), et le futur. Nous nous attendons à ce que l'impact sur la perception et la perspective temporelles ne soit pas le même en fonction des pathologies étudiées, du fait des différences entre les deux tableaux cliniques.

Un biais retrouvé au sein du questionnaire ZTPI est que la dimension « futur » n'est pas suffisamment précise et permet pas de comprendre de façon exhaustive la manière dont les individus perçoivent leur temps futur, en relation avec leur durée de vie future restante. Il existe un autre questionnaire axé sur la perspective temporelle future, il s'agit du questionnaire *Future Time Perspective Inventory* (FTPS, Lang & Carstensen, 2002 ; Strough et al., 2016) qui contribue à préciser la manière dont les individus perçoivent leur futur (de façon limité, ou illimité). Cependant, ce questionnaire n'a pas fait l'objet jusqu'à ce jour d'une validation en langue française à notre connaissance, ce qui limite son usage. L'objectif de la deuxième étude est ainsi de proposer une validation française de ce questionnaire. Nous nous attendons à ce que les adultes âgés perçoivent leur futur comme étant davantage limité qu'illimité et inversement chez les jeunes. L'établissement ultérieur de normes permettra de l'utiliser auprès de populations âgées présentant des troubles neurodégénératifs.

Enfin, comme introduit précédemment, les émotions exercent une influence sur la cognition temporelle (e.g. Droit-Volet et al., 2017) et changent avec l'avancée en âge. L'objectif de la troisième étude est d'étudier l'effet des émotions ressenties sur la manière de percevoir le temps au cours de l'avancée en âge. Nous utilisons une tâche d'estimation verbale rétrospective que nous avons choisie pour son intérêt à mesurer l'expérience subjective du temps et dans cette tâche nous utilisons des stimuli musicaux consonants et dissonants. Nous nous situons dans le cadre d'une approche incarnée avec l'idée que la perception des durées émergerait d'une expérience subjective émotionnelle et intéroceptive (Niedenthal,

Winkielman, Mondillon, & Vermeulen, 2009). Nous nous attendons à des différences de perception temporelle entre les jeunes et les âgés selon le caractère consonant ou dissonant des stimuli.

PARTIE 2. CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES

La vie n'a pas d'âge. La vraie jeunesse ne s'use pas. On a beau l'appeler souvenir, on a beau dire qu'elle disparaît, on a beau dire et vouloir dire que tout s'en va, tout ce qui est vrai reste là. Jacques Prévert (1963).

Etude 1. Effets de la maladie d'Alzheimer et de la démence à corps de Lewy sur la perception et la perspective temporelles : Etude Perception et REprésentation Temporelles ! (PRET !)

Introduction

La cognition temporelle est indispensable afin de permettre une adaptation maximale dans nos activités de la vie quotidienne (e.g. se repérer aux différents moments d'une journée, tenir une conversation avec une autre personne en respectant les temps de parole de chacun, …). Il s'agit d'un concept complexe, dont la définition se situe au carrefour d'approches philosophiques, psychologiques et neuroscientifiques. L'idée selon laquelle l'organisme humain dispose d'une « horloge interne » qui règle nos rythmes biologiques sur les rythmes de l'environnement a été étayée par de nombreuses recherches (e.g. Block & Gruber, 2014). L'« horloge interne » appelée aussi « pacemaker » émettrait des impulsions neurales transmises à un compteur pour qu'il se produise un stockage et une comparaison des durées à estimer avec les durées stockées en mémoire de référence, et ce afin que l'individu puisse prendre sa décision quant au temps qui s'est écoulé (e.g. Block & Zakay, 1996).

A travers le concept général de perception temporelle, sont regroupées plusieurs « formes de temps » selon l'outil méthodologique (e.g. questionnaires, outils informatisés) et l'unité temporelle (e.g. des millisecondes à 24h) utilisés. Chaque « forme de temps » impliquerait des mécanismes physiologiques, neurobiologiques et cognitifs différents. Ainsi, différentes méthodes (e.g. tâches d'estimation verbale, de production ou de reproduction de durées, bissection temporelle) permettent de mesurer la perception temporelle sur la base de mécanismes cognitifs psychophysiques, le plus souvent non conscients, en étudiant la

perception de durées courtes de l'ordre de quelques millisecondes à plusieurs secondes. Selon les études, ces mécanismes perceptifs internes font alors appel à l'« horloge interne » des individus qui permet tel un « pacemaker » d'évaluer le temps qui s'écoule (e.g. Block & Zakay, 1996).

Les différentes tâches pouvant être utilisées présentent des avantages et des inconvénients les unes par rapport aux autres (voir Tableau 1). La tâche de bissection temporelle a pour avantage de faire moins appel à d'autres fonctions cognitives comparées aux autres tâches comme la production ou la reproduction de durées qui sont fortement influencées par la mémoire de travail et les ressources attentionnelles des participants. Ainsi la bissection temporelle cherche à évaluer autant que possible, s'il en est, la cognition temporelle « pure ». De plus, lorsque cette tâche est utilisée en modalité auditive, les personnes sont plus sensibles aux durées perçues que lorsque cette tâche est en modalité visuelle, ce qui a un intérêt particulièrement dans le cadre du vieillissement (Lustig & Meck, 2001 cités par Lamotte & Droit-Volet, 2017). De cette manière, la tâche de bissection temporelle en modalité auditive a été choisie dans le cadre de l'étude PRET !.

D'autres types d'outils, sous forme de questionnaires ou d'échelles, mesurent quant à eux la perspective temporelle des individus. Il s'agit de la manière de percevoir le temps qui repose sur des mécanismes différents que la perception temporelle évoquée ci-dessus. La perspective temporelle repose notamment sur la capacité des individus à se projeter ou se représenter mentalement dans le temps. Elle fait appel à ce que les auteurs nomment le voyage mental dans le temps (qui consiste à revivre le passé, vivre le présent, imaginer le futur) et la conscience auto noétique (i.e. la capacité à revivre les événements et à voyager dans le passé, le présent et le futur ; El Haj, Moroni, Samson, Fasotti & Allain, 2013). L'unité temporelle utilisée est alors plus large, étant de l'ordre des jours ou des années.

De plus, lors d'estimations temporelles, des processus cognitifs non temporels interviennent également comme les fonctions exécutives et attentionnelles (e.g. Baudouin, Vanneste, Pouthas & Isingrini, 2006), ou bien la mémoire (e.g. El Haj et al., 2013). Plusieurs facteurs influenceraient donc la cognition temporelle tout particulièrement dans le cadre du vieillissement dont on connait le retentissement global sur les fonctions cognitives (e.g. Block, Zakay & Hancock, 1998 ; Vasile, 2015).

Actuellement, les études mettent en évidence des différences dans la façon de percevoir le temps chez les individus pouvant présenter un vieillissement normal ou pathologique, mais restent équivoques quant aux résultats obtenus, mettant en évidence parfois une sous- ou une sur-estimation des durées (e.g. El Haj, Moroni, Samson, Fasotti & Allain, 2013 ; Lamotte & Droit-Volet, 2017 ; Lesimple, Dieudonné, Campillo-Gimenez, Verny & Giannopulu, 2016 ; Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2009). Les études concernant le vieillissement pathologique ont analysé ces modifications d'estimation temporelle chez des individus présentant un trouble cognitif léger (ou Mild Cognitive Impairment, MCI), ou une maladie d'Alzheimer (MA). Très peu d'études ont cherché à observer ces modifications dans le cadre d'une démence à corps de Lewy (DCL ; Lesimple et al., 2016 et Pai et al., 2021). Les résultats suggèrent que les participants présentant un MCI ont tendance à sous-estimer les durées (Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2009) tandis que les participants présentant une MA ou une DCL ont tendance quant à eux à sur-estimer les durées (Carrasco, Guillem & Redolat, 2000 ; Lesimple et al., 2016). Il apparaît en tout cas dans ces études une variabilité plus élevée en termes d'estimations temporelles chez les participants avec une MA ou une DCL que chez les participants sains (e.g., Caselli, Iaboli & Nichelli, 2009 ; Lesimple et al., 2016).

Les difficultés rencontrées par les participants présentant ces types de pathologies sont sans aucun doute liées aux atteintes de certaines fonctions cognitives, comme l'attention, la mémoire de travail et les fonctions exécutives, mais il n'y a à l'heure actuelle aucun consensus à ce sujet (e.g. Baudouin, Vanneste, Pouthas & Isingrini, 2006 ; Lesimple et al., 2016). L'étude de la cognition temporelle dans le champ du vieillissement normal et pathologique pourrait nous éclairer de façon plus spécifique sur la cognition temporelle en précisant l'implication d'autres fonctions cognitives. L'objectif de la présente étude est donc de comparer, à travers une approche neuropsychologique, la cognition temporelle de personnes adultes et âgées saines à des personnes âgées présentant un trouble cognitif léger (MCI) ou majeur (MA, DCL) d'après la classification actuellement utilisée, le DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-5, American Psychiatric Association, 2013), afin de mieux comprendre les processus cognitifs impliqués dans la cognition temporelle chez les personnes âgées, avec ou sans trouble neurodégénératif. En retour, à terme, mieux comprendre les modifications de cognition temporelle chez les patients souffrant des différents types de pathologies étudiées ici pourrait contribuer à mieux

appréhender leurs difficultés cognitives, leurs comportements et réactions face aux événements imprévus (et donc non anticipés temporellement) dans la pratique clinique.

Dans cette étude, nous interrogeons donc les effets du vieillissement normal et pathologique sur la cognition temporelle. Nous nous attendons tout d'abord à des modifications dans la perception des durées courtes (de quelques millisecondes à plusieurs secondes), au cours du vieillissement normal (i.e. comparaison jeunes et âgés contrôles). Nous supposons notamment que des personnes âgées sans troubles seront moins précises à catégoriser les durées que des personnes jeunes sans troubles. Nous faisons également l'hypothèse de modifications liées au vieillissement pathologique, par comparaison avec le vieillissement normal. Nous nous attendons en particulier à ce que les participants âgés présentant un trouble cognitif soient moins précis à catégoriser les durées que des participants âgés sans troubles. Cet effet devrait être particulièrement marqué chez les individus présentant une DCL en raison de leurs troubles attentionnels. Nous nous attendons également à ce que les participants MCI sous-estiment les durées par rapport aux participants âgés sans trouble et au contraire, que les participants présentant une MA ou une DCL sur-estiment les durées par rapport aux participants âgés sans trouble. Nous supposons de façon générale que ces variations puissent être prédites par les capacités attentionnelles, dans les fonctions exécutives et en mémoire de travail des participants.

Nous faisons également l'hypothèse que la capacité à se projeter dans le temps sera impactée par le vieillissement normal d'une part et par le vieillissement pathologique d'autre part. Ces modifications pourraient être plus importantes chez les patients avec une MA, que chez les patients avec un MCI de type amnésique, et de la modification de la conscience de leurs troubles. Nous supposons de façon générale que ces variations puissent être prédites par les capacités en mémoire épisodique et en fonctions exécutives, ainsi que par le niveau de conscience des patients de leur santé (Guichart-Gomez & Hahn, 2016).

Méthodologie

Participants

Au total, 137 participants ont réalisé l'étude. Parmi les 137 participants, les données de 15 d'entre eux ont été retirées, du fait des critères d'inclusion et de non-inclusion (voir ci-dessous). Ainsi, les données de 122 participants ont été analysées. Parmi les 122 participants,

les données de 30 participants jeunes contrôles (*M*= 33 ans, *ET*= 5,8 ans, 40% d'hommes), 30 participants âgés contrôles (*M*= 78 ans, *ET*= 8,4 ans, 30% d'hommes), 16 patients avec un MCI (*M*= 85 ans, *ET*= 5,8 ans, 50% d'hommes, MMSE moyen = 25,13/30), 30 patients avec une MA (*M*= 81 ans, *ET*= 5,2 ans, 40% d'hommes, MMSE moyen = 22,30/30), et de 16 patients avec une DCL (*M*= 82, *ET*= 5,2 ans, 68% d'hommes, MMSE moyen = 23,44/30) ont été analysées. Les participants sont de niveau socio-culturel baccalauréat au minimum.

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

Pour les adultes jeunes :

-Age compris entre 25 et 45 ans ;

-Score au MMSE (GRECO, 2008) > 27 ;

Pour les adultes âgés :

-Age compris entre 60 et 90 ans ;

-Score au MMSE > 27 ;

Pour les patients avec trouble cognitif :

-Age compris entre 60 et 90 ans ;

-Bilan neuropsychologique et médical indiquant le diagnostic retenu

Groupe 1 : trouble cognitif léger (MCI de type Alzheimer) ;

Groupe 2 : patients présentant une MA ; une DCL (chacun représentant un sous-groupe)

Un bilan neuropsychologique et médical était réalisé par le psychologue et le médecin au préalable dans le cadre de la consultation hospitalière, à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière, service de gériatrie (Pr. Verny), pour la majorité des patients ; à l'hôpital Rothschild, service de gériatrie (Dr. Zacharias), à l'hôpital de Saint Germain en Laye, service de gériatrie (Dr. Galimard), et à l'hôpital de Longjumeau, service hôpital de jour gériatrique et consultation externe mémoire (Dr Sikias), pour compléter le recrutement. Les outils qui ont été utilisés pour le recrutement des patients étaient les suivants (voir Tableau 2).

Tableau 2. Tests neuropsychologiques utilisés lors du bilan neuropsychologique (et médical) pour le recrutement

Fonctionnement cognitif et thymique	*Tests et échelle(s)*
Efficience cognitive globale	MMSE (Mini Mental State Examination, GRECO, 2008)
Thymie (anxiété et dépression)	HADS (Hospital Anxiety and Depression Scale Sigmond & Snaith, 1983) en hétéro-questionnaire
Mémoire épisodique	RL-RI/16 (Rappel Libre-Rappel Indicé/16 items, Van der Linden, 2004) ou en fonction du niveau socio-culturel du participant TNI-93 (Test des Neuf Images, Dessi, Maillet, Metivet, Michault, Le Clésiau, Ergis & Belin, 2009)
Attention et les fonctions exécutives	Empans et Séquences Lettres Chiffres issus de la WAIS IV (Wechsler Adult Intelligence Scale, Wechsler, 2011), Trail Making Test (Tombaugh, 2004) et BREF (Batterie Rapide d'Efficience Frontale, Dubois & Pillon, 2000)
Langage	Fluences verbales issues du Set Test d'Isaacs (Lechevallier-Michel, Fabrigoule, Lafont, Letenneur & Dartigues, 2004)
Anosognosie	Echelle d'évaluation de l'anosognosie lors de la démence constituée pour l'étude (Lindau & Bjork, 2014 ; Orfei, Varsi, Blundo, Celia, Casini, Caltagirone & Spalletta, 2010 ; Starkstein, Jorge, Mizrahi & Robinson, 2006 ; Zanetti, Valotti, Frisoni, Geroldi, Bianchetti, Pasqualetti & Trabucchi, 1999) (Annexe 2).

Les critères de non-inclusion étaient les suivants :

-Présence d'un score au MMSE ≤ 14 indiquant un stade avancé à sévère de la pathologie (Derouesné et al., 1999), stade à partir duquel nous supposons que la passation du protocole expérimental ne pouvait pas être réalisée compte tenu de probables troubles de la compréhension trop importants. Ce critère nous a permis d'éviter le recrutement de personnes dont l'avancée la maladie était trop élevée ;
-Obtention de scores d'anxiété et de dépression ≥ 11 témoignant de symptomatologies anxieuse et dépressive certaines à l'échelle HADS en hétéro-questionnaire, permettant de ne pas inclure de personnes présentant un trouble anxio-dépressif élevé ;
-Présence d'antécédents neurologiques et/ou psychiatriques significatifs ayant entraîné des répercussions majeures sur l'efficience cognitive (e.g. traumatisme crânio-cérébral, accident vasculaire cérébral, schizophrénie) afin d'étudier spécifiquement la présence des pathologies précédemment évoquées (MCI, MA, DCL) ;
-Autre trouble cognitif majeur que ceux spécifiquement étudiés dans le cadre de la présente étude et définis par le DSM 5 (American Psychiatric Association, 2013) ;
-Présence de troubles auditifs non appareillés pouvant entraver la réalisation du test en modalité auditive de bissection temporelle.

Les critères d'exclusion quant à eux étaient :
-Tout participant ne pouvant aller au bout du protocole ;
-Tous les participants n'ayant pas compris les consignes lors des entraînements aux tâches ;
-Problèmes d'acquisition des données ;
-Détection d'un défaut de compréhension des consignes a posteriori (résultats aberrants) ;
-Etre sous prescription de médicaments ou de substances psychoactives autres que ceux spécifiques au traitement de la maladie.

Procédure

L'étude a reçu un avis favorable au Comité de Protection de Personnes en décembre 2019 (Sous le n° 74-19 NI Cat. 3 ; Dossier n°19.09.09.41041 ; ID RCB : 2019-A01891-56) garantissant le respect des règles éthiques et déontologiques de l'étude.

La durée du protocole était de 45 à 60 min par participant et les passations étaient individuelles contribuant à la confidentialité des données dans des conditions respectueuses et optimales de passation pour le participant (lieu calme, en étant assis sur une chaise, à une table).

Les étapes du protocole étaient les suivantes :

- **Etape n°1 : proposition de l'étude et accord du participant et/ou du représentant légal** : Lors de la première étape, l'expérimentatrice présentait l'étude au participant. Celui-ci était informé explicitement des objectifs de l'étude. Les participants recevaient une note d'information détaillée au sujet de la procédure expérimentale, leurs droits et la possibilité d'arrêter l'expérimentation à tout moment (article L.1122-1 CSP ; CNIL).

- **Etape n°2 : protocole expérimental** :

La deuxième étape était composée de :

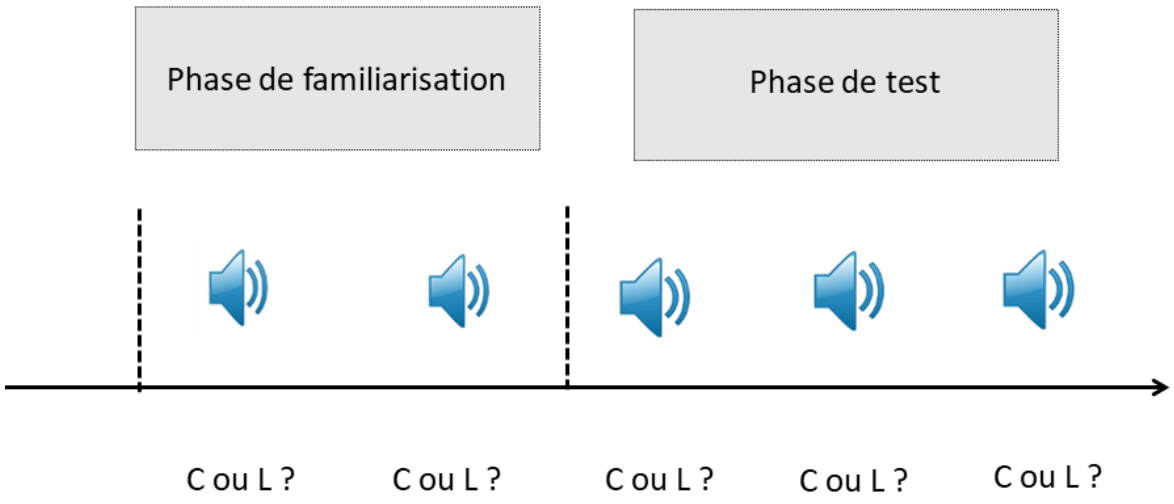
(1) La passation sous format papier-crayon de l'échelle ZTPI (*Zimbardo Time Perspective Inventory*, version française Apostolidis & Fieulaine, 2004) ; constituée de 54 items répartis en 5 domaines temporels : passé négatif, passé positif, présent hédoniste, présent fataliste, futur. Le participant devait répondre via une échelle de Likert en 5 points si chacune des phrases présentées lui correspondait de « pas du tout caractéristique » à « tout à fait caractéristique ». La durée de la passation du questionnaire se situait entre 10 et 15 minutes. (Annexe 1).

(2) La passation d'une tâche de bissection temporelle telle qu'utilisée dans la littérature (e.g, Lamotte & Droit-Volet, 2017). La tâche a été codée en Python grâce au logiciel EduPython 3.0. Les passations étaient réalisées sur un ordinateur (marque de l'ordinateur ??) avec un écran de 15 pouces dont la résolution était de 1366 x 768 pixels. La 1ère tâche comprend un pré-test et 64 essais pour les durées courtes (450 ms, 600 ms, 750 ms, 900 ms, 1050 ms, 1200 ms, 1350 ms, 1500 ms ; 8 durées x 8 répétitions) et la 2ème tâche comprend un pré-test et 64 essais pour les durées plus longues (2000 ms, 2500 ms, 3000 ms, 3500 ms, 4000 ms, 4500 ms, 5000 ms et 5500 ms (8 durées x 8 répétitions). Cette tâche était d'une durée totale environ 10 minutes ; dans la phase de pré-test, le participant était familiarisé à la durée du son le plus court et à la durée du son le plus long de la série (respectivement 450 et 2000 ms

vs 1500 et 5500 ms), puis pour chaque durée présentée il devait indiquer si celle-ci était « courte » (C) ou « longue » (L) ; les réponses des participants étaient verbales et l'expérimentatrice cliquait sur le clavier de l'ordinateur en fonction de la réponse fournie par le participant. (Figure 7)

L'ordre de passation de l'échelle ZTPI et de la tâche de bissection temporelle était contrebalancé entre les participants au sein des 3 groupes et des sous-groupes, afin de vérifier un possible effet d'ordre des outils méthodologiques. Par ailleurs, une tâche interférente (test des cloches, dans laquelle le participant doit entourer des cloches parmi des distracteurs (Gauthier et al., 1989) de la BEN (Batterie d'Evaluation de la Négligence, GEREN, 2002)) était réalisée entre les deux sous-tâches de la tâche de bissection (à savoir que la première sous-tâche concernait les durées courtes allant de 450 à 1500 msec et la deuxième sous-tâche concernait les durées longues allant de 2000 à 5000 msec). L'ordre de ces deux sous-tâches de la tâche de bissection était contrebalancé pour éviter un effet d'ordre des deux gammes de durées.

Figure 7. Représentation de la tâche de bissection temporelle en modalité auditive comprenant deux types de tâches (dans la tâche 1 les durées sont comprises entre 450 et 1500 msec et dans la tâche 2 les durées sont comprises entre 2000 et 5500 msec). C= Court ; L= Long



Etape n°3 : feedback :

Lors de la troisième étape, l'expérimentatrice recueillait les impressions du participant (les éventuelles stratégies utilisées durant la tâche) et le remerciait pour sa participation à l'étude, s'assurant ainsi des effets éventuels du protocole sur le participant (comme une fatigue).

Analyse des données

Effet du vieillissement normal et pathologique sur les performances à la tâche de bissection

Les performances sont représentées grâce à des courbes psychophysiques avec un ajustement de la courbe par une fonction arc tangente (fonction de répartition d'une loi de Cauchy F(x) = alpha arctan (ax+b) + 1/2, permettant la meilleure approximation des données (ie. par rapport à une régression linéaire ou à une fonction sigmoïdale)). Trois indicateurs différents à la tâche de bissection temporelle sont calculés séparément pour les durées courtes et longues :

- **la pente et le ratio de Weber** sont tous les deux des indicateurs de la précision des participants à catégoriser les durées, autrement dit de leur sensibilité au temps. Plus la valeur de la pente est élevée, plus celle-ci est abrupte, meilleure est la précision. Le ratio de Weber correspond à un coefficient de variation où la variabilité des estimations temporelles est rapportée à la moyenne de ces estimations. De façon corollaire (et inversée), plus la valeur du ratio de Weber (calculé selon la formule (1/2 (p(long)=.75 – p(long)=.25)) / PSE) est petite, plus la courbe est abrupte, meilleure est la performance et donc la sensibilité au temps.

- **le point de bissection (PSE)** est la valeur de durée pour laquelle l'individu répond aussi souvent « court » que « long ». Il est calculé par rapport à la moyenne arithmétique de 975 msec pour les Durées Courtes ((450+1500)/2) et de 3750 msec pour les Durées longues ((2000+5500)/2). Il se traduit par un décalage des courbes psychophysiques par rapport à cette moyenne arithmétique et apporte une indication sur la sous ou sur-estimation des durées par les participants. Si le PSE des

participants est plus grand que la moyenne arithmétique, alors celui-ci sous-estime les durées (et inversement, si la valeur du PSE est plus petite que la moyenne arithmétique, alors il sur-estime les durées).

Pour étudier l'effet du vieillissement normal sur la manière de catégoriser les durées, des analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été réalisées. Les indicateurs à la tâche de bissection (PSE, pente et ratio de Weber) ont été soumis chacun indépendamment à une analyse avec comme facteur inter-sujet le Groupe (Jeunes Contrôles, Agés Contrôles), comme facteur intra-sujet la Tâche (Durées courtes, Durées longues). Les η^2p sont reportés comme indicateur de taille d'effet. Les tailles d'effet sont considérées comme étant petites pour $\eta^2p < 0,06$, moyennes pour $0,06 \leq \eta^2p < 0,14$ et marquées pour $\eta^2p \geq 0,14$ (Cohen, 1988).

Pour étudier l'effet du vieillissement pathologique sur la manière de catégoriser les durées des ANOVAs à mesures répétées ont été réalisées. Les indicateurs à la tâche de bissection (PSE, Pente et ratio de Weber) ont été soumis chacun indépendamment à une analyse avec comme facteur inter-sujet le Groupe (Agés Contrôles, MCI, MA, DCL), comme facteur intra-sujet la Tâche (Durées courtes, Durées longues). Les η^2p sont reportés comme indicateur de taille d'effet.

Des tests de Student ont été réalisés en analyses post-hoc lorsque des interactions ont été observées entre les variables indépendantes. Nous nous attendions à ce que :

- les contrôles âgés catégorisent de façon moins précise les durées que les contrôles jeunes, quelle que soit la gamme de durées utilisée (Courtes vs Longues) : autrement dit le ratio de Weber est plus élevé et la pente plus faible chez les contrôles âgés que les jeunes quelle que soit la gamme de durées
- les patients avec une MA ou avec DCL catégorisent de façon moins précise les durées que les patients avec un MCI de type Alzheimer et les contrôles âgés, quelle que soit la gamme de durées (Courtes vs Longues) : autrement dit le ratio de Weber est plus élevé et la pente plus faible chez les patients avec une MA ou une DCL qu'avec un MCI ou les participants sans troubles quelle que soit la gamme de durées
- les patients avec une DCL catégorisent de façon moins précise les durées les plus courtes que les patients avec une MA sans différence entre eux concernant les durées les plus

longues, du fait des déficits attentionnels plus marqués dans la DCL : autrement dit le ratio de Weber est plus élevé et les pentes plus faibles chez les patients avec une DCL que chez les patients avec une MA pour les durées courtes uniquement. Nous nous attendons en effet à une implication des capacités attentionnelles plus importante pour les durées les plus courtes que les plus longues.

Analyses de corrélation entre les performances à la tâche de bissection et les fonctions cognitives

Afin d'étudier les relations entre la manière de catégoriser les durées et d'autre part les capacités cognitives des participants, des analyses de corrélation ont été réalisées. Nous avons pour cela quantifié les capacités en 5 fonctions cognitives distinctes (Tableau 3) :

- Les capacités attentionnelles ont été quantifiées en faisant la somme des notes z obtenues au test de barrage de cloches et au TMT A. Il est important de noter que contrairement aux autres indicateurs mentionnés ci-dessous, plus la valeur de cet indicateur est grande, plus la fonction cognitive ciblée (la capacité attentionnelle) est déficitaire[7]
- Les capacités en mémoire à court terme ont été quantifiées à l'aide de la note z aux empans endroits
- Les capacités en mémoire de travail auditive ont été quantifiées en faisant la somme des notes z aux empans envers, aux empans croissants et à la séquence lettres chiffres
- Les capacités exécutives ont été ont quantifiées à l'aide de la note z à la BREF
- Les capacités en mémoire épisodique ont été quantifiées à l'aide de la note z au rappel différé du RLRI/16

[7] Le temps chronométré mis pour réaliser les deux tâches est en effet l'indicateur utilisé pour le calcul de la note z. Ainsi, plus le temps est long, plus la valeur z est élevée, plus les participants ont des difficultés lors des tâches.

Tableau 3. Notes z globales obtenues concernant les différentes fonctions cognitives pour chaque groupe de participants

	Contrôles jeunes (N = 30)	Contrôles âgés (N = 30)	Patients MCI (N = 16)	Patients MA (N = 30)	Patients DCL (N = 16)
Age moyen	33 ans ± 5,8	78 ans ± 8,4	85 ans ± 5,8	81 ans ± 5,2	82 ans ± 5,2
Score MMSE	29,63 ± 0,61	28,93 ± 1,23	25 ± 2,99	22,30 ± 2,44	23,44 ± 3,79
z score global attentionnel	-0,39 ± 1,10	0,15 ± 1,51	3,25 ± 2,94	2,18 ± 2,40	7,22 ± 6,81
z score global MCT	-0,49 ± 0,26	-1,26 ± 0,43	1,80 ± 0,45	-1,61 ± 0,66	-1,47 ± 0,33
z score global MdT	0,20 ± 1,38	0,167 ± 1,13	-1,75 ± 1,11	-2,08 ± 1,77	-2,63 ± 1,04
z score global Fonctions exécutives	NA	-1,00 ± 2,65	-5,06 ± 3,75	-5,69 ± 2,88	-7,79 ± 3,61
z score global mémoire épisodique	NA	NA	-3,75 ± 4,60	-7,00 ± 3,69	-1,37 ± 2,84

NA : non administré

Nous avons testé la relation de corrélation entre les indicateurs de performance à la tâche de bissection (2 durées* 2 indicateurs : Pente et Ratio de Weber) et les différentes capacités cognitives mesurées (5 au total) à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Ayant testé au total 20 corrélations, le seuil statistique a été fixé à $p < .0025$ afin d'éviter les faux positifs favorisés par la multiplication des tests.

Effet du vieillissement normal et pathologique sur les capacités de perspectives temporelles

Cinq indicateurs à la tâche de perspective temporelle peuvent être extraits de la ZTPI. Plus le score est élevé à chacune de ces sous-échelles, plus la capacité de perspective temporelle dans cette dimension est élevée. Il s'agit de :

- la capacité à se projeter dans un passé négatif
- la capacité à se projeter dans un passé positif
- la capacité à se projeter dans un présent fataliste
- la capacité à se projeter dans un présent hédoniste
- la capacité à se projeter dans le futur

Pour étudier l'effet du vieillissement normal sur les capacités de perspective temporelle, les performances aux dimensions de la tâche de perspective temporelle (passé négatif, passé positif, présent fataliste, présent hédoniste, futur) ont été soumis chacune indépendamment à un test de Student pour échantillon indépendant comparant les Groupes Jeunes Contrôles et Agés Contrôles. Les d de Cohen sont reportés comme indicateurs de taille d'effet avec $d < 0,3$ correspondant à un petit effet, $0,3 < d < 0,8$ à un effet moyen et $d > 0,8$ à un effet important (Cohen, 1988).

Pour étudier l'effet du vieillissement pathologique sur les capacités de perspective temporelle, des analyses de variance ont été réalisées. Les performances aux dimensions de la tâche de perspective temporelle (passé négatif, passé positif, présent fataliste, présent hédoniste, futur) ont été soumis chacune indépendamment à une ANOVA avec comme facteur inter-sujet le Groupe (Agés Contrôles, MCI, MA, DCL). Les η^2p sont reportés comme indicateur de taille d'effet.

Nous nous attendons à ce que :

- les contrôles âgés se projettent moins dans le futur comparés aux contrôles jeunes : autrement dit le score moyen de la perspective temporelle future est moins élevé chez les contrôles âgés que chez les contrôles jeunes, et chez les âgés.
- les patients avec une MA et DCL se projettent moins dans le futur comparés aux patients avec un MCI de type Alzheimer et aux contrôles âgés : autrement dit le score moyen de

la perspective temporelle future est moins élevé chez les patients avec une MA et DCL que chez les patients avec un MCI, et les contrôles âgés.

- les patients avec une MA ont des difficultés particulières à se projeter dans le temps du fait de déficits mnésiques marqués: autrement dit les scores moyens de perspectives temporelles (passé, présent, futur) sont moins élevés chez les patients avec une MA que chez les autres participants.

Analyses de corrélation entre la capacité de perspective temporelle et les capacités cognitives

Afin d'étudier les relations entre la perspective temporelle, la mémoire épisodique, et la conscience de la santé, des analyses de corrélations de Pearson ont été effectuées. Nous avons pour cela quantifié les capacités en 6 fonctions cognitives distinctes.

- La capacité en mémoire épisodique est mesurée avec la note z au rappel différé du RLRI/16
- Le niveau de conscience de la santé est mesuré à l'aide du score moyen obtenu au questionnaire de conscience des troubles
- Les quatre autres capacités cognitives précédemment citées (capacité attentionnelle, mémoire à court terme, mémoire de travail, fonctions exécutives) pour vérifier la spécificité de la ZTPI par rapport à la tâche de bissection en termes de fonctions cognitives impliquées.

Nous avons testé la relation de corrélation entre les 5 indicateurs de perspective temporelle et les 6 fonctions cognitives à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Ayant testé au total 30 corrélations, le seuil statistique a été fixé à $p < .001$.

Résultats

Effet du vieillissement normal et pathologique sur les performances à la tâche de bissection temporelle

La Figure 8 et la Figure 9 illustrent les résultats obtenus pour les deux gammes de durées concernant l'ensemble de nos groupes de participants.

Figure 8. Graphique illustrant la proportion de réponses longues en fonction des durées courtes pour chaque groupe de participants

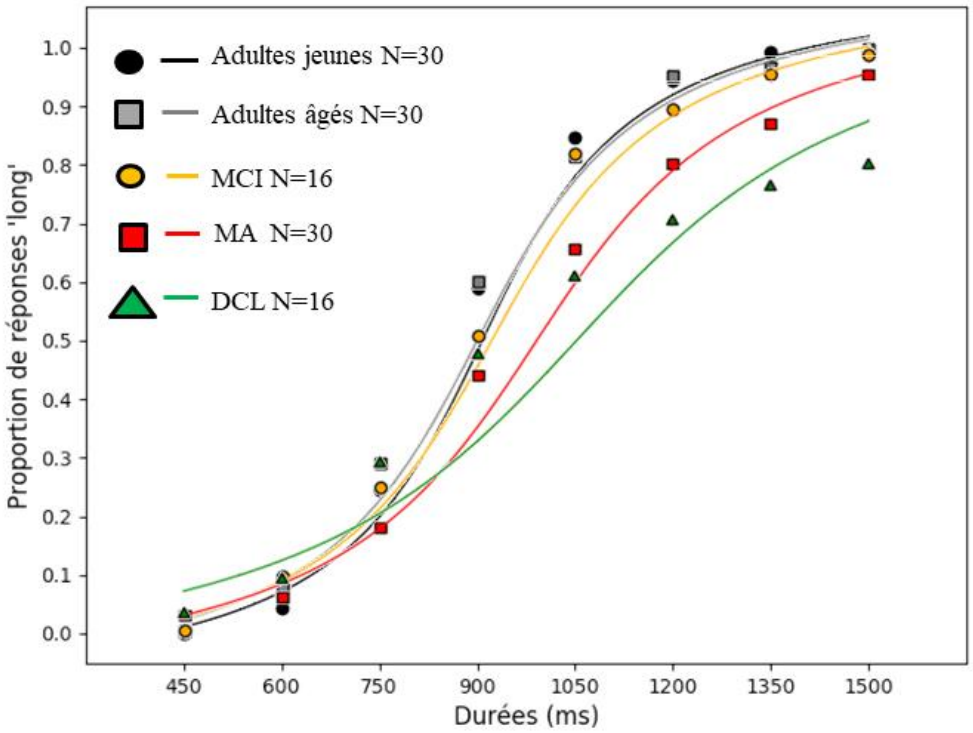
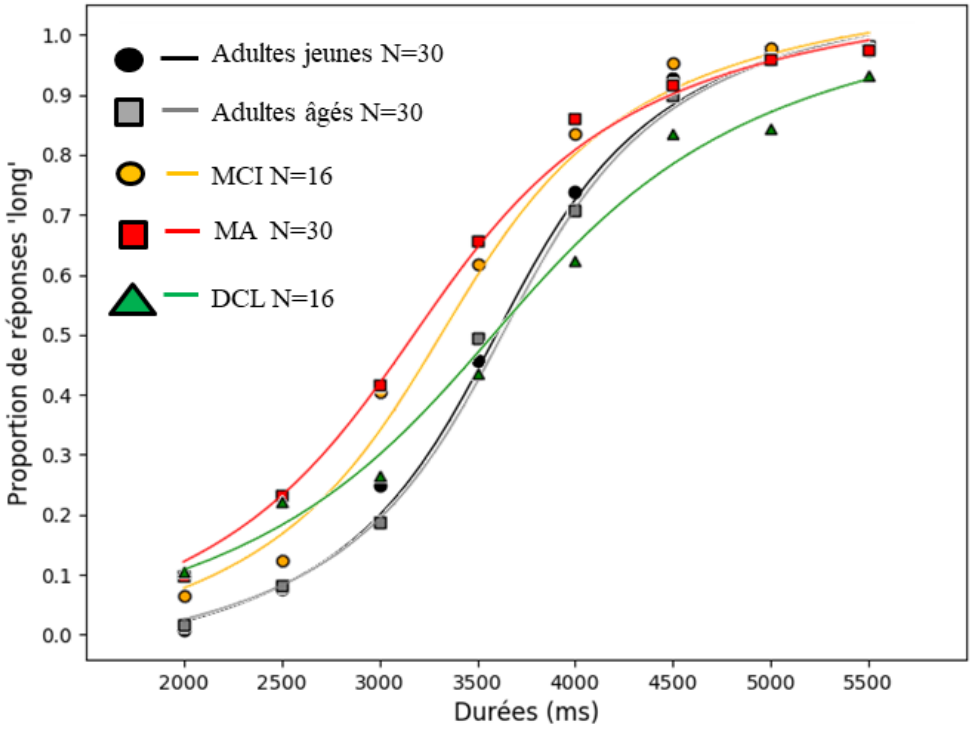


Figure 9. Graphique illustrant la proportion de réponses longues en fonction des durées longues pour chaque groupe de participants



Effet du vieillissement normal sur les performances en bissection :

Nous observons un effet principal de la Tâche (Durées courtes vs Durées longues) sur le PSE (F(1,58)=2667,10, p<0,001, η^2p=0,979). Le PSE des durées courtes est bien évidemment inférieur (M=904 ms, SE =105) à celui des durées longues (M=3616 ms, SE = 411). Par contre, le facteur Groupe (Jeunes vs Agés contrôles) n'est pas significatif (F(1,58)=0,13, p>.7), ni l'interaction entre la Tâche et le Groupe (F(1,58)=0,03, p>.1).

Nous observons un effet principal de la Tâche sur la pente (F(1,58)=1764,05, p<0,001, η^2p=0,968). Les pentes dans la tâche Durées courtes sont plus élevées (M=0,0061, ET=6^{e-4}) que dans la tâche Durées Longues (M=0,0018, ET=2^{e-4}). Le facteur Groupe n'atteint pas le seuil de significativité (F(1,58)=3,49, p=.067). Toutefois, l'interaction entre la Tâche et le Groupe est significative (F(1,58)=4,50, p=.04, η^2p =0,072). Les tests post-hoc montrent que la différence entre Durées Courtes et Durées longues est marquée chez les jeunes comme chez les âgés (tous les ps<.001, Tailles d'effet >0,004). Toutefois, en Durées courtes (p=.038), les âgés (M=0,0059, ET=8^{e-4}) ont des pentes plus faibles que les jeunes (M=0,0063, ET=6^{e-4}). Cet effet n'est pas observé en Durées longues (p>.5).

Nous observons un effet principal de la Tâche sur le ratio de Weber (F(1,58)=13,76, p<0,001, η^2p =0,192). Le ratio de Weber en Durées courtes est plus élevé (M=0,137, ET=0,028) qu'en Durées longues (M=0,112, ET=0,025). Nous ne constatons pas d'effet principal du Groupe sur le ratio de Weber, ni d'effet d'interaction entre la Tâche et le Groupe (Tous les Fs<1,58 et tous les p>0,213).

En conclusion, nous nous attendions à un effet du Groupe sur la manière de catégoriser les durées. Notre hypothèse principale n'est que partiellement validée. Nous observons un effet de l'âge restreint aux durées courtes et sur la pente.

Effet du vieillissement pathologique sur les performances en bissection :

L'ANOVA confirme l'effet principal de la Tâche (Durées courtes vs Durées longues) sur le PSE (F(1,88)=1047,77, p<0,001, η^2p=0,923). Le PSE des durées courtes est bien évidemment inférieur (M=986 ms, SE =257) à celui des durées longues (M=3670 ms, SE =

6801). Le facteur Groupe (Agés contrôles, MCI, MA, DCL) n'atteint pas le seuil de significativité ($F(3,88)=2,38$, $p=.075$). Toutefois l'interaction entre la Tâche et le Groupe est significative ($F(3,88)=4,53$, $p=.005$, η^2p =0,134). Les analyses post-doc révèlent d'une part que les patients DCL ont des PSE plus élevés pour les Durées courtes uniquement (M=1158, SE=480) que les participants âgés contrôles (M=910 ms, SE=107, p=0,002), les patients MCI (M=948 ms, SE=148, p=0,017) et les patients MA (M=991 ms, SE=203, p=0,030). Autrement dit les patients DCL sous-estiment les durées courtes par rapport aux autres groupes. D'autre part, les analyses post-doc révèlent que les patients MA ont des PSE plus faibles (M=3098 ms, SE = 607) que les participants âgés contrôles (M=3631 ms, SE =417) pour les durées longues uniquement (p=0,002). Autrement dit les patients MA sur-estiment les durées longues par rapport aux participants contrôles.

Nous observons un effet principal de la Tâche sur les pentes ($F(1,88) = 864,9$; $p<0,001$, η^2p =0,908). Les pentes sont plus importantes pour les durées courtes (M=0,0054, ET=4^{e-}4) que longues (M=0,0013, ET=4^{e-}4). Nous observons également un effet du Groupe ($F(3,88)=10,9$, $p<0,001$, η^2p =0,270). Les patients DCL ont des pentes plus faibles que les patients contrôles, les patients MA et les patients MCI (toutes les tailles d'effets > 7^{e-4}, tous les ps<0,001). Les patients MA ont également des pentes plus faibles que les participants âgés contrôles (Taille d'effet = 4^{e-4}, p=0,014). Toutefois, l'interaction entre les facteurs est significative ($F(3,88)=4,06$, $p<.01$, η^2p =0,122) et révèle que l'effet observé chez les MA est surtout significatif pour les durées longues ($p<.001$), il n'atteint pas le seuil de significativité pour les durées courtes ($p>.07$).

Nous ne constatons pas d'effet principal de la Tâche sur les ratios de Weber ($F(1,88)<1$, $p>0,5$). Le facteur Groupe est par contre significatif ($F(3,88)= 5,07$, $p=0,003$, η^2p =0,147). Les analyses post-hoc révèlent que les patients MA ($p<0,02$) et les patients DCL ($p<0,001$) ont des ratios de Weber plus élevés que les participants contrôles. Les patients DCL ont également des ratios de Weber plus élevés que les patients MCI ($p<0,03$) et ont tendance à avoir des ratios de Weber plus élevés que les patients MA (p=0,09). Ces effets dépendent toutefois de la Tâche ($F(3,88)=5,07$, $p=0,016$, η^2p =0,110). Les tests post-hoc révèlent que le ratio de Weber des Durées courtes est plus élevé chez les patients avec une DCL (M=0,214, ET=0,140) que chez les âgés contrôles (M=0,137, ET=0,029, p<0,001), les patients avec une MA (M=0,147, ET=0,048, p=0,01) et les patients MCI (M=0,149, ET=0,041, p<0,01). Le ratio

de Weber des Durées longues est également plus élevé chez les patients avec une DCL (M=0,181, ET=0,140) que chez les âgés contrôles (M=0,112, ET=0,100, p<0,001). Enfin, Le ratio de Weber est plus élevé chez les patients avec une MA (M=0,181, ET=0,140) que chez les âgés contrôles (M=0,112, ET=0,100, p<0,001) mais pour les Durées longues uniquement.

En conclusion, nous nous attendions à un effet du Groupe sur nos indicateurs avec notamment une pente plus faible et un ratio de Weber plus élevé chez les patients avec une DCL par rapport à tous les tous autres groupes et chez les patients avec une MA par rapport aux patients avec un MCI et aux participants contrôles. Les résultats confirment notre hypothèse selon laquelle la perception des durées Courtes est particulièrement impactée chez les patients avec une DCL qui ont tendance à sous-estimer les durées, comparés aux autres groupes. Par contre, concernant les patients MA, nous ne nous attendions pas à un effet restreint aux durées longues (liée à une sur-estimation des durées), ni à une absence de différence entre MCI et patients atteints d'Alzheimer.

Analyses de corrélation entre les performances à la tâche de bissection et les fonctions cognitives

Les valeurs de corrélation (positives ou négatives) obtenues sont récapitulées dans le Tableau 4. Les résultats montrent des corrélations de Pearson significatives entre les indicateurs de bissection temporelle (ratio de Weber, pente) et les capacités attentionnelles (excepté en ce qui concerne le ratio de Weber pour les durées longues). Ces résultats indiquent que meilleures sont les capacités attentionnelles, meilleure est la manière de catégoriser les durées. Cela concerne les deux types de tâches (durées courtes et durées longues), mais est plus marqué pour les durées courtes (i.e. ratios de Weber plus élevés et pentes plus faibles avec des capacités attentionnelles décroissantes) que pour les durées longues (pentes plus faibles uniquement).

Les résultats montrent également des corrélations de Pearson significatives entre les indicateurs de bissection temporelle et les capacités de mémoire de travail. Cela signifie que meilleures sont les capacités en mémoire à court terme, meilleure est la manière de catégoriser les durées, concernant les deux types de tâches.

Par contre nous n'observons pas de corrélation significative entre les indicateurs de bissection temporelle et les capacités en mémoire à court terme, en fonctions exécutives et en mémoire épisodique.

Nos résultats confirment donc le lien entre la capacité de catégoriser des durées et les capacités attentionnelles, et de mémoire de travail concernant les deux types de durées (courtes et longues). Comme attendu, la mémoire épisodique ne semble pas déterminante pour ces gammes de durées. De façon moins attendue, nous n'observons pas de corrélation entre les performances à la tâche de bissection temporelle d'une part et la mémoire à court terme et les fonctions exécutives d'autre part.

Tableau 4. Résultats des corrélations obtenues entre les indicateurs de Ratio de Weber et de Pente de la tâche de bissection temporelle (d'une part pour les durées courtes, d'autre part pour les durées longues), et les notes z globales en attention, fonctions exécutives, mémoire à court terme, mémoire de travail et mémoire épisodique.

	Tâche de bissection pour les durées comprises entre 450 et 1500 msec		Tâche de bissection pour les durées comprises entre 2000 et 5500 msec	
	Ratio de Weber	Pente	Ratio de Weber	Pente
Note z globale attentionnelle	r=0,385* *p*<.001	r=-0,503* *p*<.001	r=0,176 *p*<.053	r=-0,377* *p*<.001
Note z globale mémoire court terme	r=-0,180 *p*=0,115	r=0,169 *p*=0,138	r=-0,040 *p*=0,726	r=0,330 *p*=0,003
Note z globale mémoire de travail	r=-0,284* *p*=0,001	r=0,427* *p*<.001	r=-0,454* *p*=0,001	r=0,390* *p*<.001
Note z globale fonctions exécutives	r=-0,264 *p*=0,039	r=0,354 *P*=0,005	r=0,254 *p*=0,048	r=0,317 *p*=0,013
Note z globale mémoire épisodique	r=0,308 *p*=0,033	r=-0,269 *p*=0,064	r=-0,132 *P*=0,371	r=-0,188 *P*=0,201

*Un astérisque signifie que les valeurs corrélations sont significatives (en rouge). Le seuil statistique a été fixé à p < .0025. Pour rappel, contrairement à toutes les autres Note z calculée, plus la note z globale attentionnelle est grande, plus la fonction est déficitaire.

Effet du vieillissement normal et pathologique sur les capacités de perspectives temporelles

Effet du vieillissement normal sur la perspective temporelle :

Nous observons un effet du Groupe sur la capacité à se projeter dans le futur (*t(58)*=2,43, *p*<.05, d de Cohen =0,605). Les âgés se projettent moins dans le futur (M=3,11, ET=0,467) que les jeunes (M=3,42, ET=0,532). L'effet du Groupe frôle la significativité sur la capacité à se projeter dans le présent fataliste (*t(58)*=1,99, *p*=.051, d de Cohen =0,513). Les âgés ont tendance se projeter plus dans le présent fataliste (M=2,71, ET=0,82) que les jeunes (M=2,33, ET=0,65). Nous ne constatons pas d'effet du Groupe sur les autres types de perspective temporelle (tous les *Fs*<3,96 et tous les *ps*>0,8). Ces résultats confirment notre hypothèse concernant l'effet du vieillissement sur la perspective temporelle future.

Effet du vieillissement pathologique sur la perspective temporelle :

Nous constatons un effet des pathologies sur le présent hédoniste (*F*(3,88)=2,73, *p*<.05, η^2p =0,085). Les patients se projettent moins dans le présent hédoniste (M pour les patients avec un MCI=3,36, ET=0,496 ; M pour les patients avec une MA=3,10, ET=0,634, M pour les patients avec une DCL=2,99, ET=0,533) comparés aux âgés contrôles (M=3,44, ET=0,648). Nous ne remarquons pas d'autre effet de la pathologie neurodégénérative sur les autres types de perspective temporelle, tous les *Fs*<1,58 et tous les ps>0,201.

Nous ne nous attendions pas à un effet des pathologies sur le présent hédoniste. Nous supposions un effet des pathologies sur le futur, nos hypothèses ne sont pas validées. Nous supposions aussi une moindre projection dans le temps passé, présent, futur chez les patients avec une MA comparés aux patients avec une DCL, ce qui ne semble pas apparaître.

Analyses de corrélation entre la capacité de perspective temporelle et les capacités cognitives

De façon inattendue, nous observons une corrélation significative entre la note z en attention et le présent hédoniste (r=-0,310, p<.001). Plus les capacités attentionnelles sont

efficientes[8], plus les participants s'orientent vers le présent hédoniste. Nous n'observons par contre pas de corrélation significative entre les 5 indicateurs de la perspective temporelle (le passé négatif, le passé positif, le présent fataliste, le présent hédoniste, le futur) et la mémoire épisodique (tous les ps>.106), ni entre ces 5 indicateurs et le score moyen de conscience des troubles (tous les ps>.342). Nous n'observons pas non plus de corrélation significative entre ces indicateurs et les autres fonctions cognitives (mémoire à court terme, mémoire de travail, fonctions exécutives - tous les ps>.056).

Les résultats ne confirment pas l'implication de la mémoire épisodique, ni de la conscience des troubles dans la manière de se projeter dans le temps (passé négatif, positif, présent fataliste, hédoniste, futur). Comme attendu les autres fonctions cognitives (mémoire à court terme, de travail, fonctions exécutives) ne sont pas impliquées dans la tâche de perspective temporelle. De façon inattendue, l'attention est impliquée dans l'orientation vers le présent hédoniste.

Discussion

Lorsque nous dressons une vue d'ensemble des résultats, nous observons des effets très localisés du vieillissement normal sur la cognition temporelle ; les âgés sont moins précis pour catégoriser les durées courtes et se projettent moins dans le futur que les jeunes. Concernant le vieillissement pathologique, les effets de la DCL sur la perception temporelle sont assez massifs. Les patients avec une DCL sont moins précis que les autres groupes quelques soient les durées temporelles à estimer, et ces patients sous-estiment les durées courtes par rapport aux autres groupes. Du fait des troubles attentionnels présents au premier plan chez les patients avec une DCL, cela corrobore en partie le résultat des corrélations qui suggère que les capacités attentionnelles sont de bons prédicteurs des performances à la tâche de bissection (notamment en durées courtes). On peut supposer également que du fait de leurs difficultés exécutives et de leurs fluctuations attentionnelles, les patients avec une DCL auront plus de difficultés à utiliser des stratégies de comptage efficaces lors de ce type de tâche. Les effets sur la perception temporelle sont plus subtils chez les patients présentant une MA et concernent les durées longues uniquement qu'ils

[8] Pour rappel, contrairement à toutes les autres notes z calculées, plus la note z globale attentionnelle est grande, plus la fonction est déficitaire.

sur-estiment comparés aux contrôles, les rendant moins précis. Nous n'observons aucun effet sur la tâche de bissection chez les patients avec un MCI. Concernant la perspective temporelle, nous observons un effet très localisé, avec une projection dans le présent hédoniste moins élevée chez les patients présentant une pathologie quelle qu'elle soit (DCL, MA, MCI), comparés aux contrôles.

Nos résultats montrent tout d'abord que les âgés ont des pentes plus faibles que les jeunes concernant les durées courtes uniquement. Ils sont donc moins précis à estimer les durées courtes que les jeunes lorsqu'ils réalisent la tâche de bissection. Cet effet reste localisé puisqu'il n'est pas reproduit pour les durées longues, et n'est pas observable sur le ratio de Weber. Ce résultat valide ainsi seulement partiellement notre hypothèse selon laquelle les contrôles âgés catégorisent de façon moins précise les durées que les contrôles jeunes dans la tâche de bissection temporelle (Lamotte et Droit-Volet, 2017). D'après Lamotte et Droit-Volet (2017) cette difficulté à catégoriser les durées serait en lien avec les capacités attentionnelles en déclin chez les âgés. Cela rejoint ce que nous observons en termes de corrélation, puisque nous constatons que de bonnes capacités attentionnelles prédisent de bonnes performances à la tâche de bissection. Nous y reviendrons plus tard.

En ce qui concerne la perspective temporelle, nos résultats mettent en évidence que les âgés se projettent moins dans le futur que les jeunes, sans différence entre eux concernant les autres dimensions. Cet effet localisé sur la perspective future confirme notre hypothèse. En effet, Lang et Carstensen (2002) montraient déjà que les âgés se projettent moins dans le futur que les jeunes. D'après nos analyses de corrélations, ce résultat ne peut être expliqué par les capacités cognitives des patients. La diminution des projections futures peut alternativement trouver une explication dans le cadre de la théorie de sélectivité socio-émotionnelle (*Socioemotional Selectivity Theory*, SST, Carstensen, Isaacowitz, & Charles, 1999 ; Reed & Carstensen, 2012). Cette théorie postule que la perspective temporelle future limitée chez les âgés les amènerait en effet à développer des stratégies de régulation différentes de celles des jeunes.

Concernant le vieillissement pathologique, nous observons tout d'abord que les patients avec DCL ont des PSE plus élevés pour les durées courtes comparés aux patients avec une MA, avec un MCI, et aux contrôles. Les patients avec une DCL sous-estiment les durées

courtes par rapport aux autres groupes. De plus, les patients avec une DCL ont des pentes plus faibles que tous les autres groupes. Ils sont donc moins précis à estimer les durées, qu'elles soient courtes ou longues. Le ratio de Weber permet d'observer que les patients DCL sont surtout moins précis pour les durées courtes, pour lesquelles leurs performances sont moins bonnes que tous les autres groupes. Pour les durées longues, les patients DCL sont moins précis que le groupe contrôle uniquement. L'effet de la DCL sur la perception temporelle et en particulier sur les durées courtes est assez massif et valide notre hypothèse. A notre connaissance, un tel résultat n'a jamais été montré auparavant puisque les études précédentes n'ont pas testé la tâche de bissection dans la DCL (Lesimple et al., 2016 ; Pai et al., 2021). Pai et al. (2021) reportent toutefois à l'aide d'une tâche de production les durées que les patients avec une DCL sous-estiment les durées, comparés aux contrôles. Si leurs résultats sont cohérents avec les nôtres, on notera toutefois que leur gamme de durée était beaucoup plus longue que les nôtres (9, 27, et 56 sec), et qu'ils ont testé des patients au stade prodromal de la maladie, ce qui rend difficile la comparaison des résultats.

Les patients avec une MA ont quant à eux des PSE et des pentes plus faibles pour les durées longues uniquement comparés aux contrôles. De façon cohérente, leurs ratios de Weber sont en moyenne plus élevés comparés aux contrôles pour ces durées. Autrement dit, les patients avec une MA sur-estiment les durées longues ce qui les rend moins précis dans leur estimation par rapport aux participants contrôles. Les patients avec MA ont donc une difficulté particulière à catégoriser des durées longues, ce qui ne confirme qu'en partie notre hypothèse. Nos résultats corroborent ceux de Carrasco et al. (2000) qui montrent que les participants atteints de la MA surestiment les intervalles de temps de 5 secondes et de 10 secondes par rapport aux âgés contrôles. Nos résultats corroborent en partie également ceux de Caselli et al. (2009) qui indiquent que les scores des patients avec un MCI à la tâche de bissection ne diffèrent pas des contrôles âgés, néanmoins ils rapportent une variabilité (mesurée par le ratio de weber) plus élevée chez les patients avec un MCI comparés aux contrôles. Cependant, dans leur étude, les gammes de durées sont plus courtes que les nôtres (elles varient entre 100 msec et 3 sec).

Il est très intéressant de noter qu'en fonction du trouble neurodégénératif, les effets sur la tâche de bissection temporelle ne sont pas les mêmes, impliquant des fonctions cognitives spécifiques en fonction de la gamme de durées testées et ouvrant la voie à des

perspectives de prise en charge différentiées en fonction de la pathologie concernée. Cela corrobore également l'hypothèse selon laquelle les fonctions cognitives ont des rôles spécifiques dans ce processus de perception temporelle. Ainsi, la DCL impacte plus particulièrement l'estimation des durées courtes dans notre tâche tandis que la MA impacte plus particulièrement les durées longues. Or les patients avec une DCL sont notamment connus pour présenter des capacités attentionnelles massivement altérées dans leur tableau clinique[9], suggérant que ces capacités pourraient avoir un rôle prépondérant dans l'estimation des durées courtes. En accord avec cette hypothèse, nos analyses de corrélations révèlent que, sur l'ensemble de nos participants, de bonnes capacités attentionnelles prédisent de bonnes performances à la tâche de bissection. Cela est particulièrement marqué pour les durées courtes, pour lesquelles tous les indicateurs de performances à la tâche de bissection corrèlent avec les capacités attentionnelles (alors que pour les durées longues, le ratio de Weber ne corrèle pas avec les capacités attentionnelles). Ainsi, la bissection temporelle, tâche considérée comme faisant le moins appel aux autres fonctions cognitives, implique tout de même des capacités préservées en attention (et en mémoire de travail, voir infra). Cela est cohérent avec les modèles de l'horloge interne tel que celui de Block et Zakay (1996) qui postule l'implication de l'attention et de la mémoire de travail dans la perception temporelle.

A priori, on pourrait s'attendre à ce que les patients avec une MA aient des capacités en mémoire de travail altérées qui expliqueraient leur difficulté spécifique à catégoriser les durées longues. Toutefois, les analyses de contrôle ne valident pas cette proposition. Elles montrent que tous les patients (MCI, MA, DCL) ont des capacités en mémoire de travail réduites par rapports aux âgés, mais que cela n'est pas plus marqué chez les patients avec une MA. On notera à cet égard que la capacité en mémoire de travail semble être également, avec les capacités attentionnelles, un bon prédicteur des performances à la tâche quelles que soient les durées. Les analyses de contrôle montrent que c'est en mémoire épisodique que les patients MA ont un déficit plus marqué par rapport aux autres groupes (ce qui est cliniquement attendu), mais d'après nos analyses de corrélations, cette capacité n'est pas un bon prédicteur des performances à la tâche de bissection (notamment pour durées longues).

[9] Des ANOVAs de contrôle introduisant le groupe comme facteur intra-sujets ont été faites sur chaque fonction cognitive mesurée. Celles-ci confirment notamment que nos patients avec DCL ont des capacités attentionnelles plus faibles que tous les autres groupes.

Il faut toutefois noter que nous avons pris comme indicateur de la mémoire épisodique la note z obtenue en rappel différé à la tâche du RL RI 16 et que cette dernière n'est pas être pas suffisamment spécifique des capacités de stockage en mémoire ; ainsi, d'autres indicateurs de la mémoire épisodique pourraient être étudiés dans de futures recherches (en modalité auditive et visuelle, comme par exemple le dernier rappel total au RL RI 16). Nous pourrions également mesurer dans une autre étude l'impact des fonctions exécutives de façon un peu plus approfondie via d'autres types de tests que la BREF (tels que le Wisconsin du GREFEX, GRECO, 2008) car celles-ci sont fréquemment altérées après la mémoire chez les patients avec une MA (Guichart-Gomez & Hahn, 2016). En effet, les fonctions exécutives pourraient avoir un rôle particulier à jouer dans le cas des durées longues afin de rester centrer sur la tâche sans être distrait et ainsi d'inhiber d'autres pensées alternatives pouvant apparaître lorsque les durées sont longues. Plus particulièrement, elles pourraient avoir une implication lors de la prise de décision afin de juger la durée venant d'être écoutée, ce qui serait assez cohérent avec les modèles de l'horloge interne pour lesquels l'individu doit prendre une décision au moment de la réponse à apporter sur la durée à évaluer (Block & Zakay, 1996).

Nous n'observons aucun effet du MCI sur les résultats de la tâche de bissection, comparés aux contrôles, contrairement à nos suppositions, mais ce qui est en partie en concordance avec les études comme celle de Carrasco et al. (2000), ou comme celle de Caselli et al. (2009), dont les résultats ne sont pas si clairs, montrant notamment la part de variabilité pouvant apparaître au cours du vieillissement normal et pathologique. En effet, peu d'études ont étudié les performances chez les patients avec un MCI dans le cas de la bissection. De plus, Caselli et al. (2009) ont montré une absence de différence significative dans la proportion de réponses courtes et longues à la tâche de bissection entre les patients avec un MCI et les âgés et jeunes contrôles. Ils ont néanmoins montré une variabilité des réponses (via leurs résultats sur le ratio de Weber) chez les patients avec un MCI (de type Alzheimer) pour des durées plus courtes que les nôtres (allant de 100 msec à 3 sec). Dans nos résultats, la tâche de bissection ne semblerait impactée que lorsque l'avancée dans la maladie est plus marquée (comme chez les patients du groupe MA et DCL). Les patients avec un MCI de type Alzheimer présentaient en effet dans notre étude un déficit en mémoire épisodique, mais celle-ci n'étant pas un prédicteur significatif à la tâche de bissection, il

semblerait ainsi assez cohérent que la tâche ne soit pas particulièrement impactée chez les patients avec un MCI de type Alzheimer.

En ce qui concerne la perspective temporelle dans le vieillissement pathologique, nous constatons que les patients (quelle que soit leur pathologie) se projettent moins dans le présent hédoniste que les contrôles. Cet effet très localisé n'était pas particulièrement attendu. Nous n'observons pas d'effet des pathologies sur la perspective future, ni d'effet de la MA sur le temps passé, présent, futur, contrairement à nos hypothèses. Cet effet ne peut pas s'expliquer par la conscience que les patients ont de leur trouble. Nos résultats ne montrent pas de corrélation entre la perspective temporelle (quelle que soit la dimension) et la conscience des troubles. Nous observons par contre une corrélation entre les capacités attentionnelles et la capacité à se projeter dans le présent hédoniste, nous indiquant que les participants se projettent davantage vers le présent hédoniste, lorsque leurs capacités attentionnelles sont bonnes. La présence d'une pathologie neurodégénérative a donc tendance à diminuer la projection dans le présent hédoniste. Et plus les capacités attentionnelles sont faibles, plus ce type de projection diminue. Ce résultat peut être mis en regard des théories de la pleine conscience qui postulent que la capacité à être dans le moment présent dépend en grande partie de nos capacités attentionnelles (Shapiro, Carlson, Astin, & Freedman, 2006). Une telle hypothèse nécessiterait des investigations plus poussées en manipulant par exemple les capacités de pleine conscience des participants ; ainsi, on pourrait supposer qu'un entraînement à la pleine conscience permettrait aux participants de maintenir leurs capacités attentionnelles efficientes au cours du vieillissement et que cet effet pourrait avoir des conséquences sur leur perspective temporelle. Des applications cliniques pourraient ainsi être envisagées et mises en place dans le cadre du vieillissement pathologique.

Notre étude présente plusieurs limites. Tout d'abord, il serait pertinent pour mieux comprendre les données et explorer plus en profondeur leur richesse, de tester des modèles statistiques plus complets, telles que des ANCOVA ou des modèles mixtes, qui permettent d'étudier des interactions entre variables dépendantes et régresseurs, voire des effets d'interactions entre plusieurs régresseurs sur une même variable. Nos analyses de corrélations révèlent par exemple très peu d'effet des capacités cognitives sur la perspective temporelle (hormis les capacités attentionnelles qui corrèlent avec la capacité à se projeter

dans le présent hédoniste). Mais une pathologie ne peut pas (et ne doit pas) être caractérisée par une fonction déficitaire unique. Le système cognitif est dynamique et se caractérise par des capacités cognitives uniques en interaction. Des modèles statistiques plus complets nous permettraient de déterminer si des combinaisons de plusieurs fonctions cognitives pourraient mieux rendre compte des capacités en cognition temporelle que des capacités isolées. Dans le même ordre d'idée, nous pourrions, tout comme Lamotte et Droit-Volet (2017), tester des modèles de régression hiérarchique pour mieux estimer le poids des différentes fonctions dans la cognition temporelle. Nous avons commencé à réaliser de tels modèles et il apparaît (en accord avec nos autres résultats) que la capacité attentionnelle serait le meilleur prédicteur de la capacité à catégoriser les durées (meilleur que la mémoire de travail). Nous pourrions poursuivre ce type d'analyses en ajoutant comme régresseur catégoriel les pathologies étudiées.

Nous constatons que les résultats à la tâche de perspective temporelle ne sont *a priori* pas explicables par les fonctions cognitives étudiées. Cela pourrait être en partie dû au fait que le questionnaire utilisé, le ZTPI, présente un certain nombre de biais. Les étapes de validation nécessaires à la publication d'un outil n'ont pas toutes été réalisées : la validité concomitante et de contenu ainsi que la fidélité n'ont pas été testées, ce qui limite son usage et son interprétation. Par ailleurs, le ZTPI ne prend pas en compte de façon complète la dimension future (qui n'est présentée que selon une valence hédonique contrairement aux autres dimensions), selon Apostolidis et Fieulaine (2004). Nous pourrions à l'avenir utiliser d'autres types de questionnaire comme la FTPS (Future Time Perspective Scale, récemment validée en langue française mais non encore étalonnée) pour nous pencher un peu plus spécifiquement sur l'effet de l'avancée en âge sur le futur. Ce questionnaire pourrait être utilisé ultérieurement chez les patients (présentant une maladie de type MA ou DCL notamment) pour explorer un effet potentiel des pathologies sur le futur une fois l'élaboration de normes effectuée.

Enfin, une dimension que nous avons mise de côté à ce stade est l'émotion. Pour étudier la cognition temporelle de façon plus globale, il parait important de la prendre en compte, en plus des fonctions cognitives étudiées ici, pour mieux rendre compte de l'évolution de la cognition temporelle lors de l'avancée en âge normal et pathologique (Droit-Volet, 2019).

Conclusion

En conclusion, nos résultats montrent que la tâche de bissection temporelle est impactée par le vieillissement normal et pathologique. A ce stade, cela semble principalement lié aux capacités attentionnelles des participants et dans une moindre mesure, à leur capacité en mémoire de travail. Différents types de démence peuvent avoir des impacts différenciés sur cette tâche, corroborant l'hypothèse qu'il n'y a pas de perception temporelle pure. Les capacités en perspective temporelle mesurées à l'aide de la ZTPI sont quant à elle peu impactées par le vieillissement normal et pathologique et très peu prédites par les capacités dans les différentes fonctions cognitives testées. Explorer la dimension émotionnelle des participants serait peut-être plus à même de nous éclairer sur cet aspect de la cognition temporelle.

Etude 2. Validation française d'une version adaptée d'une échelle de perspective temporelle future, *The Future Time Perspective Scale* (FTPS), auprès d'une population d'adultes d'âge jeune à âgé

Un article a été soumis et accepté dans la revue L'Année Psychologique dans le cadre de cette étude. Sanfourche-Gaume, T., de Montalembert M., Vieillard S. (Accepté). Validation française d'une version adaptée d'une échelle de perspective temporelle future, *The Future Time Perspective Scale* (FTPS), auprès d'une population d'adultes d'âge jeune à âgé. *L'Année Psychologique*. (Questionnaire validé en Annexe 4).

Il a été choisi d'étoffer les parties introduction et discussion dans le cadre de la présente thèse (par rapport à l'article).

Introduction

Aujourd'hui, il est admis qu'avec l'avancée en âge, la PTF des individus évoluerait dans le sens d'une perception du temps qui reste à vivre de plus en plus limitée (e.g., Carelli, Wiberg, & Wiberg, 2011; Carstensen, Isaacowitz, & Charles, 1999 ; Grünh, Sharifian, & Chu, 2016 ; Lang & Carstensen, 2002). Pour mesurer la PTF, il existe au moins deux échelles utilisées en psychologie, le *Zimbardo Time Perspective Scale* (ZTPI, version française, Apostolidis & Fieulaine, 2004 ; et validation française d'une version courte du ZTPI, Fritsch & Cuervo-Lombard, 2021) et la *Future Time Perspective Scale* (FTPS, version princeps anglaise, Lang & Carstensen, 2002). Les deux échelles sont décrites ci-dessous montrant les limites liées au ZTPI et l'intérêt de la FTPS.

Le ZTPI est principalement utilisé pour mesurer le degré d'adaptation des attitudes (pensées, sentiments) et des comportements (réactions) des individus à l'égard de leur santé. Le ZTPI a été utilisé dans le cadre du dépistage du cancer du sein (Guarino, De Pascalis, & Di Chiacchio, 1999), ou dans le cadre du dépistage de la prise de substances psychoactives (Wills, Sandy, & Yaeger, 2001), ou bien encore dans le cadre de la détection de troubles anxio-dépressifs (Fritsch & Cuervo-Lombard, 2021), dans une perspective de détection des comportements à

risque et dans un but de prévention de leurs conséquences. De Beni, Borella, Carretti, Zavagnin, Lazzarini, et Milojevi (2013) ont utilisé ce questionnaire dans leurs travaux sur le vieillissement normal pour étudier comment le comportement des individus est influencé par leur manière de se projeter dans le temps. Dans cette perspective, les auteurs se sont appuyés sur le concept théorique de la prospection épisodique (désignant la pensée épisodique future, ou autrement dit la projection de soi dans le futur, comme défini de façon plus détaillé dans la partie introduction théorique de la présente thèse). Le ZTPI a été validé en plusieurs langues (e.g., anglo-américaine, Zimbardo & Boyd, 1999 ; française, Apostolidis & Fieulaine, 2004). Dans sa version anglo-américaine, le ZTPI est composé de 56 items structurés en cinq dimensions. Les cinq dimensions de cet outil sont le passé positif (e.g., « Le fait de penser à mon passé me donne du plaisir »), le passé négatif (e.g., « Je pense souvent à ce que j'aurais dû faire autrement »), le présent fataliste (e.g., « Le destin détermine beaucoup de choses dans ma vie »), le présent hédoniste (e.g., « Mon idéal serait de vivre chaque jour comme si c'était le dernier ») et le futur (e.g., « Je fais aboutir mes projets à temps, en progressant étape par étape »). Elles correspondent aux trois registres temporels (le passé, le présent, le futur) et à l'attitude (ou la valence) des individus envers ces registres (le passé positif et négatif, le présent hédoniste et fataliste, et enfin le futur pour lequel le caractère positif ou négatif de la valence n'est pas contrôlé, ce qui est une limite dans ce questionnaire)[10]. Les analyses factorielles et confirmatoires réalisées par Zimbardo et Boyd (1999) révèlent que ces cinq facteurs n'expliquent que 36% de la variance totale ce qui rend fragile l'interprétation des données obtenues lors de l'utilisation de ce questionnaire. Par ailleurs, l'absence de contrôle systématique de la valence positive ou négative de la totalité des trois registres temporels et en particulier de la PTF constitue une limite dans l'équilibre structurel de l'outil. Il est intéressant de noter que la version princeps anglo-américaine du ZTPI a fait l'objet d'une validation en langue française par Apostolidis et Fieulaine (2004). Une validation française a récemment été réalisée à partir d'une version plus courte (en 15 items) de l'échelle ZTPI (Fritsch & Cuervo-Lombard, 2021) sur la base de l'échelle validée par Apostolidis et Fieulaine (2004). Bien que le travail des différents auteurs

[10] La structure factorielle n'a pas révélé deux dimensions concernant le futur (pas de distinction en termes de valence positive et négative). Le questionnaire initial en langue anglaise a été élaboré suite à des interviews réalisées auprès d'étudiants anglo-américains. Le fait que les participants soient uniquement des étudiants à l'université constituent une des limites pouvant expliquer en partie la structure factorielle observée.

du ZTPI (dans sa version intégrale et dans sa version plus courte) ait reposé sur une démarche dite : « définitoire destinée à établir la validité de contenu et la validité de construit de l'outil dans sa version française » (Apostolidis & Fieulaine, 2004, p. 210), leur stratégie de validation est demeurée partielle car elle n'intègre pas la totalité des étapes de validation transculturelle nécessaire à l'estimation du degré de validité et de fidélité d'un outil psychométrique (Vallerand, 1989). En effet, les étapes manquantes concernent la validité concomitante et de contenu avec des participants bilingues, et l'analyse de la fidélité avec la mesure de la consistance interne et la stabilité temporelle. En outre, ces versions françaises du ZTPI (Apostolidis & Fieulaine, 2004 ; Fritsch & Cuervo-Lombard, 2021) ne corrigent pas la limite structurelle de l'outil relative à la valence hédonique de la dimension temporelle future uniquement envisagée dans une perspective positive.

Dans le domaine des études sur la perspective temporelle, il existe une autre échelle mesurant spécifiquement la PTF. Cette échelle, connue sous le nom de *Future Time Perspective Scale* ou FTPS (Lang & Carstensen, 2002) a initialement été conçue pour étudier la PTF des individus en fonction de leur avancée en âge et pour examiner les rapports entre la PTF et les comportements tels que l'attitude vis-à-vis de la consommation de tabac (Sansone, Fong, Hall, Guignard, Beck, Mons, & Jiang, 2013) ou la satisfaction de vie (Strough, De Bruin, Parker, Lemaster, Pichayayothin, & Delaney, 2016). Dans sa version initiale en langue anglaise, l'échelle comporte 10 items, à savoir 8 items axés sur la PTF illimitée et uniquement 2 items axés sur la PTF limitée (Carstensen & Lang, 1996). Toutefois, selon Cate et John (2007) et Strough et al. (2016), la PTF pourrait être appréhendée non pas comme un construit à une dimension où le futur limité et le futur illimité constitueraient une dimension sur un continuum temporel, mais comme un construit à deux dimensions : le futur limité et le futur illimité. Sur cette base, Cate et John (2007) ont ajouté à l'échelle un item relatif au futur limité « Je mesure combien le temps qu'il me reste est important » axé sur les limitations de vie, afin de renforcer l'équilibre psychométrique de l'échelle. Par la suite, Strough et al. (2016) ont continué à enrichir l'échelle avec l'ajout d'un autre item mesurant un temps futur limité « Il me reste peu de temps pour vivre ma vie ». L'échelle FTPS dans sa version complète anglaise comporte donc 12 items (voir Figure 10 Echelle FTPS en langue anglaise), avec 8 items axés sur le futur illimité (e.g., « Mon avenir me semble infini ») et 4 items axés sur le futur limité (e.g., « En vieillissant je réalise que le temps est limité »). Avec

cette version à 12 items, les participants obtiennent deux scores : un score de PTF limitée et un score de PTF illimitée. Plus le score est élevé, plus la perspective temporelle concernée (PTF limitée *versus* illimitée) est jugée importante pour le sujet. Selon Cate et John (2007), puis Strough et al. (2016), un individu peut donc tout à la fois percevoir les limites du temps qu'il lui reste à vivre (rendant compte d'une PTF limitée) et également toutes les opportunités qui s'offrent à lui dans le même temps (rendant compte d'une PTF illimitée). Autrement dit, un individu peut tout à fait percevoir que son temps se réduit au fur et à mesure de son vieillissement, et en même temps, ou de ce fait, penser aux opportunités (aux chances, aux possibilités) qu'il lui reste également à vivre dans ce temps limité (e.g. passer du temps avec ses offres, ses enfants, ses petits-enfants). C'est cette version à 12 items qui fait l'objet d'une validation transculturelle dans la présente étude.

La FTPS a été traduite en plusieurs langues (i.e., chinoise, allemande, hollandaise, italienne, japonaise, polonaise, portugaise et espagnole, Carstensen & Lang, 2002). Elle a fait l'objet d'une étude de validation en langue anglaise (Strough et al., 2016). À ce jour, à notre connaissance, la FTPS n'a pas fait l'objet de traduction, ni de validation psychométrique en langue française, ce qui limite son usage et par conséquent la compréhension de la manière dont les individus perçoivent le temps futur en fonction de leur âge mais également de leur santé.

Figure 10. Echelle FTPS en langue anglaise

	Very untrue 1 2 3 4 5 6 Very true 7
1. Many opportunities await me in the future.	O——O——O——O——O——O——O
2. I expect that I will set many new goals in the future.	O——O——O——O——O——O——O
3. My future is filled with possibilities.	O——O——O——O——O——O——O
4. Most of my life still lies ahead of me.	O——O——O——O——O——O——O
5. My future seems infinite to me.	O——O——O——O——O——O——O
6. There is plenty of time left in my life to make new plans.	O——O——O——O——O——O——O
7. I could do anything I want in the future.	O——O——O——O——O——O——O
8. I have the sense that time is running out.	O——O——O——O——O——O——O
9. There are only limited possibilities in my future.	O——O——O——O——O——O——O
10. As I get older, I begin to experience that time is limited.	O——O——O——O——O——O——O
11. I feel the importance of time's passing.	O——O——O——O——O——O——O
12. I have limited time left to live my life.	O——O——O——O——O——O——O

Instructions : Lisez chaque élément et, aussi honnêtement que possible, répondez aux questions : « Dans quelle mesure est-ce vrai de vous ? » Coloriez l'ovale sous le nombre approprié sur l'échelle, où 1 signifie que la déclaration est très fausse pour vous et 7 signifie que la déclaration est très vraie pour vous.

Instructions: Read each item and, as honestly as you can, answer the questions: "How true is this of you?" Shade the oval under the appropriate number on the scale, where 1 means the statement is very untrue for you and 7 means that the statement is very true for you.

Sur un plan conceptuel, la FTPS s'inscrit dans le cadre de la théorie de la sélectivité socio-émotionnelle (ou *Socioemotional Selectivity Theory*, SST, Carstensen et al., 1999 ; Lang & Carstensen, 2002). Selon la SST, une PTF perçue comme limitée entraînerait la mise en œuvre de certains changements motivationnels dans la manière de traiter l'information émotionnelle. La PTF limitée structurerait les buts et les motivations des individus. Ainsi, une conscience accrue du temps limité qui reste à vivre les amènerait à diriger leur attention sur les aspects émotionnels de leur existence. Plus généralement, la conscience du temps limité

ou illimité qui reste à vivre déterminerait alors la priorité de contenu des buts (i.e., en quoi consistent les principaux objectifs de vie des individus). Ainsi, lorsque le futur est perçu comme illimité, les buts prioritaires des individus seraient l'optimisation du futur et se manifesteraient par l'accumulation de connaissances et d'expériences pour une recherche d'autonomie. En revanche, lorsque le futur est perçu comme limité, comme c'est le cas chez les personnes d'âge avancé, les buts seraient plus tournés vers l'équilibre émotionnel, c'est-à-dire le maintien du niveau de bien-être grâce à la recherche de bénéfices immédiats fondés sur des relations privilégiées avec la famille et les partenaires proches au sein d'un réseau social restreint (Carstensen et al., 1999) ainsi que sur une activité de régulation émotionnelle (e.g., Kennedy, Mather, & Carstensen, 2004) mise au service d'un équilibre affectif. Baird, Webb, Sirois, et Gibson-Miller (2021) montrent que les buts de vie associés à la PT (en l'occurrence la PTF) sont liés à la capacité d'autorégulation des individus (i.e. leur capacité à adapter leur comportement pour atteindre leurs objectifs). Ces auteurs soulignent que la PTF est associée à une satisfaction de vie, une bonne santé objective, un bien-être au travail et une absence de procrastination. La transformation des buts émotionnels sous tendue par une centration autour de la régulation des affects caractériserait les modifications du traitement de l'information avec l'avancée en âge (e.g., Vieillard & Harm, 2013 ; Vieillard, 2017).

Ces modifications se traduiraient également par une tendance des aînés à privilégier l'information positive sur l'information négative dans des tâches cognitives d'évaluation des caractéristiques affectives de stimuli (Vieillard & Harm, 2013), d'attention (Mather & Carstensen, 2003 ; Vieillard & Bigand, 2014), de mémoire (Charles, Mather, & Carstensen, 2003 ; Vieillard & Gilet, 2013), ou encore de prise de décision (Mendes, 2010). Ce traitement privilégié de l'information positive sur l'information négative, connu sous le nom d'effet de positivité (e.g., Reed & Carstensen, 2012), serait la manifestation d'une meilleure capacité des aînés par rapport aux jeunes, à réguler leurs émotions. (Voir Vieillard, 2017 pour une revue de littérature critique).

Grühn et al. (2016) ou encore Vieillard (2017) soulignent la nécessité de prendre en compte des approches théoriques alternatives telles que la théorie d'intégration dynamique (ou *Dynamic Integration Theory*, Labouvie-Vief, Grühn, & Studer, 2010) pour compléter les explications relatives aux modifications qui s'opèrent avec l'avancée en âge. Ainsi, selon la

théorie d'intégration dynamique (Labouvie-Vief et al., 2010), la régulation émotionnelle des aînés serait contrainte par le déclin cognitif dû au vieillissement. La préférence des aînés pour les informations positives serait selon cette théorie la conséquence d'une difficulté des aînés à traiter les informations négatives (plus coûteuses cognitivement) que les informations positives. L'effet de positivité compenserait alors cette difficulté de traitement de l'information négative. La régulation émotionnelle dépendrait ainsi du contexte émotionnel dans lequel évolue l'individu. Lorsque les émotions sont peu intenses, les aînés réussiraient à maintenir un niveau satisfaisant de bien-être. Et quand les émotions deviennent trop intenses, la régulation émotionnelle serait difficile (autrement dit coûteuse cognitivement) du fait du déclin cognitif. Les aînés se désengageraient alors des contextes émotionnels intenses ressentis comme désagréables. Cette théorie a été corroborée par des études empiriques mettant en évidence que les aînés présentent un plus fort degré d'interférence que les jeunes dans des tâches de traitement verbal négatif intense (e.g. Grühn, Smith, & Baltes, 2005 ; Wurm, Labouvie-Vief, Aycock, Rebucal, & Koch, 2004). De plus, Grühn et al. (2016) soulignent également la nécessité d'intégrer dans ces approches théoriques alternatives la conscience de la santé des individus. Grühn et al. (2016) ont en effet montré que les individus rapportant une faible santé ont une PTF plus limitée que les individus avec une excellente santé rapportée, quel que soit leur âge. Les auteurs ont observé que les individus rapportant une santé plus fragile présentent plus d'émotions négatives que d'émotions positives, ce qui entre en contradiction avec l'idée selon laquelle la PTF limitée est associée à davantage d'émotions positives que négatives comme c'est le cas avec l'avancée en âge d'après les travaux mentionnés plus haut (e.g., Charles et al., 2003 ; Kennedy et al., 2004). Prendre en considération la conscience de la santé ainsi que la capacité d'autorégulation (Baird et al., 2021) contribuerait ainsi à mieux comprendre les relations entre les émotions et la PTF dans le cadre du vieillissement normal. En ce sens, certains auteurs suggèrent que lorsque les individus se projettent mentalement dans le temps futur, ceux-ci ressentiraient de façon subjective une pré-expérience ou autrement dit un sentiment de pré-viviscence de ce que pourrait être leur futur (Burns & Russell, 2016 ; D'Argembeau & Van der Linden, 2012 ; Suddendorf & Corballis, 2007). Les relations entre le sentiment de pré-viviscence, la conscience de la santé, et la capacité à s'autoréguler émotionnellement n'ont, à notre connaissance, pas encore été étudiées par des recherches empiriques, ce qui pourrait être intéressant dans de futures recherches. Ainsi, la prise en

compte des états émotionnels intéroceptifs (i.e. ressentis de façon interne) contribuerait dans d'autres études à mieux comprendre les relations entre la pré-viviscence, la conscience de sa santé, et l'autorégulation émotionnelle.

L'objectif de la présente étude est de proposer une validation psychométrique de l'échelle FTPS (en 12 items) en langue française afin de l'utiliser auprès d'une population d'adultes jeunes et âgés afin de mieux comprendre les changements de PTF lors du vieillissement. Cet outil permettra aux cliniciens et aux chercheurs de mieux comprendre les modifications motivationnelles et émotionnelles des individus avec l'avancée en âge.

Méthode

La procédure de validation utilisée suit la démarche méthodologique de validation transculturelle proposée par Vallerand (1989). Comme recommandé par l'auteur, la procédure s'est déroulée en plusieurs grandes étapes incluant tout d'abord l'élaboration et l'évaluation d'une version préliminaire de l'échelle en 12 items (Strough et al., 2016) traduite en langue française grâce à la technique du comité. Cette technique consiste en la traduction de l'échelle par plusieurs chercheurs experts dans le domaine de la PTF et en matière de traduction dans les langues cibles utilisées (anglaise et française). Les étapes suivantes ont incluent la réalisation d'un pré-test de la version précédemment traduite à l'aide de la technique du test-retest qui consiste à réaliser une première passation de l'échelle (i.e., compléter l'échelle FTPS) auprès d'un groupe de participants jeunes et âgés et à effectuer une deuxième passation (i.e., recompléter l'échelle) auprès du même groupe de participants. Cette technique permet de vérifier la clarté et l'usage de la langue cible française. Les étapes suivantes ont porté sur l'estimation de la validité concomitante et de contenu visant à tester si un groupe de bilingues répondait de la même manière aux versions anglaise et française et par conséquent à vérifier si les items de l'outil mesuraient bien ce qu'ils étaient supposés mesurer. Suite à cette étape, le degré de fidélité de l'outil a été estimé auprès d'un groupe de participants jeunes et âgés. Cette analyse de la fidélité a permis de vérifier la consistance interne et la stabilité temporelle de l'échelle. Enfin la dernière étape a consisté à évaluer la validité de construit de la version française de l'échelle FTPS grâce à l'étude de la structure de l'échelle et des effets de l'âge sur les scores à la PTF. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aides des logiciels Statistica (version 13.5) et Jamovi (version 1.1.9).

Traduction en langue française

Une version préliminaire de l'échelle FTPS en langue anglaise en 12 items (Lang & Carstensen, 2002; Strough et al., 2016) a été traduite en langue française grâce à la technique du comité, composé de deux enseignants-chercheurs disposant d'une expertise linguistique dans les langues anglaise et française ainsi qu'une expertise théorique au sujet du construit étudié de la PTF. Lors de la traduction les deux enseignants-chercheurs ont évalué le respect du sens de chaque item traduit, du sens lié au construit théorique et des propriétés linguistiques de la langue cible française. (Voir Annexe 3. Première traduction de l'échelle FTPS en langue française).

Pré-test de la clarté des items traduits en français

Un pré-test du niveau de clarté des items traduits précédemment a été réalisé grâce à la technique du test-retest. Le pré-test a permis de vérifier que les items sont rédigés clairement et sans ambiguïté de sens « dans un langage qui s'apparente bien à celui de la population cible » (Vallerand, 1989). La version préalablement traduite en français a été présentée à 90 participants (*M* = 23,4 ans ; *ET* = 6,88 ans ; étendue = 18 – 55 ans ; comprenant 20 % d'hommes). Ces derniers avaient pour consigne d'évaluer la clarté de chaque item sur deux échelles de Likert en 5 points allant de « Non pas du tout » à « Oui tout à fait ». Sur la première échelle, les participants indiquaient dans quelle mesure ils pensaient que la formulation de la phrase est fidèle à l'usage courant dans la langue française. Sur la deuxième échelle, ils devaient indiquer dans quelle mesure ils pensaient que la formulation de la phrase est compréhensible. Certains items n'ont pas été jugés suffisamment clairs, c'est-à-dire qu'ils présentaient chacun un score inférieur à 3 (correspond à la médiane de l'échelle utilisée, de 1 à 5 ; item 1 « Beaucoup de possibilités m'attendent dans l'avenir » ; item 5 « mon avenir me paraît sans limite » ; item 9 « Mon avenir ne me donne que peu de possibilités » ; item 10 « En vieillissant je commence à sentir les limites du temps »). Une nouvelle traduction a alors été effectuée et un nouveau jugement de clarté a été réalisé par 133 autres participants (*M* = 31,9 ans ; *ET* = 11,1 ans ; étendue = 18 – 63 ans ; comprenant 32% d'hommes). À l'issue de ce nouveau jugement de clarté tous les items ont obtenu un score de clarté satisfaisant, c'est-à-dire supérieur ou égal à 3. (Voir Figure 11. Traduction finalisée et validée de l'échelle FTPS en langue française).

Figure 11. Traduction finalisée et validée de l'échelle FTPS en langue française

	Non pas du tout						Oui tout à fait
	1	2	3	4	5	6	7
1. A l'avenir, de nombreuses possibilités m'attendent.	O	O	O	O	O	O	O
2. Je peux envisager plein de nouveaux projets dans l'avenir.	O	O	O	O	O	O	O
3. Mon avenir est plein de promesses.	O	O	O	O	O	O	O
4. J'ai toute la vie devant moi.	O	O	O	O	O	O	O
5. Mon avenir me semble infini.	O	O	O	O	O	O	O
6. Je pourrais faire tout ce dont j'ai envie à l'avenir.	O	O	O	O	O	O	O
7. Il me reste beaucoup de temps pour réaliser de nouveaux projets	O	O	O	O	O	O	O
8. J'ai le sentiment que le temps m'échappe.	O	O	O	O	O	O	O
9. Mon avenir m'offre peu de perspectives.	O	O	O	O	O	O	O
10. En vieillissant, je réalise que le temps est limité.	O	O	O	O	O	O	O
11. Je mesure combien le temps qu'il me reste est important	O	O	O	O	O	O	O
12. Il me reste peu de temps pour vivre ma vie	O	O	O	O	O	O	O

Consigne : Lisez attentivement les 12 propositions ci-dessous. Pour chacune d'elles, vous jugerez le plus honnêtement possible dans quelle mesure cela est vrai pour vous sur une échelle allant de (1) «Non pas du tout » à (7) «Oui tout à fait ». Pour ce faire, il vous suffit de colorer le cercle correspondant à votre réponse.

Validité concomitante et de contenu

La validité de contenu porte sur l'ensemble des items composant l'échelle et qui doivent recouvrir l'entièreté du domaine exploré (ici la PTF) et la validité concomitante réfère à la corrélation entre l'échelle et un critère externe de performance portant sur le même concept. Dans le cadre de la validation transculturelle de l'échelle, il est attendu que les deux versions de l'échelle (anglaise et française) soient liées, autrement dit qu'il y ait une corrélation forte entre les deux (Vallerand, 1989). L'évaluation de la validité concomitante et de contenu a été réalisée à l'aide de participants bilingues (*N* = 13, *M* = 32,5 ans, *ET* = 13,5 ans, étendue = 22 – 61 ans, comprenant 50% d'hommes). Les participants bilingues ont été recrutés dans le réseau socio-professionnel et personnel de l'expérimentateur. Pour s'assurer du niveau de bilinguisme des participants, il leur a été demandé au préalable d'indiquer sur une échelle de 1 (très peu) à 4 (très bien) dans quelle mesure ils savent lire,

écrire, comprendre et s'exprimer concernant la langue française, de la même manière concernant la langue anglaise. Un score total supérieur ou égal à 12 pour chacune des deux échelles de niveau de langues a permis de vérifier un niveau de bilinguisme satisfaisant. L'ensemble des participants bilingues présentait un score élevé en termes d'expertise en langue française (score moyen d'expertise en français de 15,69 / 16) et anglaise (score moyen d'expertise en anglais de 15,00 / 16). Il n'y avait pas de différence dans le niveau de bilinguisme entre nos deux groupes (test U de Mann-Whitney, $p = .63$ concernant le niveau de langue française, $p = .83$ concernant le niveau de langue anglaise). Les deux groupes d'experts bilingues étaient donc équivalents en termes de niveau d'expertise en langues française et anglaise.

Les treize bilingues ont chacun répondu aux deux versions de l'échelle FTPS (i.e., la version initiale anglaise et la version expérimentale française) en ligne. L'ordre d'administration des deux versions anglaise *versus* française de passation a été contrebalancé entre les participants bilingues en séparant ceux-ci en deux groupes afin d'éviter tout effet d'ordre de passation entre les versions anglaise et française de la FTPS. L'un des groupes qui a répondu d'abord à la version française puis anglaise (N = 6, M = 33,3 ans, ET = 16,08 ans, étendue = 22 – 61 ans, comprenant 50% d'hommes) présentait un score moyen d'expertise de 15,33 en français et de 14,83 en anglais. Et l'autre groupe qui a répondu d'abord à la version anglaise puis française (N = 7, M = 31,8 ans, ET = 12,16, étendue = 25 – 60 ans, comprenant 50% d'hommes) présentait un score moyen d'expertise de 16,00 en français et de 15,14 en anglais. Les analyses visant à vérifier l'effet de l'ordre de passation des deux versions (française et anglaise) entre les deux groupes de bilingues sur les réponses aux items n'ont pas montré de différences statistiquement significatives (test U de Mann-Whitney, $p > .05$). Le fait de passer d'abord la version française puis anglaise ou bien d'abord la version anglaise puis française n'a pas eu d'effet sur les réponses des participants bilingues.

Les corrélations entre le score total obtenu pour la FTPS dans les deux versions française et anglaise sont apparues significatives, positives et élevées ($r = .80$, $p < .05$). Les résultats de l'évaluation de la validité concomitante et de contenu permettent de conclure à une équivalence satisfaisante entre les items des deux versions française et anglaise de la FTPS.

Fidélité

La fidélité désigne la précision de l'échelle, c'est-à-dire le degré avec lequel elle mesure toujours de la même manière le construit psychologique de la PTF. L'analyse de la fidélité a été effectuée en évaluant la consistance interne (c'est-à-dire le degré d'homogénéité des items entre eux au sein de l'échelle, mesuré par l'alpha de Cronbach) et la stabilité temporelle (qui consiste à répondre à l'échelle deux fois à un intervalle d'un mois pour s'assurer de la stabilité des réponses dans le temps en analysant les corrélations test-retest). L'étape de la fidélité a été réalisée auprès de participants (*N* = 33, *M* = 51,1 ans, *ET* = 19,7 ans, étendue = 24 – 77 ans, comprenant 42% d'hommes), incluant 16 adultes jeunes (*M* = 32,8 ans, *ET* = 9,9 ans, étendue = 23 – 56 ans, 38 % d'hommes) et 17 adultes âgés (*M* = 67,7 ans, *ET* = 6,8 ans, étendue = 52 – 77 ans, 45 % d'hommes). Ils ont été recrutés au sein de l'Association des Petits Frères des pauvres de l'Essonne (l'association regroupe des bénévoles qui sont des personnes d'âge jeune et âgé, de tout niveau socio-culturel confondu, minimum baccalauréat), et au sein de l'Université du temps libre d'Evry. Un questionnaire sociodémographique et à un questionnaire de plainte cognitive (Thomas-Antérion, 2003)[11] en ligne leur ont été administrés. Aucun des participants n'a déclaré souffrir d'une maladie neurodégénérative (e.g., la maladie d'Alzheimer) ou de troubles cognitifs ou neurodégénératifs. Aucun participant ne présentait de troubles cognitifs débutants éventuels.

L'évaluation de la consistance interne a montré des valeurs de l'alpha de Cronbach élevées, indices de bonne fidélité, à la fois pour les huit items mesurant la PTF illimitée, avec une valeur α = .81, pour les quatre items mesurant la PTF limitée, avec une valeur α = .75. Ces indices ont démontré que les items sont suffisamment homogènes entre eux pour chacune des deux dimensions (limitée et illimitée) composant la FTPS.

[11] Le questionnaire de plainte cognitive utilisé (Thomas-Antérion, 2003) contient dix questions pour lesquelles les participants répondent par « oui » ou « non ». Les deux premières questions consistent à mesurer si un changement a été ressenti au niveau de la mémoire depuis six mois, la troisième question consiste à mesurer si la mémoire fonctionne aussi bien que chez un individu du même âge, les questions suivantes consistent quant à elles à évaluer la mémoire des faits récents, l'oubli de rendez-vous, la perte d'objets, l'orientation dans l'espace, le rappel d'un événement, la présence d'un manque du mot, la réduction des activités de la vie quotidienne et enfin un changement psycho-comportemental de repli sur soi.

L'évaluation de la stabilité temporelle de l'échelle a mis en évidence, pour chacun des douze items de la FTPS, des indices de corrélation de Spearman test-retest positifs, élevés et statistiquement significatifs compris entre .51 ($p < .05$) et .86 ($p < .05$).

Validité de construit

La validité de construit consiste à vérifier que l'échelle mesure bien le construit à deux dimensions de la PTF dans le cadre théorique du vieillissement. Lors de cette étape, un total de 242 participants (échantillon distinct des étapes précédentes) a complété l'échelle FTPS en ligne (la taille du présent échantillon est comparable aux études de Cate & John, 2007). Ces participants ont également complété le questionnaire de plainte cognitive de Thomas-Antérion (2003) en ligne évaluant la présence d'une plainte cognitive évoquant une hypothèse de troubles cognitifs. Les données de trois participants ont été retirées des analyses compte tenu des scores observés suggérant une plainte cognitive significative (i.e., score supérieur ou égal à 3). Les données de 239 participants (*M* = 52,9 ans ; *ET* = 17,2 ans ; étendue = 25 - 81 ans ; comprenant 36,8 % d'hommes) ont donc pu être analysées, soit 110 adultes jeunes (*M* = 36,0 ans ; *ET* = 8,7 ans ; étendue = 25 – 57 ans : comprenant 42% d'hommes) et 129 adultes âgés (*M* = 67,5 ans ; *ET* = 5,1 ans ; étendue = 60 – 81 ans ; comprenant 33% d'hommes). Les participants ont été recrutés au sein de l'association des Petits Frères des Pauvres de l'Essonne, de l'université de la culture permanente de Paris Nanterre, et de l'université du temps libre d'Evry.

Tout d'abord, Cate et John (2007) et Strough et al. (2016) ont indiqué dans leurs études que les deux facteurs de la FTPS corrèlent négativement et ne doivent pas être considérés comme deux facteurs qui s'opposent sur un même continuum. Autrement dit, selon Cate et John (2007) et Strough et al. (2016), il est possible de percevoir les limites du temps (PTF limitée) et également les nombreuses opportunités du temps (PTF illimitée). Ainsi, un individu peut percevoir sa propre finitude et en même temps toutes ses opportunités de vie pendant le temps limité lui restant à vivre. Ces auteurs ont ainsi montré une structure en deux facteurs au sein de l'échelle FTPS, à savoir la PTF limitée et la PTF illimitée. L'objectif de la présente étude n'étant pas de créer une nouvelle échelle ou de nouveaux items, mais de valider cette même échelle FTPS en version douze items dans une autre langue (la langue française) que la langue anglaise, il ne s'avère pas nécessaire de réaliser une analyse

factorielle exploratoire. Il s'agit donc de réaliser une analyse factorielle confirmatoire, dans la continuité des travaux de validation de Strough et al. (2016), afin de confirmer la structure factorielle en deux facteurs de l'échelle FTPS au sein de la population jeune et âgée française.

Ainsi, sur cette base, une analyse factorielle confirmatoire a été effectuée pour confirmer la structure en deux dimensions du construit PTF. Les résultats montent que la structure en deux facteurs est satisfaisante, avec une valeur de χ^2 (53) = 275 (p < .001), un *Comparative Fit Index (CFI*) = 0,84, un *Root Mean Square Erreur of Approximation (RMSEA)* = 0,13, et un *Standardized Root Mean Square Residual (SRMR)* = 0,07. Pour comparaison, Strough et al. (2016) ont trouvé une valeur de χ^2 (53) = 51, 45 (p < .01), un *CFI* = 0,89, et un *RMSEA* = 0,11. Strough et al. (2016) n'indiquent pas de *SRMR*. Les valeurs retrouvées dans la présente étude sont par conséquent similaires aux valeurs ressortant de l'analyse factorielle confirmatoire en deux facteurs de Strough et al. (2016). La valeur de l'indice *CFI* se rapproche dans l'étude de Strough et al. (2016) et dans la présente étude du seuil acceptable de .90 (Bentler, 1992) ; la valeur de l'indice *RMSEA* est proche du seuil de .08 dans l'étude de Strough et al. (2016) et dans la présente étude. De plus, la valeur de SRMR de .07 dans la présente étude indique un ajustement au modèle en deux facteurs tout à fait satisfaisant (Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008). En se référant à ces indices et en accord avec Strough et al. (2016), le construit PTF peut ainsi être conceptualisé comme un construit en deux facteurs, avec les sept items de la version anglaise et française mesurant une PTF illimitée (« A l'avenir, de nombreuses possibilités m'attendent », « Je peux envisager plein de nouveaux projets dans l'avenir », « Mon avenir est plein de promesses », « J'ai toute la vie devant moi », « Mon avenir me semble infini », « Je pourrais faire tout ce dont j'ai envie à l'avenir », « Il me reste beaucoup de temps pour réaliser de nouveaux projets ») et les cinq autres items une PTF limitée (« J'ai le sentiment que le temps m'échappe », « Mon avenir m'offre peu de perspectives », « En vieillissant, je réalise que le temps est limité », « Je mesure combien le temps qu'il me reste est important », « Il me reste peu de temps pour vivre ma vie »). Ces données rejoignent les résultats de l'analyse factorielle de Strough et al. (2016) et sont en adéquation avec les hypothèses de l'étude de Cate et John (2007) quant à l'existence de deux dimensions structurant la FTPS (la PTF limitée et la PTF illimitée).

D'autre part, comme attendu également, l'analyse des effets de l'âge sur la PTF limitée et la PTF illimitée a été effectuée dans la présente étude. L'ANOVA réalisée à partir des scores

obtenus pour la PTF montre un effet statistiquement significatif de l'âge sur la PTF illimitée $F(7,231) = 10,85$, $p < .05$ et sur la PTF limitée et la PTF illimitée $F(5,233) = 9,49$, $p < .05$. Les adultes âgés présentent une PTF limitée plus élevée (M = 1,89, ET = 0,39) que les adultes jeunes (M = 1,68, ET = 0,48) lesquels montrent une PTF illimitée (M = 2,85, ET = 0,68) plus élevée que les adultes âgés (M = 2,42, ET = 0,66). Les résultats de l'ANOVA confortent les études de Strough et al. (2016) et de Cate et John (2007) et cela corrobore ainsi les données de la littérature sur la SST montrant qu'avec l'avancée en âge les individus présentent une PTF de plus en plus limitée par rapport aux adultes jeunes (Carstensen et al., 1999).

Discussion

L'objectif de cette étude était de proposer une validation psychométrique en langue française de l'échelle FTPS en douze items (Lang & Carstensen, 2002 ; Strough et al., 2016) auprès d'un échantillon de jeunes adultes et d'adultes âgés grâce à une procédure de validation transculturelle (Vallerand, 1989).

Chacune des étapes de validation (i.e., la traduction de l'échelle de la langue anglaise à la langue française, la vérification de la clarté des items, l'analyse de la validité concomitante et de contenu, l'analyse de la fidélité, et l'analyse de la validité de construit) a permis de montrer que cette version en langue française de l'échelle présente des propriétés de validité et de fidélité satisfaisantes. L'analyse factorielle confirmatoire révèle des résultats en adéquation avec un modèle à deux dimensions concernant l'échelle FTPS en langue française en accord avec le postulat de Cate et John (2007) et les résultats des travaux réalisés sur l'échelle en langue anglaise (Strough et al., 2016). Il est tout à fait possible pour un individu de percevoir les limites du temps qu'il lui reste à vivre (rendant compte d'une PTF limitée) mais aussi toutes les opportunités dans le même temps (rendant compte d'une PTF illimitée), en référence à Cate et John (2007) puis Strough et al. (2016). Ainsi, un individu peut est conscient de son temps limité restant à vivre, et en même temps, saisir toutes les opportunités de vie qu'il lui reste (e.g., privilégier les relations avec les proches, comme décrit précédemment dans la théorie de la SST). Comme attendu, les résultats de la présente étude montent une PTF davantage limitée chez les adultes âgés comparés aux jeunes et une PTF davantage illimitée chez les adultes jeunes comparés aux aînés. Ces données sont en

faveur d'une limitation de la PTF en fonction de l'avancée en âge des individus, ce qui est en accord avec la littérature sur la théorie de la SST (Lang & Carstensen, 2002).

Cependant, une première limite, présente aussi dans l'étude de Strough et al. (2016), concerne le fait qu'il serait utile de compléter les items relatifs à la PTF limitée dans de futures études. En effet, il est possible de supposer, tout comme Strough et al. (2016), que d'autres variables seraient intéressantes et pertinentes à prendre en compte pour compléter ces items. Ainsi, la conscience de la santé (Grühn et al., 2016), l'état thymique des participants au moment où ils remplissent l'échelle, plus particulièrement la dépression (Grühn et al., 2016) et la personnalité, plus spécifiquement l'optimisme (Strough et al., 2016) seraient des variables qui pourraient avoir un effet sur la PTF. Rohr, John, Fung, et Lang (2017) ont étudié les liens entre certains traits de personnalité (i.e., ouverture d'esprit, névrosisme autrement dit instabilité émotionnelle) et la PTF. Ils ont montré que la PTF illimitée serait liée en partie à des affects positifs et à l'ouverture d'esprit et que la PTF limitée serait plutôt liée à des affects négatifs et au névrosisme. Mais bien que Rohr et al. (2017) aient étudié certains traits de personnalité évoqués plus haut (i.e., ouverture d'esprit et névrosisme), il n'existe pas, à notre connaissance, d'études concernant l'effet de ces dernières sur la PTF au cours de l'avancée en âge, il serait intéressant de l'étudier pour mieux comprendre leurs effets sur la PTF. De telles recherches pourraient être menées grâce à la validation française réalisée ici de l'échelle FTPS, en prenant notamment en considération les effets de l'évolution de l'âge sur l'autorégulation (Baird et al., 2021), et en l'occurrence sur la régulation émotionnelle (Labouvie-Vief, Grühn & Studer, 2010).

Une autre limite de la présente étude concerne le fait que la taille de l'échantillon sur lequel elle repose n'a pas été définie afin d'établir des normes pour la FTPS en langue française. Ces dernières devront être établies ultérieurement afin que cet outil puisse être utilisé par les chercheurs dans un objectif d'étude empirique sur la PTF dans le cadre du vieillissement pathologique pour observer précisément l'effet de certaines pathologies telles que la maladie d'Alzheimer (MA) ou la Démence sémantique (DS) sur la PTF (La Corte & Piolino, 2016). Dans un second temps, cette échelle pourrait être utilisée par les cliniciens dans une visée d'aide au diagnostic, dans le cadre de ces pathologies (La Corte & Piolino, 2016). En effet plusieurs auteurs soulignent l'intérêt d'étudier la PTF dans le cadre de pathologies impliquant la fin de vie et de pathologies neurodégénératives du vieillissement car celles-ci

impactent notamment la conscience de la santé. Or, comme introduit dans la présente étude, celle-ci est supposée avoir un effet sur la PTF au cours de l'avancée en âge et du vieillissement pathologique (El Haj & Kapogiannis, 2016 ; Guichart-Gomez & Hahn, 2016 ; Grühn et al., 2016 ; La Corte & Piolino, 2016). Addis, Sacchetti, Ally, Budson, et Schacter (2009) ont observé que les patients avec une MA présentent des déficits de prospection dans le futur, en lien avec l'altération de la mémoire épisodique. Ces déficits ont été relevés dès la phase prodromale de la MA (Gamboz, De Vito, Brandimonte, Pappalardo, Galeone, Iavarone, & Della Sala, 2010). Les déficits de prospection dans le futur proche apparaissent aussi en lien avec l'altération des fonctions exécutives dans la MA (El Haj, Antoine, & Kapogiannis, 2015). Les patients avec une DS présentent quant à eux une altération de la mémoire sémantique, alors que la mémoire épisodique est plutôt préservée ; pour autant, ils présentent également des déficits de prospection dans le futur (Duval, Desgranges, De La Sayette, Belliard, Eustache, & Piolino, 2012). Selon le modèle de la distance temporelle dans la pensée future (ou *Temporal Distance In Future Thinking*, TEDIFT, La Corte & Piolino, 2016), les connaissances sémantiques seraient impliquées lors de la prospection dans le futur et leur implication serait d'autant plus importante que la distance de prospection est élevée (autrement dit lorsque le futur est lointain). La mémoire épisodique serait quant à elle plus impliquée quand le futur est proche. Ce modèle reste à exploiter dans le cadre d'études empiriques chez les patients avec une MA et une DS. Les auteurs postulent que les patients avec une MA seraient déficitaires en prospection épisodique dans un futur proche (i.e., limité), alors que les patients avec une DS présenteraient une altération en prospection épisodique dans un futur lointain (i.e., illimité).

De plus, la compréhension de la PT future lors du vieillissement normal mais aussi pathologique (telles que la MA, et la DS, pathologies impliquant la conscience de la santé) pourrait se situer dans le cadre d'autres approches théoriques (complémentaires aux théories de la SST ou de la distance temporelle future). En ce sens, l'approche de la cognition incarnée qui prend en compte les états émotionnels intéroceptifs (internes et corporels) contribuerait à une compréhension plus approfondie de la PT future dans le cadre du vieillissement (Versace, Brouillet & Vallet, 2018 ; Vieillard & Msika, 2021). Cela contribuerait à explorer les relations entre les ressentis de pré-viviscence du futur, la conscience de sa santé, l'autorégulation émotionnelle à la fois dans le cadre du vieillissement normal et

pathologique (telles que la MA, et la DS). Ces pathologies impactent en effet différemment les fonctions cognitives (la mémoire épisodique dans le cas de la MA, la mémoire sémantique dans le cas de la DS) ; elles impliquent aussi la conscience de la santé (ce qui n'a pas été exploré empiriquement précisément de façon comparative entre les pathologies) ; et elles sont supposées influencer différemment la PT future des individus comme postulé précédemment par La Corte et Piolino (2016). C'est ainsi que dans le cadre d'une cognition temporelle incarnée, et par la comparaison entre le vieillissement normal et le vieillissement pathologique, de futures études empiriques utilisant la FTPS validée en langue française pourraient contribuer à davantage explorer les relations entre les différentes variables (conscience de la santé, autorégulation émotionnelle, PT future limitée et illimitée).[12]

De cette manière, l'étude de la PTF par l'intermédiaire de l'échelle FTPS lors du vieillissement normal et pathologique permettrait aux chercheurs puis à terme aux cliniciens d'approfondir l'évaluation neuropsychologique dans le domaine de la PT, mais aussi ultérieurement de contribuer à une prise en charge en remédiation neuropsychologique plus adaptée des individus dans le cadre du vieillissement normal et pathologique (La Corte & Piolino, 2016). Savoir de quelle manière évolue la PTF des individus souffrant de maladies neurodégénératives pourrait permettre de vérifier leur compréhension de la situation, leur conscience de la maladie, mais aussi de recueillir leurs émotions à cet égard, et de verbaliser autour de leur sentiment d'identité. Il pourrait ainsi être envisagé de travailler sur le sentiment d'identité de la personne notamment dans le cadre d'activités de remédiation neuropsychologique.[13]

[12] Nous pourrions supposer qu'avec certaines de ces pathologies (MA, DS) lorsque les individus sont conscients de celles-ci, leur PT future est perçue comme limitée. Nous pourrions aussi supposer que du fait de ces pathologies les individus rencontrent des difficultés à réguler leurs émotions. Les relations entre ces différentes variables seraient ainsi à explorer dans le cadre d'autres études.

[13] Cela pourrait se situer dans le cadre des dispositifs Snoëzelen (qui stimulent les sens comme la vue, le toucher, l'odorat et qui participent aux soins des patients dans certaines institutions), ou bien mieux encore dans le cadre des Pôles d'Activités et de Soins Adaptés (qui immergent les patients dans un cadre ressemblant à l'intérieur d'une maison avec notamment une cuisine, un salon, (Eustache-Vallée, 2017)).

Conclusion

Cette étude a permis de proposer une validation en langue française de l'échelle FTPS mettant en évidence des propriétés psychométriques comparables à celles observées par Strough et al. (2016) pour la version anglo-saxonne de l'échelle. La version française de la FTPS constitue ainsi un outil valide permettant de mesurer la PTF (i.e., la capacité à se projeter dans le futur) des individus au cours de leur avancée en âge. Enfin, cet outil pourrait contribuer à évaluer la PTF chez les individus présentant une maladie neurodégénérative telle qu'une maladie d'Alzheimer ou une démence sémantique. Mieux comprendre l'influence de ces pathologies sur la projection de soi dans le futur aiderait à mieux accompagner les patients dans le maintien de leur sentiment d'identité notamment lors de remédiations neuropsychologiques (e.g., La Corte & Piolino, 2016).

Etude 3. Effets des émotions sur la cognition temporelle, auprès d'une population d'adultes jeunes et âgés : Etude Time Emotion Aging (TEA)

Introduction

Depuis quelques années les études sur le vieillissement normal ont mis en évidence une modification robuste et reproductible du traitement de l'information émotionnelle. Les âgés ont tendance à privilégier les informations positives plutôt que les informations négatives. Il s'agit de ce que les auteurs nomment l'effet de « positivité » (Reed & Carstensen, 2012). Par exemple, les âgés rapportent ressentir une expérience émotionnelle moins vive (i.e. moins intense) lorsqu'ils ont à juger des stimuli émotionnels visuels (Mather, Canli, English, Whitfield, Wais, Ochsner, Gabrieli, & Carstensen, 2004) ou auditifs négatifs (Vieillard & Gilet, 2013).

Selon certains auteurs, cette diminution de l'intensité des stimulations négatives serait l'indice d'un changement motivationnel qui amènerait les âgés à éviter les stress pour se diriger vers des stimulations positives. Cette hypothèse interprétative a été développée principalement dans le cadre de la théorie de sélectivité socio-émotionnelle (Socioemotional Selectivity Theory, SST, Carstensen, Isaacowitz, & Charles, 1999 ; Reed & Carstensen, 2012). Cette théorie postule que la perspective temporelle future limitée chez les âgés les amènerait à développer des stratégies de régulation émotionnelle mieux adaptée au maintien de leur bien-être. Une autre interprétation a été développée dans le cadre du modèle du cerveau âgé (Aging Brain Model, Cacioppo, Berntson, Bechara, Tranel, & Hawkley, 2011) qui propose quant à lui que l'effet de positivité soit le résultat de modifications cérébrales dans les régions du cerveau impliquées dans le traitement de l'intensité de l'information négative. A ce jour, il n'existe pas à notre connaissance de consensus permettant de savoir si le traitement de l'intensité des stimuli négatifs relève plutôt d'un processus motivationnel ou d'un processus biologique ou bien encore des deux à la fois (ce qui serait tout à fait envisageable).

Dans le domaine de la perception temporelle, les études ont montré que l'intensité des émotions ressenties peut modifier l'expérience subjective du temps. Lorsque les

individus ressentent une émotion forte (intense) ils ont tendance à sur-estimer les durées, c'est-à-dire à avoir une perception du temps plus long (Droit-Volet & Meck, 2007 ; Droit-Volet, Brunot, & Niedenthal, 2004 ; Effron, Niedenthal, Gil, & Droit-Volet, 2006). Des études ont montré également que la valence négative d'un stimulus telle que par exemple la peur ressentie peut mener à une sur-estimation des durées (Tipples, 2008). D'après le modèle de l'horloge interne (Block & Zakay, 1996), des impulsions sont générées par un pacemaker puis transmises à un accumulateur, qui permettrait ensuite d'estimer les durées écoulées. Plus la fréquence des impulsions est élevée, plus longue est la perception des durées. L'intensité émotionnelle d'un stimulus augmenterait la fréquence des impulsions amenant à une sur-estimation du temps (Droit-Volet & Meck, 2007).

Actuellement, une autre approche se développe qui permet de rendre compte du rôle des émotions dans la perception temporelle. Il s'agit de la cognition incarnée. D'après cette approche l'expérience subjective du temps serait une propriété émergente du fonctionnement cérébral (Buhusi & Meck, 2005) et des émotions ressenties (Niedenthal, Winkielman, Mondillon, & Vermeulen, 2009, Droit-Volet, 2011). La perception temporelle émergerait en effet d'une expérience subjective émotionnelle et intéroceptive (ressentie de façon interne et corporelle).

Des études ont ainsi montré que lorsque les individus se focalisent sur leurs émotions il se produit une modification de leur perception temporelle, en fonction de l'intensité et de la valence des stimuli (Pollatos, Laubrock, & Wittmann, 2014). Pollatos et al. (2014) ont mis en évidence chez des adultes jeunes que la focalisation sur leur expérience intéroceptive (leurs sensations corporelles internes) lorsque des stimuli visuels drôles, effrayants, ou neutres leur sont présentés, les amène à une perception du temps plus longue des stimuli négatifs (effrayants) et plus courte des stimuli positifs (drôles). Nicol, Tanner, et Clarke (2013) ont montré que les adultes âgés perçoivent les stimuli visuels joyeux (positifs) et menaçants (négatifs) comme plus longs que les stimuli neutres, alors que les jeunes perçoivent les stimuli menaçants (négatifs) seulement comme plus longs que les stimuli neutres.

L'utilisation de stimuli auditifs musicaux est particulièrement intéressante pour étudier les relations entre les émotions et la perception temporelle, car certaines caractéristiques musicales comme le tempo jouent un rôle dans les modifications de la perception

temporelle (Droit-Volet, Ramos, Bueno, & Bigand, 2013). Droit-Volet et al. (2013) ont montré chez les adultes jeunes que le tempo rapide des stimuli musicaux entraîne une perception du temps plus longue que lorsque le tempo est lent. Ils ont aussi mis en évidence que la valence des stimuli musicaux amène à un effet sur la perception du temps, avec les musiques agréables jugées comme plus courtes que les musiques désagréables.

Les données de ces différentes études sont ainsi plutôt compatibles avec l'hypothèse d'une réduction du traitement de l'information négative avec l'âge et avec une approche incarnée de l'expérience subjective du temps.

A notre connaissance, il n'existe pas d'étude qui se soit penchée sur les relations entre les émotions et la perception temporelle dans le cadre du vieillissement en utilisant des stimuli auditifs musicaux. L'objectif de la présente étude est d'adapter l'étude de Pollatos et al. (2014) en manipulant le caractère consonant (donc s'apparentant à une valence émotionnelle ressentie plutôt agréable) et dissonant (donc plutôt désagréable) des stimuli musicaux dans le cadre du vieillissement pour mieux comprendre comment les changements émotionnels participent à l'expérience subjective des durées chez les âgés comparés aux jeunes. Au regard de la littérature sur la perception temporelle, nous supposons que les âgés ont une perception des durées plus courte que les jeunes, quelles que soient les émotions musicales. En référence à la théorie de sélectivité socio-émotionnelle et à l'effet de positivité qui en découle, nous nous attendons à ce que les âgés ressentent une émotion moins intense à l'écoute des musiques dissonantes comparés aux jeunes. Dans l'hypothèse d'une approche incarnée du temps, les âgés seraient également susceptibles d'avoir une perception des durées plus courte pour les musiques dissonantes que consonantes comparés aux jeunes. L'effet de l'âge sur la perception des durées devrait être corrélé aux jugements subjectifs mais devrait être indépendant du déclin cognitif lié au vieillissement.

Méthodologie

Participants

Initialement, 200 participants soit 100 adultes jeunes et 100 adultes âgés devaient participer à l'expérience, mais la crise sanitaire liée à la COVID19 n'a pas permis de recruter

le nombre de participants souhaité. Nous présentons une pré-étude dans le cadre de la présente thèse.

Au total, 32 participants ont réalisé l'étude. Parmi les 33 participants, 17 sont des adultes âgés (M= 68, 70 ans, ET= 5,50 ans) et 15 sont des adultes jeunes (M= 31,00 ans, ET= 3,80 ans). Au total, 33% d'hommes sont présents parmi l'ensemble des participants. Les participants jeunes et âgés sont de niveau baccalauréat minimum. Ils ont été recrutés au sein de l'Université du Temps Libre d'Evry et au sein de l'Université Paris Nanterre. Tous les participants sont non musiciens et non mélomanes pour éviter l'influence de stratégies cognitives liées à l'expertise musicale (questionnaire d'expertise musical complété, ce questionnaire est décrit dans les critères ci-dessous).

Les critères de non-inclusion sont :

- la présence de troubles auditifs non appareillés (question posée au participant et test auditif global « Cotral Audiotest » réalisé en amont de l'expérience pour vérifier l'absence de trouble auditif majeur pouvant entraver la réalisation de l'expérience) ;
- la présence de troubles anxio-dépressifs (les scores d'anxiété et de dépression doivent être respectivement inférieurs à 55 au STAI (Scale Trait Anxiety Inventory – Etat et Trait, Gauthier & Bouchard, 1993) et 27 BDI-II (Beck Depression Inventory-II, Beck, Ward, Mendelson, Mock, & Erbaugh, 1961) ;
- la présence d'un score au MMSE (Mini Mental State Examination, version GRECO, 2008) inférieur à 27 ;
- le fait d'être musicien ou mélomane (évalué grâce à un questionnaire d'expertise musicale (Brosowsky & Mondor, 2015 ; Honing & Ladinig, 2009 ; North, Hargreaves & Hargreaves, 2004)). Un musicien est caractérisé par la pratique actuelle ou passée d'un instrument de musique pendant au moins 5 ans et par une formation formelle (école de musique, conservatoire, cours particuliers) pendant au moins 5 ans. Un individu est considéré comme mélomane lorsqu'il écoute au moins 7 heures de musique attentive par semaine concernant son style de musique préféré (en général la musique classique, ou bien un autre style tel que le jazz, le rock, la pop).

Les critères d'exclusion sont :

- la présence de résultats aberrants montrant une incompréhension de la consigne ;
- une interruption au cours de l'expérience.

Procédure

Phase 1 : La première phase est consacrée au recueil du consentement libre et éclairé, à la passation d'un questionnaire de renseignements sociodémographiques, à la réalisation du MMSE, des tests d'anxiété et de dépression STAI et BDI respectivement, et à la passation de l'audiogramme « Cotral Audiotest » (donnant une indication globale pour vérifier si un trouble majeur de l'audition est présent).

Phase 2 : La deuxième phase correspond à l'expérience TEA.

Les participants sont informés des objectifs de l'étude, c'est-à-dire étudier les effets de la musique sur les sensations corporelles et émotionnelles. Il n'est pas dit que l'étude repose sur une comparaison entre les jeunes et les âgés pour éviter l'activation de stéréotypes liés à l'âge. Il leur est indiqué de se concentrer sur leurs propres sensations corporelles au cours des différentes séquences sonores.

Au début de l'expérience, les participants s'installent en posture de relaxation et reçoivent une consigne de respiration énoncée par l'expérimentateur (Segal, Teasdale, Williams, & Gemar, 2002). Puis les participants écoutent chacune des trois séquences sonores dont la durée est toujours la même soit 17400 msec :

- une séquence joyeuse consonante, plutôt agréable, caractérisée par une forte dynamique et un mode majeur, tempo de 105 bpm ;
- une séquence joyeuse dissonante, plutôt désagréable, caractérisée par une forte dynamique et un mode majeur, tempo de 105 bpm ;
- et une séquence de « poc », contrôle, non émotionnelle, tempo de 105 bpm.

Les deux séquences émotionnelles sont issues de la batterie musicale de Peretz, Gagnon et Bouchard (1998), elles sont issues du morceau de Vivaldi « L'Autunno » (premier mouvement, édité en 1725, le morceau est joué au piano). Les séquences joyeuses

consonante et dissonante ont été choisies pour éviter le biais consistant à juger de façon hédonique, et esthétiquement positifs tous les stimuli même négatifs (Vieillard, 2014). Après l'écoute de chacune des séquences les participants évaluent ce qu'ils ont ressenti grâce à trois types d'échelle :

- une échelle de valence mesurant le caractère agréable ou désagréable de l'émotion ressentie sur une échelle de Likert allant de 0 (désagréable) à 9 (agréable) ;
- une échelle d'intensité de l'émotion ressentie sur une échelle de Likert allant de 0 (peu intense émotionnellement) à 9 (très intense émotionnellement) ;
- une échelle de densité du contenu musical sur une échelle de Likert allant de 0 (peu riche en évènements musicaux) à 9 (très riche en évènements musicaux).

Explorer la densité des événements (quantité d'événements musicaux) permet de se rapprocher de la notion d'accumulation de « tics » (des modèles de l'horloge interne, Block & Zakay, 1996).[14]

L'ordre de présentation des trois séquences sonores et des trois types d'échelles est contrebalancé à travers les participants pour éviter un effet d'ordre des séquences et des échelles sur les résultats.

Dans un autre temps, les participants sont invités à évaluer la durée totale en secondes de chacune des trois séquences musicales de façon rétrospective (sans qu'ils n'aient été prévenus au préalable). Suite à l'estimation rétrospective, les participants rappellent l'ordre initial de présentation de chaque séquence sonore, ce qui permet ainsi de vérifier qu'il n'y ait pas d'erreur de mémoire par rapport à l'ordre des différentes séquences.

Phase 3 : La troisième phase comporte la passation de différents tests :

- Mémoire des chiffres de la WAIS IV (Wechsler, 2011)
- Séquences Lettres-Chiffres de la WAIS IV (Wechsler, 2011)
- Trail Making Test (Tombaugh, 2004)
- Test des Neufs Images (Maillet et al., 2016)

[14] Plus un événement est perçu comme dense (beaucoup d'événements) plus il est perçu comme long (plus le nombre de « tics » de l'horloge interne augmente, plus l'interrupteur s'ouvre, plus la durée est longue).

A la fin de la phase 3 un debriefing est réalisé, dans lequel les participants évaluent à quel point les séquences musicales leur étaient familières sur une échelle de Likert allant de 0 non familière à 9 très familière.

Analyse des données

Effet de l'âge sur le ressenti émotionnel des extraits musicaux

Pour étudier un effet potentiel spécifique du vieillissement normal sur le ressenti émotionnel liés aux extraits musicaux, des analyses de variance (ANOVA) à mesures répétées ont été réalisées. Les différentes évaluations aux échelles (valence, intensité émotionnelle, densité musicale, familiarité) ont chacune été soumises à une analyse avec comme facteur inter-sujet le Groupe (Jeunes, Agés), comme facteur intra-sujet l'Extrait Musical (Consonant, Dissonant, Poc).

Effet de l'âge et de l'émotion sur la durée perçue des extraits musicaux

Pour étudier l'effet du vieillissement normal sur l'estimation des extraits musicaux, une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées supplémentaire a été réalisée. Les estimations temporelles des extraits musicaux ont également été soumis à une analyse avec comme facteur inter-sujet le Groupe (Jeunes, Agés), comme facteur intra-sujet l'Extrait Musical (Consonant, Dissonant, Poc). Les η^2p sont reportés comme indicateur de taille d'effet. Des tests de Student ont été réalisés en analyses post-hoc lorsque des interactions ont été observées entre les variables indépendantes.

Afin de déterminer si les participants sur-estiment ou sous-estiment les durées, des tests de Student complémentaires à un échantillon testé contre la valeur de 17,4 secondes (i.e. durée réelle des extrait musicaux) ont été fait indépendamment pour chaque groupe de participant et chaque Extrait musicaux (2 Groupes* 3 Extraits, soit 6 corrélations au total). Les d de Cohen sont reportés comme indicateur de taille d'effet.

Analyses de corrélation entre d'une part les durées des extraits musicaux et d'autre part les caractéristiques émotionnelles, les fonctions cognitives, et l'âge

A titre exploratoire, nous avons étudié les relations entre d'une part les durées estimées des extraits musicaux, et d'autre part les jugements relatifs aux caractéristiques des extraits musicaux (intensité, valence, densité, familiarité), les capacités en attention et en mémoire de travail, et l'âge. Pour cela des analyses de corrélation de Pearson ont été réalisées.

Etant donné que nous nous intéressons à l'effet de positivité, nous avons calculé pour chaque jugement (durée, intensité, valence, densité, familiarité) et chaque participant, la différence moyenne obtenue entre les stimuli consonants et dissonants : nous obtenons ainsi les variables Durée Cons-Dis, Intensité Cons-Dis, Valence Cons-Dis, Familiarité Cons-Dis. Nous avons ensuite quantifié l'attention et la mémoire de travail comme suit :

- Les capacités attentionnelles ont été quantifiées en utilisant la note z au TMTA. Plus la note z est élevée moins bonne est la capacité en attention[15].
- Les capacités en mémoire de travail ont été quantifiées en faisant la somme des notes z à Mémoire des chiffres et aux Séquences lettres chiffres. Plus la note z est élevée, meilleure est la capacité en mémoire de travail.

Nous avons donc testé la relation de corrélation entre la différence des durées estimées concernant les extraits Consonant et Dissonant (Durée Consonant – Durée Dissonant) et les différents indicateurs cités ci-dessus (7 au total) à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Ces tests étant à ce stade exploratoire, nous n'avons pas corrigé le seuil statistique qui a été fixé à $p<.05$.

[15] Le temps chronométré mis pour réaliser les deux tâches est en effet l'indicateur utilisé pour le calcul de la note z. Ainsi, plus le temps est long, plus la valeur z est élevée, plus les participants ont des difficultés lors de la tâche.

Résultats

Effet de l'âge sur le ressenti émotionnel des extraits musicaux

L'ANOVA menée sur l'intensité émotionnelle révèle un effet de l'Extrait Musical ($F(2,60)=27,67$, $p<0,001$, $\eta^2p=0,480$). Les stimuli Poc (M=2,8, SD=2,5) sont jugés moins intenses que les stimuli Consonants (M=6,3, SD=1,7, $p<0,001$) et que les stimuli Dissonants (M=5,3, SD=2,0, $p<0,001$). Les stimuli Consonant sont également jugés plus intenses que les stimuli Dissonants ($p<0,03$). L'analyse ne révèle pas d'effet du Groupe, ni d'interaction entre le Groupe et Extrait Musical sur l'intensité émotionnelle (tous les $Fs<1,2$; tous les $ps>0,1$).

L'ANOVA menée sur la valence émotionnelle révèle un effet de l'Extrait Musical ($F(2,60)=46,80$, $p<0,001$, $\eta^2p=0,609$). Les stimuli Consonants (M=7,1, SD=1,4) sont jugés plus positifs que les stimuli Dissonants (M=3,6, SD=2,2, $p<0,001$) et que les stimuli Pocs (M=2,6, SD=2,1, $p<0,001$). La différence entre stimuli Pocs et stimuli Dissonants n'atteint pas le seuil de significativité ($p=0,078$). L'analyse ne révèle pas d'effet du Groupe, ni d'interaction entre le Groupe et Extrait Musical sur la valence émotionnelle (tous les $Fs<1$; tous les $ps>0,1$).

L'ANOVA menée sur la densité révèle un effet de l'Extrait Musical ($F(2,60)=159,73$, $p<0,001$, $\eta^2p=0,842$). Les stimuli Poc (M=1,3, SD=1,5) sont jugés moins denses que les stimuli Consonants (M= 6,6, SD=1,5, $p<0,001$) et que les stimuli Dissonants (M=5,5, SD=1,9, $p<0,001$). Les stimuli Consonants sont également jugés plus denses que les stimuli Dissonants ($p<0,01$). L'analyse ne révèle pas d'effet du Groupe, ni d'interaction entre le Groupe et Extrait Musical sur la densité (tous les $Fs<2$; tous les $ps>0,06$).

L'ANOVA menée sur la familiarité révèle un effet de l'Extrait Musical ($F(2,60)=37,75$, $p<0,001$, $\eta^2p=0,557$). Les stimuli Consonants (M=6,7, SD=1,7) sont jugés plus familiers que les stimuli Dissonants (M=3,8, SD=2,1, $p<0,001$) et que les stimuli Pocs (M=2,6, SD=2,7, $p<0,001$). La différence entre stimuli Pocs et stimuli Dissonants n'atteint pas le seuil de significativité ($p=0,095$). L'analyse ne révèle pas d'effet du Groupe, ni d'interaction entre le Groupe et Extrait Musical sur la familiarité (tous les $Fs<1$; tous les $ps>0,1$).

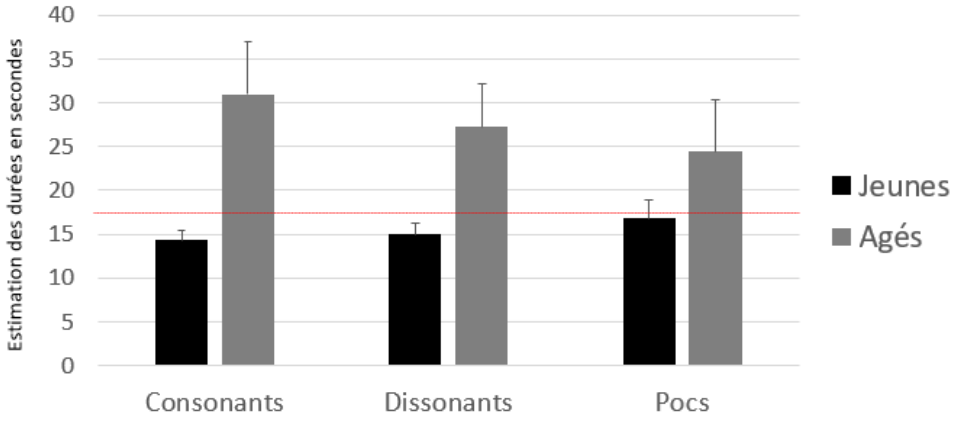
Effet de l'âge et de l'émotion sur la durée perçue des extraits musicaux

L'ANOVA menée sur l'estimation des durées révèle un effet du Groupe ($F(1,30)=4,85$, $p<0,04$, $\eta^2p=0,024$). Les âgés sur-estiment globalement les extraits musicaux et les jugent

comme étant plus longs (M=27,5 s., SD=20,7) que ne le font les jeunes (M=15,4 s., SE =5,2). L'analyse ne révèle pas d'effet de l'Extrait Musical (F<1 ; p>0,1), par contre, l'interaction entre le Groupe et Extrait Musical est significative (F(2,60)=3,57, p=0,042, η^2p=0,101). La différence entre jeunes et âgés est marquée pour les stimuli Consonants (Taille de l'effet= 16,6 s., SE = 6,8, p=0,01) et pour les stimuli Dissonants (Taille de l'effet= 12,2 s., SE = 5,2, p=0,024) mais pas pour les stimuli Pocs (p>0,2). Par ailleurs, chez les âgés, les stimuli Consonants sont jugés plus longs que les stimuli Dissonants (Taille de l'effet =3,7, SE =1,4, p<0,02) et les Pocs (Taille de l'effet =6,5, SE =3,2, p=0,049) qui ne diffèrent pas entre eux (p>0,2). Ces différences ne sont pas observées chez les jeunes (tous les p>0,1) (Voir Figure 12).

Les tests de Student complémentaires montrent que chez les jeunes, les durées estimées des extraits consonants sont inférieures à la durée réelle des stimuli (t(14)=-2,66 ; p<.02, d=-0,686). Les durées des extraits Dissonants ont également tendance à être sous-estimées (t(14)=-1,83 ; p=.087, d=-0,476). En revanche, les durées estimées des Pocs ne diffèrent pas de la durée réelle (p> .2). Chez les âgés, les stimuli Consonants sont au contraire surestimés par rapport à la durée réelle (t(16)=2,42, p<0,03, d=0,586) ; la durée des stimuli Dissonants a également tendance à être surestimée (t(24)=2,09, p=0,053, d=0,304). Enfin, la durée des stimuli Pocs ne diffère pas de la durée réelle (p> .3).

Figure 12. Graphique représentant les moyennes des durées estimées (en sec) en fonction des différents types d'extraits musicaux (Consonants, Dissonants, Pocs) chez les jeunes et les âgés. Les barres verticales représentent les erreurs-types. La ligne rouge représente la durée réelle des stimuli.



Analyses de corrélation entre d'une part les durées des extraits musicaux et d'autre part les caractéristiques émotionnelles, les fonctions cognitives, et l'âge

Les valeurs de corrélation obtenues sont récapitulées dans le Tableau 5 ci-dessous. Les résultats montrent des corrélations de Pearson significatives entre la Durée Cons – Dis et Densité Cons – Dis, ainsi qu'entre Durée Cons – Dis et l'âge des participants. Cela nous indique que plus la différence le jugement de densité entre les extraits consonants et dissonant est grande, plus la différence de durée estimée entre ces extraits est grande. De même plus l'âge des participants augmente, plus la différence de durée entre ces extraits augmente. Nous n'observons pas de corrélation significative entre Durée Cons-Dis et les capacités en attention et en mémoire de travail.

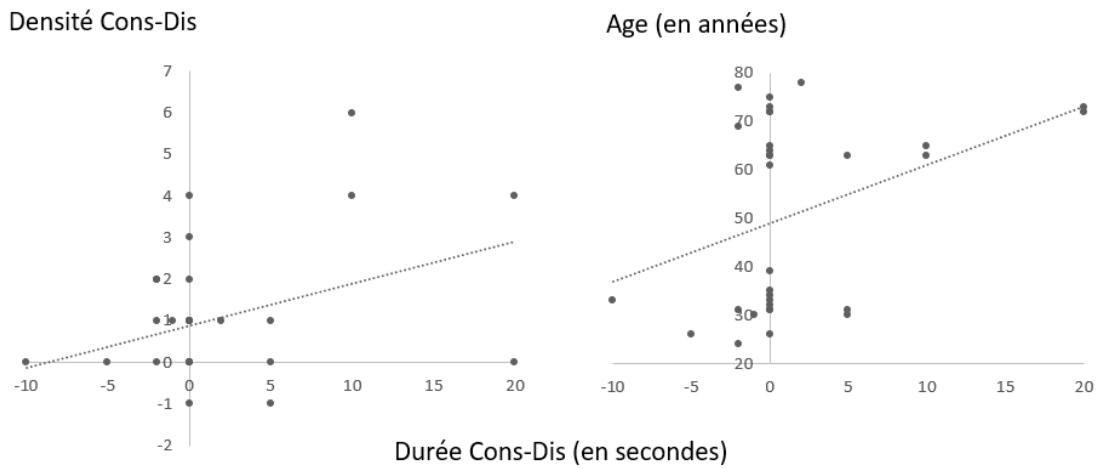
Nos résultats montrent donc une relation entre l'effet de positivé observé sur les durées avec d'une part l'une des caractéristiques des extraits musicaux (la densité), et d'autre part l'âge des participants (Figure 13), mais pas de relation avec le déclin cognitif.

Tableau 5. Résultats des corrélations obtenues entre la différence de durées perçues entre extraits musicaux Consonants et Dissonants et les 7 indicateurs cités précédemment (différences d'intensité, de valence, de densité, de familiarité, notes en attention, en mémoire de travail, et âge)

	Intensité Cons-Dis	Valence Cons-Dis	Densité Cons-Dis	Familiarité Cons-Dis	Z Attention	Z Mémoire de travail	Age
Durée Cons-Dis	r=0,025 p=0,892	r=0,138 p=0,452	r=0,381* p=0,031	r=0,166 p=0,365	r=-0,145 p=0,453	r=0,024 p=0,920	r=0,368* p=0,038

*Un astérisque signifie que la valeur de corrélation est significative (en rouge) avec un seuil statistique de p<.05.

Figure 13. Graphique des corrélations obtenues entre la différence de durées perçues entre extraits musicaux Consonants et Dissonants (en abscisse) et d'une part la différence de densité perçue entre ces stimuli (en ordonnée à gauche) et d'autre part l'âge des participants (en ordonnée à droite). Les lignes pointillées représentent les courbes de tendance.



Discussion

L'objectif était de déterminer si les changements émotionnels observés au cours du vieillissement modifient l'expérience subjective des durées. Globalement, nos résultats montrent que le vieillissement ne modifie pas la perception subjective des caractéristiques émotionnelles des stimuli mais modifie tout de même la perception des durées. Les personnes âgées évaluent les extraits musicaux de façon similaire aux jeunes concernant la valence, l'intensité, la densité et la familiarité des extraits musicaux, mais par rapport aux jeunes, les âgés sur-estiment les durées. De plus, cette sur-estimation est accentuée pour les stimuli consonants par rapport aux autres stimuli, de sorte que les stimuli consonants sont évalués par les personnes âgées comme étant d'une durée nettement supérieure à leur durée réelle. Nos analyses de corrélations exploratoires mettent en lumière que cet effet s'accentue avec l'âge, mais ne semble pas dépendre du déclin cognitif des participants. Pour autant, cet effet ne dépend pas non plus des caractéristiques émotionnelles perçues par les participants (intensité et valence), mais serait liée à la densité perçue des extraits musicaux.

Tout d'abord, nous observons que les âgés estiment les extraits musicaux consonants et dissonants comme plus longs que ne le font les jeunes. Cette différence est liée à un mouvement opposé chez les jeunes et les âgés. Les jeunes ont tendance à sous-estimer la durée de ces stimuli (par rapport leur durée réelle) tandis que les âgés les sur-estiment. Ce résultat n'est pas conforme à la littérature dans laquelle les âgés ont généralement une perception des durées plus courtes que les jeunes, du fait de leurs capacités attentionnelles et de mémoire de travail qui déclinent (Block, Zakay, & Hancock, 1998 ; Droit-Volet, Ramos, Bueno, & Bigand, 2013). Néanmoins, ce que nous avons observé ici semble en partie concordant avec d'autres études, dans le domaine des émotions en particulier, qui ont montré que lorsque les émotions ressenties sont fortes en intensité, les adultes jeunes sur-estiment les durées (Droit-Volet & Meck, 2007 ; Droit-Volet et al., 2004 ; Effron et al., 2006). Nicol, Tanner, & Clarke (2013) ont montré dans une tâche de bissection (avec des durées de 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 msec) que les jeunes adultes sur-estiment la durée des événements positifs et négatifs alors que les âgés sur-estiment uniquement la durée des événements positifs, suite à la vue de stimuli visuels. La tâche et les durées ne sont pas les mêmes que celles que nous avons utilisées, les durées sont plus courtes que dans notre

étude. Aucune autre étude n'a abordé l'effet d'interaction de l'âge et de l'expérience émotionnelle sur la perception des durées, notamment via l'utilisation de stimuli sonores, ce qui rend assez complexe l'interprétation de notre résultat ici.

De façon très intéressante, la différence entre jeunes et âgés est particulièrement vraie concernant les stimuli Consonants. Or, les analyses menées sur la valence perçue des stimuli confirment que ces stimuli sont jugés plus agréables que les autres. Autrement dit, les âgés perçoivent les extraits musicaux agréables comme étant plus longs que les stimuli désagréables (Dissonants et Pocs) et bien plus longs que leur durée réelle. Ce résultat va dans le sens d'un effet de positivité, c'est-à-dire un traitement privilégié des informations positives plutôt que négatives (Reed & Carstensen, 2002, Vieillard & Gilet, 2013). Ce résultat est donc compatible avec l'hypothèse d'une réduction du traitement de l'information négative avec l'avancée en âge.

Il est également intéressant de noter que les stimuli consonants ont un mouvement inverse chez les jeunes adultes. Ceux-ci sous-estiment ces stimuli positifs, par rapport à leur durée réelle. Ce résultat va dans le sens de Pollatos et al. (2014) qui montrent que des stimuli drôles sont estimés d'une durée plus courte que les stimuli effrayants chez les jeunes. Nous pourrions interpréter également ce résultat par le biais de négativité, c'est à dire une attention privilégiée aux événements négatifs plutôt que positifs généralement observée chez les jeunes (Dambrun, 2012). De la même façon que les âgés porteraient plus d'attention aux stimuli positifs (ce qui allongerait dans notre étude leur durée perçue), les jeunes porteraient plus d'attention aux stimuli négatifs (Dissonants et Pocs) ce qui allongerait leur durée perçue par rapport aux stimuli positifs (Consonants). Cette interprétation nécessiterait de plus amples études empiriques comparatives entre les jeunes et les âgés pour être vérifiée.

Contrairement à nos hypothèses, nous ne constatons pas d'effet de l'âge sur les caractéristiques émotionnelles perçues des participants (valence et intensité émotionnelle). En particulier, les âgés ne reportent pas ressentir une émotion plus positive et plus intense aux stimuli Consonants que les jeunes. Les différences observées entre les stimuli consonants et les autres sont équivalentes chez les jeunes et les âgés. Cela ne concorde pas avec les études sur l'effet de positivité dans le cadre de la théorie de sélectivité socio-

émotionnelle. Ce résultat reste assez difficile à expliciter. La base de données dans laquelle a été extraite les stimuli ne fournit pas de données permettant de savoir si les stimuli Consonants et Dissonants auraient dû avoir la même intensité perçue. Notre absence de résultat entre jeunes et âgés, peu concordante avec la littérature, pourrait être dûe au moins en partie à la taille de notre échantillon, mais aussi aux stimuli sélectionnés.

Par ailleurs, nous observons un effet des extraits non seulement sur la valence des stimuli, mais également sur leur intensité, leur densité, et leur familiarité. Les extraits Consonants sont jugés plus agréables, mais également plus intenses, plus denses et plus familiers, que les extraits Dissonants et Pocs. Les stimuli dissonants sont également jugés plus intenses et denses que les Pocs mais ces deux stimuli ne diffèrent pas en termes de valence et d'intensité. Ces résultats révèlent à la fois que les stimuli Consonants sont bien vécus comme positifs, mais révèlent également que les Pocs sont perçus de façon aussi désagréable que les Dissonants, ce qui est conforme aux feedbacks donnés a posteriori par la plupart des participants. Ceci soulève une problématique récurrente dans le champ des émotions qui est la difficulté à manipuler des stimuli contrôles qui soient réellement neutres d'un point de vue émotionnel. Les stimuli neutres (qu'il s'agisse de visages ou de sons) sont généralement perçus comme négatifs (Conty & Dubal, 2018).

Il est à noter que nous n'observons pas de relation entre d'une part les différences de durées perçues entre extrait Consonant et Dissonant et d'autre part les capacités en attention et mémoire de travail. Cela corrobore notre hypothèse sur le fait que l'effet de positivité observé sur la perception des durées chez les personnes âgées n'est pas lié à un déclin cognitif. Nous pensions toutefois trouver une relation entre cet effet de positivité et les jugements des caractéristiques émotionnelles des stimuli (valence et intensité), ce qui n'est pas non plus le cas. De façon étonnante, nous observons par contre que la différence de densité perçue entre les extraits musicaux consonants et dissonants corrèle positivement avec la différence de durées perçues entre ces extraits. Ce résultat pose la question du contenu phénoménologique reflété par cette dimension de densité. Des analyses contrôles révèlent que les jugements d'intensité émotionnelle et de densité corrèlent positivement, en particulier pour les stimuli consonants et dissonants (donc à contenu émotionnel fort)[16]. Il

[16] Corrélations de Pearson faites sur les jugements des extraits consonants ($r=0,85$; $p<0,001$), dissonants ($r=0,49$; $p<0,004$) et pocs ($r=0,334$; $p<0,062$)

est donc possible que la dimension de densité reflète en partie le vécu émotionnel des participants. Dans ce cas, la corrélation observée entre cette variable et les effets obtenus sur la perception des durées irait bien dans le sens de modifications de la perception temporelle liées en partie du moins, aux modifications de vécu émotionnel. A minima, cette corrélation valide l'hypothèse que c'est bien le vécu phénoménologique du participant qui sous-tend les effets de nos extraits musicaux sur la perception du temps et non des modifications en capacités attentionnelles ou de mémoire de travail. Cela corrobore ainsi la perception incarnée de la perception temporelle selon laquelle le vécu émotionnel phénoménologique serait au cœur de notre perception des durées (Nather et al., 2011, Versace et al., 2018).

Nous remarquons également que l'âge des participants corrèle positivement avec la différence de durées obtenue entre les extraits consonants et dissonants. Cette corrélation pourrait ne pas seulement refléter les différences observées entre jeunes et âgés. Au -delà, elle pourrait refléter une modification de la perception temporelle sur un continuum corroborant une perception « life span » dans laquelle le changement n'opère pas à un moment fixe, mais se met en place progressivement tout au long de la vie (Baltes & Goulet, 1970). L'échantillon reste toutefois un peu faible pour tirer une conclusion définitive.

Avant de conclure, nous devons évoquer certaines limites de notre étude. Les résultats que nous observons ici et plus particulièrement l'absence d'effet de l'âge sur l'intensité émotionnelle des extraits musicaux pourraient être dus à la taille de notre échantillon qui aurait dû être beaucoup plus grand. Il sera important d'achever les passations pour obtenir des résultats plus robustes. De plus, il serait nécessaire de mieux comprendre la réalité phénoménologique que recouvre la notion de densité, du fait de son pattern de résultat assez semblable à celui de l'intensité émotionnelle. Il sera peut-être également intéressant de tester d'autres groupes de participants avec des stimuli plus « simples » d'un point de vue émotionnel (évoquant une émotion clairement identifiable, comme des sons positifs – e.g. rire - ou négatifs -e.g. cri-).

Enfin, nous avons utilisé une consigne de respiration afin que les participants se relaxent et soient le plus possible concentrés sur l'expérience et sur leurs sensations corporelles. Il serait pertinent de vérifier les effets de cette consigne en recrutant un groupe de

participants qui ne recevrait pas cette consigne. Dans cette perspective, il pourrait être intéressant d'explorer ces effets de la respiration sur la perception des durées et sur l'expérience subjective émotionnelle dans le cadre de programmes plus élaborés de méditation de pleine conscience dans des études ultérieures.

Conclusion

Notre étude a montré un effet différentiel des extraits musicaux consonants, dissonants, et Pocs sur l'estimation rétrospective des durées entre jeunes et âgés. Cette différence semble liée à une modification du vécu phénoménologique des extraits au cours du vieillissement, et non à un déclin cognitif. Nous n'observons cependant pas d'effet de l'âge sur les jugements émotionnels des extraits musicaux. Cette étude nécessiterait de recruter davantage de participants et éventuellement de tester d'autres types de stimuli, à caractère émotionnel. A plus long terme, cette expérience pourrait ouvrir à des études portant sur les effets de la respiration en situation de méditation de pleine conscience sur la perception des durées et l'expérience subjective émotionnelle.

PARTIE 3. DISCUSSION GENERALE

« Les jours sont peut-être égaux pour une horloge, mais pas pour un homme. » Proust (1913-1927).

1. Synthèse des résultats

L'objectif général de la thèse était de mieux comprendre les effets du vieillissement normal et pathologique sur la cognition temporelle depuis l'estimation des durées courtes jusqu'à la capacité à se projeter mentalement dans le temps passé, présent, futur. Nous avons aussi cherché à déterminer à quel point la cognition temporelle est liée aux autres fonctions cognitives et aux émotions.

Dans la première étude, nous avons cherché à comparer la cognition temporelle de participants adultes et âgés sans trouble neurocognitif à des patients âgés présentant un trouble neurocognitif de type MA (allant du MCI à la MA modérée) ou de type DCL. Nous avons montré que les âgés sont moins précis que les jeunes lorsqu'ils catégorisent les durées, ce qui peut être en lien avec le déclin de leurs capacités attentionnelles (Lamotte & Droit-Volet, 2017). Ils se projettent également moins dans le futur que les jeunes, ce qui est concordant avec la théorie de sélectivité socio-émotionnelle (SST, Carstensen et al., 1999 ; Reed & Carstensen, 2012). Les patients atteints d'une démence à corps de Lewy sont moins précis dans une tâche de bissection temporelle que tous les autres groupes, quelles que soient les durées. Ils sous-estiment les durées, notamment les courtes, comparés aux autres patients et aux âgés contrôles. Ce résultat est massif et particulièrement intéressant car il n'a été que très partiellement montré jusqu'à présent (seules deux études, à notre connaissance, s'y étant intéressées, Lesimple et al., 2016 ; Pai et al., 2021). Les patients avec une MA quant à eux sur-estiment uniquement les durées longues comparativement aux contrôles. Ce résultat est plus subtil que le précédent, mais correspond à ce qui est retrouvé dans la littérature (e.g. Carrasco et al., 2000). Contrairement à ce que nous supposions, la tâche de bissection ne semble pas impactée aux premiers stades de la MA (i.e. chez les patients avec un MCI de type amnésique). Sur l'ensemble de nos participants, nos résultats montrent que lorsque les capacités attentionnelles et en mémoire de travail sont altérées, les performances à la tâche de bissection sont moins bonnes. Ainsi, la tâche de bissection,

considérée comme celle faisant le moins appel aux autres fonctions cognitives, n'est tout de même pas pure, comme c'est le cas de nombreux autres tests neuropsychologiques. Ceci est tout à fait cohérent avec les modèles de l'horloge interne comme celui de Block et Zakay (1996) développé en introduction de ce manuscrit, nous y reviendrons ci-après. En ce qui concerne la perspective temporelle (PT), nous avons observé que les patients atteints d'une pathologie neurodégénérative (DCL, MA, MCI) se projettent moins dans le présent hédoniste comparés aux contrôles. De plus, nous avons observé que plus les capacités attentionnelles sont déficitaires, moins les participants se projettent dans le présent hédoniste. Nous avons mis ce résultat en rapport avec les approches de pleine conscience proposant que la capacité à être dans le moment présent dépend de nos capacités attentionnelles (Shapiro et al., 2006). Nous rediscuterons de ce lien avec la pleine conscience un peu plus tard. Contrairement à ce que reporte à la littérature (La Corte & Piolino, 2016), nous n'avons pas observé de corrélation entre la PT et les autres fonctions cognitives, et notamment la mémoire épisodique. Cela pourrait être expliqué notamment par l'utilisation du questionnaire ZTPI qui comme l'indiquent les auteurs (Apostolidis & Fieulaine, 2004) présente un certain nombre de biais.

Dans la deuxième étude, nous avons proposé une validation d'une échelle de perspective temporelle future en langue française (FTPS), qui permet d'explorer de façon plus complète la dimension relative au futur particulièrement impactée par le vieillissement normal (comme le confirme notre première étude). Nous avons utilisé une procédure de validation psychométrique transculturelle (Vallerand, 1989). Grâce à cela, nous avons montré qu'un individu peut être conscient de son temps limité tout en saisissant les opportunités de vie qu'il lui reste pendant ce temps, un résultat concordant avec la littérature (Cate & John, 2007, Strough et al., 2016). Nos résultats ont également montré que les adultes âgés ont une perspective temporelle future (PTF) davantage limitée que jeunes, et que les jeunes ont une PTF davantage illimitée que les âgés, ce qui est en accord avec la théorie de sélectivité socio-émotionnelle (SST, Lang & Carstensen, 2002). Ce questionnaire permettra aux cliniciens et chercheurs de mieux comprendre les effets de l'avancée en âge sur la perspective temporelle (PT) future. L'élaboration de normes permettra de l'utiliser dans le cadre de pathologies neurodégénératives, telles que la MA, pour mieux comprendre ses effets sur la PT future. En termes de limites à notre étude, nous suggérons qu'il serait pertinent de

mesurer la conscience de la santé des individus (Grühn et al., 2016), leur état thymique, leurs émotions au sens plus large (Grühn et al., 2016), et leur personnalité (Rohr et al., 2017 ; Strough et al., 2016), autant de variables supposées avoir un effet sur la PTF.

Enfin, dans la troisième étude, nous avons cherché à mieux appréhender comment l'expérience subjective du temps se modifie avec l'avancée en âge, en émettant une hypothèse forte sur le rôle des émotions dans ce processus (selon une approche incarnée de la perception temporelle). Nos résultats ont montré que le vieillissement ne modifie pas la manière de percevoir les caractéristiques des stimuli (valence ressentie, intensité émotionnelle, densité du contenu musical en termes de quantité d'événements, familiarité de l'extrait musical) mais change la perception des durées. Les âgés évaluent les extraits musicaux de façon assez similaire aux jeunes (en termes de caractéristiques) mais ils sur-estiment les durées par rapport à leur durée réelle et comparés aux jeunes. De façon intéressante, ils sur-estiment davantage les durées lorsque les stimuli sont agréables (consonants) plutôt que désagréables (dissonants et pocs). Ce résultat peut être interprété comme un effet de positivité lié au vieillissement (Reed & Carstensen, 2002, Vieillard & Gilet, 2013), et correspondrait à une réduction du traitement des informations négatives au bénéfice des informations positives afin de maintenir un niveau de bien-être. Nos résultats montrent également que ce biais de positivité ne dépend pas du déclin cognitif lié à l'âge, conformément à notre supposition, mais il ne dépend pas non plus des caractéristiques émotionnelles (intensité, et valence) des extraits, ce qui est difficile à expliquer. Nous avons tout de même observé que ce biais de positivité sur l'estimation des durées serait en rapport avec la densité perçue des stimuli, autrement dit en rapport avec l'expérience phénoménologique liée à ces stimuli, ce qui est cohérent avec une l'approche incarnée de la cognition temporelle (Versace et al., 2018). Par ailleurs, outre la corrélation avec la densité, nous avons remarqué que l'âge corrèle également avec la différence de durées entre les extraits consonants et dissonants. Cela pourrait refléter un changement en termes de perception temporelle sur un continuum de l'adulte jeune à âgé, dans une perspective life span, selon laquelle le changement se met en place progressivement tout au long de la vie (Baltes & Goulet, 1970).

2. La place des capacités cognitives et du vécu phénoménologique dans la cognition temporelle

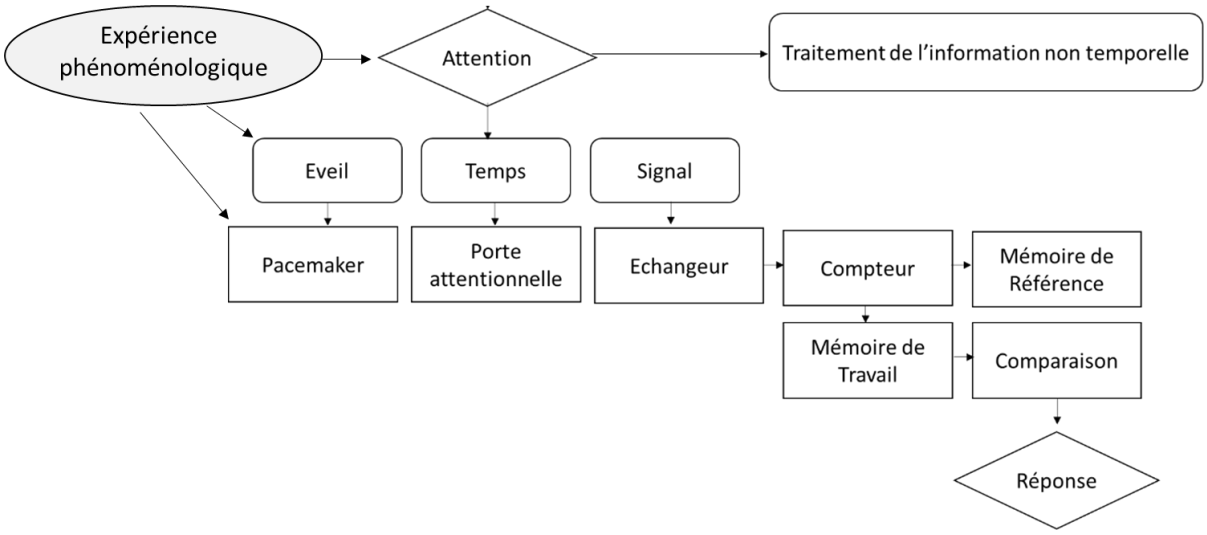
Nos trois études mettent en évidence que la cognition temporelle implique des fonctions cognitives, comme l'attention et la mémoire de travail (première étude) et qu'elle est liée également à l'expérience phénoménologique (deuxième et surtout troisième étude, puisque la deuxième étude a consisté en une validation psychométrique d'une échelle).

Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes intéressés à deux aspects de la cognition temporelle, d'une part la capacité à percevoir les durées courtes (perception temporelle) et d'autre part la capacité à se projeter dans le temps (perspective temporelle). Dans la première étude, nos résultats concernant la perception temporelle sont en accord avec les modèles de l'horloge interne (Block & Zakay, 1996) dans lesquels l'attention et la mémoire de travail sont impliquées lorsque les individus perçoivent des durées courtes. Concernant la PT, au regard de nos résultats, nos hypothèses ne sont pas validées. En effet la PT n'apparaît pas liée à la mémoire épisodique, ce qui ne concorde pas notamment avec le modèle de la distance temporelle dans la pensée future de La Corte et Piolino (2016) auquel nous nous étions référés.

La troisième étude met de plus en évidence que l'expérience phénoménologique (qui inclut les émotions) a également un rôle à jouer dans la perception temporelle. Ainsi, la perception des durées peut changer au cours du vieillissement, non pas à cause d'un déclin cognitif lié à l'âge, mais plus probablement à cause d'une modification du vécu phénoménologique lié au traitement des stimuli. L'approche de la cognition incarnée rend compte de ce phénomène et pourrait nous permettre de compléter le modèle de l'horloge interne de Block et Zakay (1996). Nous proposons à cet égard que l'expérience phénoménologique liée aux stimuli puisse influencer la perception temporelle à différents niveaux du modèle. Les stimuli émotionnels notamment sont connus pour engendrer une augmentation de l'état d'éveil des individus qui se manifeste par une augmentation de l'activité périphérique du système (e.g. augmentation du rythme cardiaque et de la réponse électrodermale – e.g. Kreibig, 2010) et une diminution des ondes cérébrales de types alpha (e.g. Schubring & Schupp, 2021). A cet égard, l'expérience phénoménologique peut indirectement moduler l'activité du pacemaker qui dépend du niveau d'éveil de l'organisme d'après le modèle de l'horloge interne. Il est de

plus bien connu que les stimuli émotionnels modulent notre attention de façon automatique. Cela se manifeste typiquement par des effets d'interférence observés dans un nombre très variable de tâches (e.g. Carretié, 2014). En modulant l'attention, l'expérience phénoménologique peut également exercer une influence indirecte sur la porte attentionnelle qui transmet les impulsions aux autres mécanismes (les impulsions passeront ensuite par le compteur). Enfin, d'après le cadre théorique de la cognition incarnée, les processus cognitifs sont directement façonnés par l'expérience de l'organisme (Nather et al., 2011 ; Versace et al., 2018 ; Vieillard & Msika, 2021). Ainsi, l'expérience émotionnelle, ou plus largement phénoménologique pourrait aussi conditionner directement l'activité du pacemaker. Ces trois types d'influence (sur l'état d'éveil, sur l'attention, sur le pacemaker) peuvent toutes aboutir à moduler l'accumulation des impulsions en mémoire de travail. (Voir le modèle proposé par rapport à ces aspects sur la Figure 14 ci-dessous).

Figure 14. Proposition d'ajouter l'expérience phénoménologique dans le modèle de l'horloge interne de Block et Zakay (1996)



Cette proposition mériterait d'être testée empiriquement. Nos études 1 et 3 s'intéressent toutes deux à la perception temporelle mais avec des tâches très différentes : une tâche de bissection prospective dans l'étude 1, une tâche d'estimation verbale rétrospective dans l'étude 3. Il serait pertinent d'utiliser le même type de tâche pour comparer au mieux les

deux études et pour confirmer la proposition de modèle que nous avons effectuée. Nous pourrions ainsi choisir d'utiliser une tâche de bissection avec des stimuli musicaux pour confirmer le rôle clé des émotions dans ce type de tâche dans le cadre du vieillissement normal et pathologique. De plus, pour aller un peu plus loin, nous pourrions envisager de comparer des patients cérébro-lésés avec une atteinte frontale (qui présentent des modifications en termes d'expression des émotions et des troubles attentionnels) et des patients avec anhédonie (dont la capacité à éprouver des émotions positives est amoindrie). En présentant des stimuli neutres versus positifs, on pourrait s'attendre à des effets différentiels de ces pathologies sur la perception de la durée de ces stimuli ; effets qui nous aideraient à mieux identifier le rôle de l'expérience phénoménologique et le rôle des capacités attentionnelles dans la perception temporelle.

Pour ce qui est de la perspective temporelle (PT), il nous semble au regard de la littérature sur laquelle nous nous sommes basées dans la deuxième étude, que les émotions, ou du moins de façon plus nuancée les expériences phénoménologiques, interviennent également dans la projection mentale dans le temps (e.g. Lang & Carstensen, 2002). Mais n'ayant pas de données empiriques à ce stade concernant la manière dont les émotions influencent la PT, il nous est difficile de conclure et d'émettre des suppositions spécifiques quant aux relations entre l'expérience phénoménologique et la PT. Il n'apparaît pas possible à ce stade de spéculer sur un modèle incluant également la PT d'un point de vue phénoménologique. Pour cela, il serait nécessaire notamment de manipuler les émotions de façon systématique sur les deux types de tâches (e.g. bissection et questionnaire de PT). Nous pensons également qu'il est important pour cela d'utiliser un autre questionnaire que le ZTPI, compte tenu des biais présents dans ce questionnaire (en termes de propriétés psychométriques, et de validation sur une population de tout âge, non exclusivement constituée d'adultes jeunes). La version révisée et en français de ce questionnaire (Fritsch & Cuervo-Lombard, 2021), très récemment validée auprès d'une large population de tout âge (18 à 98 ans), et dont certaines variables comme l'anxiété, la dépression, et l'estime de soi ont été mesurées pourrait être utilisée dans ce cadre. Ce questionnaire est également plus court que celui que nous avons utilisé (15 items au lieu de 54), ce qui serait davantage réalisable pour des participants âgés, avec ou sans trouble neurodégénératif. Cependant, cette version révisée du ZTPI n'incluant toujours pas une évaluation fine de la dimension future, il serait pertinent

d'utiliser également une échelle de projection dans le temps futur, telle que nous l'avons validée dans la deuxième étude.

Il pourrait être également pertinent d'explorer statistiquement les relations entre les performances à une tâche de perception des durées, les performances à une tâche de de PT, les capacités cognitives (notamment l'attention) et le vécu phénoménologique (notamment l'émotion). A notre connaissance, au regard de la littérature, cela n'a pas été réalisé à ce jour. Il est intéressant pourtant de noter que, dans nos données, l'attention est impliquée dans la perception des durées mais également dans la capacité à se projeter dans le présent hédoniste (dans l'étude 1). Explorer les relations entre ces différentes composantes nous aiderait à proposer un modèle plus unifié de la perception et de la perspective temporelle, dans le cadre d'une définition large de la cognition temporelle.

3. L'effet du vieillissement normal et pathologique

Une des forces de ce travail de thèse est d'avoir inclus dans nos trois études un groupe d'adulte jeunes et un groupe d'adultes âgés sans trouble neurocognitif, et ce afin de prendre en compte les effets du vieillissement dans une perspective vie-entière. Nos résultats confirment un effet du vieillissement normal sur la perception temporelle (e.g. Lamotte & Droit-Volet, 2017) et la perspective temporelle (e.g. Lang & Carstensen, 2002). Dans la première étude, les âgés sont moins précis que les jeunes lorsqu'ils catégorisent les durées. Dans l'étude 3, les âgés sur-estiment les durées par rapport aux jeunes (et par rapport à la durée réelle des stimuli) et ce d'autant plus s'ils perçoivent un stimulus consonnant (jugé dense et agréable). Nos études 1 et 2 montrent également que la PT, et notamment la PT future (PTF), se modifie en fonction du vieillissement. Ainsi, dans notre première étude, les âgés se projettent moins dans le futur que les jeunes. Dans l'étude 2, ils ont une PTF plus limitée que les jeunes, qui ont quant à eux ont une PTF plus illimitée que les âgés (Lang & Carstensen, 2002). Une des limites de notre travail concerne le fait que les effets ne sont toutefois pas aussi massifs qu'attendus et/ou ne vont pas dans le même sens que ceux préalablement reportés dans la littérature, notamment dans la troisième étude. Ceci peut s'expliquer par l'hétérogénéité des performances des âgés et par l'existence de mécanismes de compensation qui se mettent en place au cours du vieillissement.

Comme vu dans l'introduction de ce manuscrit, le vieillissement s'avère en effet être un processus hétérogène entre les individus ; une hétérogénéité qui rend certainement compte de la variabilité des performances temporelles observées chez nos participants, tout particulièrement lorsque ceux-ci sont à un stade avancé d'une pathologie neurodégénérative (e.g. Carrasco et al., 2000 ; Caselli et al., 2009 ; Droit-Volet et al., 2019). On observe ainsi des écart-types systématiquement plus importants dans la première et la troisième étude exploratoire chez les âgés par rapport aux jeunes, écart-types qui grandissent encore dans la première étude avec le vieillissement pathologique, notamment chez les patients atteints de DCL. Cette variabilité, inhérente au vieillissement, est présente dans de nombreuses recherches expérimentales menées sur l'humain. Même si elle rend difficile l'interprétation des résultats, voire empêche certains résultats d'émerger, ou encore fait émerger des résultats inattendus sous-tendus par quelques individus s'écartant beaucoup du groupe, elle s'avère intéressante à étudier en tant que telle. L'utilisation de méthodologies longitudinales serait pertinente pour étudier ce phénomène, bien que difficiles à mettre en œuvre du fait de la mortalité liée à l'âge.

Dans la première étude, les patients avec un MCI de type amnésique ne présentent pas de difficulté visible en termes de perception temporelle dans la tâche de bissection. Chez ces patients, des analyses contrôles montrent que leurs capacités attentionnelles sont amoindries par rapport à celles des participants sans troubles. Or, d'après nos données, les capacités attentionnelles sont de bons prédicteurs des performances à la tâche de bissection. D'après le modèle « Scaffolding Theory of Aging and Cognition » (STAC, Park, 2009 ; Reuter-Lorenz et al., 2014), il existe un mécanisme de compensation, dynamique et fragile, permettant de pallier les difficultés qui émergent au cours du vieillissement. Un tel mécanisme pourrait également rendre compte d'une partie de la variabilité des nos résultats et de l'absence de déficit de perception temporelle observées chez les patients avec un MCI. Etudier comment un tel mécanisme de compensation évolue avec les différents stades du vieillissement pathologique (e.g. d'un MCI amnésique à différents stades d'une MA caractérisée), permettrait d'identifier des leviers d'actions pour éviter l'installation dans les troubles neurocognitifs, en lien également avec le niveau de réserve cognitive des participants (Kalpouzos et al., 2008 ; Kalpouzos et al., 2010). En effet, de telles études pourraient permettre de réfléchir à des programmes de prise en charge des individus (dont

nous reparlerons ultérieurement) dès le diagnostic, voire en amont (lors de la phase prodromale de la maladie) afin d'éviter autant que possible l'installation de difficultés retentissant ensuite dans la vie quotidienne des individus. Ces exercices pourraient être proposés au cours du vieillissement normal à toute personne soucieuse de préserver ses capacités cognitives, et viendraient ainsi renforcer des éléments de réserve cognitive « dynamiques » (Kalpouzos et al., 2008 ; Kalpouzos et al., 2010).

Comme nous l'avons observé dans nos résultats, les patients avec une DCL ont une perception temporelle très impactée. Cela peut entraîner des répercussions dans le quotidien, comme des difficultés à réaliser certaines activités (e.g. préparer les repas, se promener en dehors de leur domicile). Nos résultats sous-tendent l'importance de créer un programme de remédiation destiné à améliorer la perception temporelle chez ces patients (voir partie *4. Perspectives thérapeutiques* ci-après)

Enfin, nous avons vu dans l'étude 3 que l'âge corrèle avec la modification de perception des durées qui a lieu entre stimuli consonants et dissonants. Nous proposons d'interpréter cela par un changement de perception temporelle, au cours du vieillissement, selon une approche life span. Ainsi, nous avons testé les performances temporelles chez des adultes jeunes à âgés, mais nous pourrions supposer que ce type de modifications ait lieu tout au long de la vie, et que des différences de perception temporelle liée au vécu phénoménologique soient visibles à différentes périodes de vie, notamment chez l'enfant et l'adolescent (Baltes & Goulet, 1970). A notre connaissance, cette question en particulier n'a pas été explorée. En termes de perspective, nous pourrions ainsi imaginer de répliquer une expérience proche de notre étude 3, en incluant des enfants et des adolescents.

4. Perspectives thérapeutiques

Tout d'abord, puisque les performances à la tâche de bissection temporelle sont nettement plus impactées chez les patients DCL que MA, avec des effets différentiels en termes de surestimation et de sous-estimation entre les deux pathologies, nous pourrions envisager de mettre au point un outil mesurant la perception temporelle au niveau individuel. Nous pourrions imaginer que cet outil puisse être utilisé dans la pratique clinique courante en neuropsychologie pour contribuer à l'élaboration d'hypothèses diagnostiques

en complément des autres tests neuropsychologiques utilisés par les cliniciens. Il semble important d'évaluer les capacités en perception temporelle afin de pouvoir aider au mieux les patients, en leur proposant ensuite des programmes de remédiation le plus adaptés à leur pathologie. En effet, des répercussions au quotidien peuvent apparaître lorsque les individus sous ou sur-estiment le temps. Par exemple, des difficultés peuvent avoir lieu lorsque les individus cuisinent (en omettant les temps de cuissons des plats), lorsqu'ils repassent le linge (en laissant le fer à repasser trop longtemps), quand ils traversent une rue piétonne (en pensant avoir suffisamment de temps pour traverser le passage piéton), ou bien quand ils conduisent un véhicule (en omettant les estimations de temps pour dépasser un véhicule, passer un rond-point). Ces exemples, impliquant un problème de sur-estimation dans les deux premiers cas et un problème de sous-estimation dans les deux derniers, peuvent engendrer des répercussions très handicapantes au quotidien et engageant la sécurité des individus. D'où l'intérêt de mesurer la perception temporelle et de proposer des remédiations pour essayer de pallier ses difficultés.

A notre connaissance, il n'existe pas d'outil pour mesurer la perception du temps dans la pratique clinique du psychologue. Nous pourrions ainsi proposer de faire évoluer la tâche de bissection en véritable test d'évaluation. Cela est envisageable mais nécessiterait une adaptation assez importante. Il serait notamment utile de la raccourcir. Sa durée totale est de 15 minutes environ pour chacune des deux parties, sachant que les patients, avec une DCL notamment, présentent en général un ralentissement assez important. Un temps total de 10 minutes (comprenant les deux gammes de durées) serait plus adapté aux patients. Nous pourrions en effet envisager de réaliser une seule et même tâche, c'est-à-dire comprenant des durées courtes et longues allant de 450 à 5000 msec (sans diviser la tâche en deux parties). Il sera alors nécessaire de tester la robustesse des mesures obtenues avec une telle version courte. Il serait par ailleurs nécessaire d'élaborer des normes chez les individus sans trouble, afin ensuite de pouvoir comparer le score obtenu chez les patients par rapport à la population de référence du test.

En termes de programmes de remédiation, nous pourrions envisager différents types d'exercices, inspirés de ce type de test, dans lesquels les patients s'entraînent à percevoir au mieux les durées présentées par le psychologue. Nous pourrions utiliser par exemple une tâche de catégorisation verbale de durées ou de lecture de l'heure sur des horloges à

différents moments pour s'entraîner à mieux percevoir les durées afin de voir si ces exercices auraient un effet sur le test de bissection temporelle. Pour pouvoir représenter un peu mieux les situations de vie quotidienne, nous pourrions également imaginer des programmes un peu plus élaborés utilisant par exemple la réalité virtuelle, afin d'être immergé dans des scenarios du quotidien, comme la traversée d'une rue piétonne. Lorsque le psychologue travaille en institution, il pourrait participer aux séances avec l'ergothérapeute et accompagner le patient lors d'entraînements à la réalisation de plats, en vue de son retour au domicile par exemple. Ces différents exercices seraient ainsi plutôt écologiques, inspirés du quotidien, et transférables lors du retour au domicile.

En outre, nos travaux confortent le rôle des capacités attentionnelles dans la cognition temporelle, et notamment dans la capacité à estimer les durées et la capacité à se projeter dans le présent. Dans la troisième étude, nous avons utilisé un exercice de pleine conscience en amont de l'expérience. Notre objectif en utilisant cet exercice était de favoriser la concentration sur ses sensations internes avant d'entrer dans le cœur de la tâche. Le retour des participants a été particulièrement positif. Or la pleine conscience a pour conséquence de focaliser l'attention sur le moment présent. On peut donc s'attendre à un effet important de cette pratique sur la cognition temporelle des individus. Cela nous motive à étudier à l'avenir les effets de la respiration de pleine conscience sur la cognition temporelle, plus particulièrement au cours du vieillissement pathologique. Nous pourrions ainsi envisager de reproduire les études 1 et 3 chez des patients atteints de DCL ou de MA, en présence ou en absence d'exercice de pleine conscience. A cet égard, nous pourrions envisager une manipulation approfondie de la pleine conscience, allant au-delà de simples exercices de respiration. Nous pourrions proposer à tous les participants de réaliser nos tâches deux fois, et entre les deux, de proposer à la moitié de nos participants un véritable programme de pleine conscience organisé sur plusieurs séances. Ceci nous permettrait de déterminer si les exercices de pleine conscience permettent d'améliorer la perception temporelle et d'amplifier la capacité à se projeter dans le présent hédoniste. Cela pourrait être particulièrement utile pour les patients atteints d'une DCL.

CONCLUSION GENERALE

En conclusion, il est important d'étudier la cognition temporelle car elle est indispensable dans de nombreuses activités du quotidien. Lorsqu'elle est défaillante, des répercussions peuvent apparaître, notamment chez les personnes âgées présentant un trouble neurodégénératif. Evaluer la cognition temporelle lors du bilan neuropsychologique permettrait de mieux accompagner les patients et leurs proches afin ensuite de leur proposer des moyens d'actions pour pallier autant que possible les déficits temporels.

A ce stade, nos travaux ont permis de comparer de façon systématique la cognition temporelle des jeunes et des âgés ainsi que de comparer directement l'impact de la Maladie d'Alzheimer et de la Démence à Corps de Lewy sur la cognition temporelle. La présente thèse a également permis d'apporter une nouvelle échelle d'évaluation de la perspective temporelle dans le temps futur, validée en langue française, utilisable par les cliniciens et les chercheurs chez les adultes jeunes et âgés.

Nos travaux soulignent à quel point il est difficile d'étudier la cognition temporelle. Tout d'abord car il est très compliqué, si ce n'est impossible, d'isoler cette capacité des autres fonctions cognitives. Compte tenu de nos résultats et en accord avec nos hypothèses elle n'est pas pure, mais bien étroitement liée à l'attention, à la mémoire de travail et au vécu phénoménologique. A cet égard, nous pensons que le rôle du vécu phénoménologique doit être intégré dans les modèles de l'horloge et que le niveau exact auquel il intervient reste à déterminer. Nous avons proposé un modèle spéculatif dans lequel l'expérience phénoménologique agit sur les premières étapes de la perception temporelle telles que définie dans le modèle de l'horloge interne de Block et Zakay (1996). Cette action pourrait se faire par différents biais (en modifiant directement le niveau d'éveil, les ressources attentionnelles et l'activité du pacemaker et en modifiant ainsi indirectement l'accumulation des impulsions). Nos preuves empiriques sont toutefois faibles pour soutenir ce modèle et de plus amples travaux sont nécessaires pour déterminer à quelles étapes de traitement le vécu émotionnel façonne la cognition temporelle et au-delà, proposer un modèle unifié de la perception et de la cognition temporelle.

Etudier la cognition temporelle en lien avec le vécu phénoménologique nous semble aujourd'hui primordial. Etudier ce lien dans le cadre du vieillissement normal et

pathologique comme nous avons commencé à le faire s'avère particulièrement utile, d'un point de vue de la recherche fondamentale d'une part, afin de mieux appréhender le rôle des capacités cognitives dans les modifications de la cognition temporelle, et d'un point de vue de la recherche appliquée d'autre part, pour mieux aider les personnes atteintes de troubles neurodégénératifs dans leur accompagnement au quotidien.

Ces travaux nous amènent notamment à réajuster un peu plus notre définition de la cognition temporelle. Nous l'avions défini comme la manière de percevoir les durées et de se projeter dans le temps (passé, présent, futur). Compte tenu des différents aspects évoqués et des résultats des études (et notamment de la dernière étude), nous pourrions proposer que la cognition temporelle se caractérise par une expérience phénoménologique subjective permettant d'estimer les durées et de se projeter mentalement dans un temps plus global (passé, présent, futur).

Références bibliographiques

Addis, D. R., Sacchetti, D. C., Ally, B. A., Budson, A. E., & Schacter, D. L. (2009). Episodic simulation of future events is impaired in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *47*(12), 2660-2671.

Allman, M. J., Teki, S., Griffiths, T. D., & Meck, W. H. (2014). Properties of the internal clock: first-and second-order principles of subjective time. *Annual review of psychology*, *65*, 743-771.

American Psychiatry Association. (2013). DSM-5, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*.

Amieva, H., Belliard, S., & Salmon, E. (2014). *Les démences: Aspects cliniques, neuropsychologiques, physiopathologiques et thérapeutiques*. De Boeck Superieur.

Anderson, J. W., Rueda, A., & Schmitter-Edgecombe, M. (2014). The stability of time estimation in older adults. *The International Journal of Aging and Human Development*, *78*(3), 259-276.

Apostolidis, T., & Fieulaine, N. (2004). Validation française de l'échelle de temporalité. *European Review of Applied Psychology*, *54*(3), 207-217.

D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2012). Predicting the phenomenology of episodic future thoughts. *Consciousness and cognition*, *21*(3), 1198-1206.

Bagot, J. D. (1999). *Information, sensation et perception* (Vol. 1). Paris: Armand Colin.

Baird, H. M., Webb, T. L., Sirois, F. M., & Gibson-Miller, J. (2021). Understanding the effects of time perspective: A meta-analysis testing a self-regulatory framework. *Psychological bulletin*, *147*(3), 233.

Baltes, P. B., & Goulet, L. R. (1970). Status and issues of a life-span developmental psychology. In *Life-span developmental psychology* (pp. 3-21). Academic Press.

Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M., & Pouthas, V. (2006). Differential involvement of internal clock and working memory in the production and reproduction of duration: A study on older adults. Acta Psychologica, 121(3), 285-296.

Baudouin, A., Vanneste, S., Pouthas, V., & Isingrini, M. (2006). Age-related changes in duration reproduction: Involvement of working memory processes. *Brain and Cognition*, *62*(1), 17-23.

Beck, A.T., Ward, C.H., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. *Archives of general psychiatry*, *4*, 561-571.

Bindra, D., & Waksberg, H. (1956). Methods and terminology in studies of time estimation. *Psychological Bulletin*, *53*(2), 155.

Block, R. A., & Gruber, R. P. (2014). Time perception, attention, and memory: a selective review. *Acta psychologica*, *149*, 129-133.

Block, R. A., & Zakay, D. (1996). Models of psychological time revisited. *Time and mind*, *33*(9), 171-195.

Block, R. A., Zakay, D., & Hancock, P. A. (1998). Human aging and duration judgments: a meta-analytic review. *Psychology and aging*, *13*(4), 584.

Brosowsky, N. P., & Mondor, T. A. (2016). Multistable perception of ambiguous melodies and the role of musical expertise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *140*(2), 866-877.

Buckner, R. L., & Carroll, D. C. (2007). Self-projection and the brain. *Trends in cognitive sciences*, *11*(2), 49-57.

Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature reviews neuroscience*, *6*(10), 755-765.

Burns, P., & Russell, J. (2016). Children's predictions of future perceptual experiences: Temporal reasoning and phenomenology. *Developmental psychology*, *52*(11), 1820.

Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., Bechara, A., Tranel, D., & Hawkley, L. C. (2011). Could an aging brain contribute to subjective well-being? The value added by a social neuroscience perspective. In A. Todorov, S. T. Fiske, & D. A. Prentice (Eds.), *Social neuroscience: Toward understanding the underpinnings of the social mind* (pp. 249–262). Oxford University Press.

Carelli, M. G., Wiberg, B., & Wiberg, M. (2011). Development and construct validation of the Swedish Zimbardo time perspective inventory. *European journal of psychological assessment*.

Carrasco, C., Guillem, M.J., Redolat, R. (2000). Estimation of short temporal intervals in Alzheimer's disease. *Experimental Aging Research*, *26*(2), 139-151.

Carretié, L. (2014). Exogenous (automatic) attention to emotional stimuli: a review. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *14*(4), 1228-1258.

Carstensen, L. L., Isaacowitz, D. M., & Charles, S. T. (1999). Taking time seriously: a theory of socioemotional selectivity. *American psychologist*, *54*(3), 165.

Carstensen, L. L., & Lang, F.R. (1996). Future Time Perspective Scale. *Unpublished manuscript*, Stanford University.

Caselli, L., Iaboli, L., & Nichelli, P. (2009). Time estimation in mild Alzheimer's disease patients. *Behavioral and Brain Functions*, *5*(1), 1-10.

Cate, R. A., & John, O. P. (2007). Testing models of the structure and development of future time perspective: maintaining a focus on opportunities in middle age. *Psychology and aging*, *22*(1), 186.

Chambon, M., Droit-Volet, S., & Niedenthal, P. M. (2008). The effect of embodying the elderly on time perception. *Journal of Experimental Social Psychology*, *44*(3), 672-678.

Charles, S. T., Mather, M., & Carstensen, L. L. (2003). Aging and emotional memory: the forgettable nature of negative images for older adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, *132*(2), 310.

Church, R. M., & Broadbent, H. A. (1990). Alternative representations of time, number, and rate. *Cognition*, *37*(1-2), 55-81.

Cohen, J. (1992). Quantitative methods in psychology: A power primer. In *Psychological bulletin*.

Conty, L., & Dubal, S. (2018). Émotions. *T. Collins, D. Andler, & C. Tallon-Baudry (Éds.), La Cognition. Du neurone à la société. Folio*, 518-562.

Conway, M. A. (2009). Episodic memories. *Neuropsychologia*, *47*(11), 2305-2313.

Coste, C., Navarro, B., Abram, M., Duval, C., Picard, L., & Piolino, P. (2012). Quid du voyage mental dans le temps subjectif et effets de l'âge?. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, *10*(1), 95-105.

Costello, M. C., & Bloesch, E. K. (2017). Are older adults less embodied? A review of age effects through the lens of embodied cognition. *Frontiers in psychology*, *8*, 267.

Craig, A. D. (2009). Emotional moments across time: a possible neural basis for time perception in the anterior insula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1525), 1933-1942.

Craik, F. I., & Hay, J. F. (1999). Aging and judgments of duration: Effects of task complexity and method of estimation. *Perception & Psychophysics*, *61*(3), 549-560.

Dalla Barba, G. (2001). Memory, consciousness and temporality (Vol. 3). *Springer Science & Business Media*.

Dambrun, M. (2012). La psychologie positive: une approche nécessaire et complémentaire?. *Les cahiers internationaux de psychologie sociale*, (1), 15-20.

Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA? The posterior–anterior shift in aging. *Cerebral cortex*, *18*(5), 1201-1209.

De Beni, R., Borella, E., Carretti, B., Zavagnin, M., Lazzarini, L., & Milojevi, G. (2013). Remembering the past and imagining the future: age-related differences between young, young-old and old-old. *Aging Clinical and Experimental Research*, *25*(1), 89-97.

De la Fuente, J., Santiago, J., Román, A., Dumitrache, C., & Casasanto, D. (2014). When you think about it, your past is in front of you: How culture shapes spatial conceptions of time. *Psychological science*, *25*(9), 1682-1690.

Dessi, F., Maillet, D., Metivet, E., Michault, A., Le Clésiau, H., Ergis, A. M., & Belin, C. (2009). Evaluation des capacités de mémoire épisodique de sujets âgés illettrés. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, *7*(4), 287-296.

Droit-Volet, S. (2001). Les différentes facettes du temps. *Enfances Psy*, (1), 26-40.

Droit-Volet, S. (2011). Child and time. Multidisciplinary aspects of time and time perception, *Springer-Verlag: Berlin Heidelberg*, 151-173

Droit-Volet, S. (2013). Time perception, emotions and mood disorders. *Journal of Physiology-Paris*, *107*(4), 255-264.

Droit-Volet, S. (2016). Development of time. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *8*, 102-109.

Droit-Volet, S. (2019). Time does not fly but slow down in old age. *Time & Society*, *28*(1), 60-82.

Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. (2004). BRIEF REPORT Perception of the duration of emotional events. *Cognition and emotion*, *18*(6), 849-858.

Droit-Volet, S., & Coull, J. T. (2016). Distinct developmental trajectories for explicit and implicit timing. *Journal of experimental child psychology*, *150*, 141-154.

Droit-Volet, S., Fayolle, S., Lamotte, M., & Gil, S. (2013). Time, emotion and the embodiment of timing. *Timing & Time Perception*, *1*(1), 99-126.

Droit-Volet, S., Lorandi, F., & Coull, J. T. (2019). Explicit and implicit timing in aging. *Acta psychologica*, *193*, 180-189.

Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in cognitive sciences*, *11*(12), 504-513.

Droit-Volet, S., Ramos, D., Bueno, L. J., & Bigand, E. (2013). Music, emotion, and time perception: the influence of subjective emotional valence and arousal? *Emotion Science*, *4*, 417.

Droit-Volet, S., Trahanias, P., & Maniadakis, M. (2017). Passage of time judgments in everyday life are not related to duration judgments except for long durations of several minutes. *Acta psychologica*, *173*, 116-121.

Droit-Volet, S., & Wearden, J. (2003). Les modèles d'horloge interne en psychologie du temps. *L'année psychologique*, *103*(4), 617-654.

Dubois, B., Feldman, H. H., Jacova, C., DeKosky, S. T., Barberger-Gateau, P., Cummings, J., ... & Scheltens, P. (2007). Research criteria for the diagnosis of Alzheimer's disease: revising the NINCDS–ADRDA criteria. *The Lancet Neurology*, *6*(8), 734-746.

Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. F. A. B. (2000). The FAB: a frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, *55*(11), 1621-1626.

Dujardin, K., & Lemaire, P. (2008). *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique*. Masson.

Duval, C., Desgranges, B., de La Sayette, V., Belliard, S., Eustache, F., & Piolino, P. (2012). What happens to personal identity when semantic knowledge degrades? A study of the self and autobiographical memory in semantic dementia. *Neuropsychologia*, *50*(2), 254-265.

Effron, D. A., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2006). Embodied temporal perception of emotion. *Emotion*, *6*(1), 1.

El Haj, M., Antoine, P., & Kapogiannis, D. (2015). Similarity between remembering the past and imagining the future in Alzheimer's disease: Implication of episodic memory. *Neuropsychologia*, *66*, 119-125.

El Haj, M., & Kapogiannis, D. (2016). Time distortions in Alzheimer's disease: a systematic review and theoretical integration. *Aging and Mechanisms of Disease*, *2*(1), 1-5.

El Haj, M., Moroni, C., Samson, S., Fasotti, L., & Allain, P. (2013). Prospective and retrospective time perception are related to mental time travel: Evidence from Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*, *83*(1), 45-51.

El Haj, M., Omigie, D., & Moroni, C. (2014). Time reproduction during high and low attentional tasks in Alzheimer's Disease "A watched kettle never boils". *Brain and cognition*, *88*, 1-5.

Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps*. Presses universitaires de France.

Frank, M. J., Loughry, B., & O'Reilly, R. C. (2001). Interactions between frontal cortex and basal ganglia in working memory: a computational model. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *1*(2), 137-160.

Fritsch, A., & Cuervo-Lombard, C. (2021). Échelle de temporalité: validation française d'une version courte de la Zimbardo Time Perspective Inventory (ZTPI). *Psychologie Française*.

Gamboz, N., De Vito, S., Brandimonte, M. A., Pappalardo, S., Galeone, F., Iavarone, A., & Della Sala, S. (2010). Episodic future thinking in amnesic mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, *48*(7), 2091-2097.

Gauthier, L, Dehaut, F., Oanette, Y. (1989). The bells test: a quantitative and qualitative test for visual neglect. *Int J Clin Neuropsychol*, 11: 49-53.

Gómez, J., Marín-Méndez, J. J., Molero, P., Atakan, Z., & Ortuño, F. (2014). Time perception networks and cognition in schizophrenia: A review and a proposal. *Psychiatry research*, *220*(3), 737-744.

Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of sciences*, *423*(1), 52-77.

Gil, S., Niedenthal, P. M., & Droit-Volet, S. (2007). Anger and time perception in children. *Emotion*, *7*(1), 219.

Grady, C. (2012). The cognitive neuroscience of ageing. *Nature Reviews Neuroscience*, *13*(7), 491-505.

Grondin, S. (2010). Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(3), 561-582.

Grondin, S. (2018). *Le temps psychologique en questions*. Presses de l'Université Laval.

Grondin, S., Laflamme, V., & Mioni, G. (2015). Do not count too slowly: Evidence for a temporal limitation in short-term memory. *Psychonomic bulletin & review*, *22*(3), 863-868.

Grondin, S., Ouellet, B., & Roussel, M. E. (2004). Benefits and limits of explicit counting for discriminating temporal intervals. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, *58*(1), 1.

Grühn, D., Sharifian, N., & Chu, Q. (2016). The limits of a limited future time perspective in explaining age differences in emotional functioning. *Psychology and aging*, *31*(6), 583.

Grühn, D., Smith, J., & Baltes, P. B. (2005). No aging bias favoring memory for positive material: evidence from a heterogeneity-homogeneity list paradigm using emotionally toned words. *Psychology and aging*, *20*(4), 579.

Guarino, A., De Pascalis, V., & Di Chiacchio, C. (1999). Prevenzione del tumore al seno, prospettiva temporale, ansia di tratto. *Manoscritto non pubblicato, Università di Roma «La Sapienza*.

Guichart-Gomez, É., & Hahn, V. (2016). *Guide de diagnostic neuropsychologique: Troubles neurocognitifs et comportementaux des maladies neurodégénératives*. De Boeck Supérieur.

Hallez, Q., & Droit-Volet, S. (2017). High levels of time contraction in young children in dual tasks are related to their limited attention capacities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *161*, 148-160.

Honing, H., & Ladinig, O. (2009). Exposure influences expressive timing judgments in music. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *35*(1), 281.

Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008, September). Evaluating model fit: a synthesis of the structural equation modelling literature. In *7th European Conference on research methodology for business and management studies* (pp. 195-200).

Irish, M., Addis, D. R., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2012). Considering the role of semantic memory in episodic future thinking: evidence from semantic dementia. *Brain*, *135*(7), 2178-2191.

Jacus, J. P., Dupont, M. P., Herades, Y., Pelix, C., Large, H., & Baud, M. (2014). Awareness disorders in Alzheimer's disease and in mild cognitive impairment. *L'encephale*, *40*(2), 180-187.

Janssen, S. M. (2017). Autobiographical memory and the subjective experience of time. *Timing & Time Perception*, *5*(1), 99-122.

Kahneman, D., & Miller, D. T. (1986). Norm theory: Comparing reality to its alternatives. *Psychological review*, *93*(2), 136.

Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). Réserve cognitive et fonctionnement cérébral au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, *6*(2), 97-105.

Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2010). Substrats cérébraux du déclin de la mémoire épisodique: contrastes entre vieillissement normal et maladie d'Alzheimer. *Revue de neuropsychologie*, *2*(2), 114-123.

Karmarkar, U. R., & Buonomano, D. V. (2007). Timing in the absence of clocks: encoding time in neural network states. *Neuron*, *53*(3), 427-438.

Kennedy, Q., Mather, M., & Carstensen, L. L. (2004). The role of motivation in the age-related positivity effect in autobiographical memory. *Psychological science*, *15*(3), 208-214.

Klein, S. B., Robertson, T. E., & Delton, A. W. (2010). Facing the future: Memory as an evolved system for planning future acts. *Memory & cognition*, *38*(1), 13-22.

Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological psychology*, *84*(3), 394-421.

Labouvie-Vief, G., Grühn, D., & Studer, J. (2010). Dynamic integration of emotion and cognition: Equilibrium regulation in development and aging. *The handbook of life-span development*.

La Corte, V., & Piolino, P. (2016). La capacité de prospection épisodique dans le vieillissement cognitif normal et pathologique. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, *14*(1), 58-66.

Lamotte, M., & Droit-Volet, S. (2017). Aging and time perception for short and long durations: A question of attention?. *Timing & Time Perception*, *5*(2), 149-167.

Lang, F. R., & Carstensen, L. L. (2002). Time counts: future time perspective, goals, and social relationships. *Psychology and aging*, *17*(1), 125.

Lechevalier, B., Eustache, F., & Viader, F. (2008). *Traité de neuropsychologie clinique*. De Boeck Supérieur.

Lechevallier-Michel, N., Fabrigoule, C., Lafont, S., Letenneur, L., & Dartigues, J. F. (2004). Normes pour le MMSE, le test de rétention visuelle de Benton, le set test d'Isaacs, le sous-test des codes de la WAIS et le test de barrage de Zazzo chez des sujets âgés de 70 ans et plus: données de la cohorte PAQUID. *Revue Neurologique*, *160*(11), 1059-1070.

Lesimple, B., Dieudonné, B., Campillo-Gimenez, B., Verny, M., & Giannopulu, I. (2016). Étude préliminaire de la perception du temps chez les patients présentant une démence à corps de Lewy. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie Du Vieillissement*, *14*(2), 213-220.

Lewin, K. (1951). Intention, will and need. *Organization and pathology of thought: Selected sources* (pp. 95–153). Columbia University Press.

Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2006). A right hemispheric prefrontal system for cognitive time measurement. *Behavioural Processes*, *71*(2-3), 226-234.

Lindau, M., & Bjork, R. (2014). Anosognosia and anosodiaphoria in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Dementia and geriatric cognitive disorders extra*, *4*(3), 465-480.

Lustig, C., & Meck, W. H. (2001). Paying attention to time as one gets older. *Psychological Science*, *12*(6), 478-484.

McKeith, I. G., Dickson, D. W., Lowe, J., Emre, M., O'brien, J. T., Feldman, H., ... & Yamada, M. (2005). Diagnosis and management of dementia with Lewy bodies: third report of the DLB Consortium. *Neurology*, *65*(12), 1863-1872.

Maillet, D., Matharan, F., Le Clésiau, H., Bailon, O., Pérès, K., Amieva, H., & Belin, C. (2016). TNI-93: A new memory test for dementia detection in illiterate and low-educated patients. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *31*(8), 896-903.

Matell, M. S., & Meck, W. H. (2000). Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. *Bioessays*, *22*(1), 94-103.

Matell, M. S., & Meck, W. H. (2004). Cortico-striatal circuits and interval timing: coincidence detection of oscillatory processes. *Cogn. Brain Res*., *21*, 139—170.

Mather, M., Canli, T., English, T., Whitfield, S., Wais, P., Ochsner, K., ... & Carstensen, L. L. (2004). Amygdala responses to emotionally valenced stimuli in older and younger adults. *Psychological Science*, *15*(4), 259-263.

Mather, M., & Carstensen, L. L. (2003). Aging and attentional biases for emotional faces. *Psychological science*, *14*(5), 409-415.

Meck, W. H., & N'Diaye, K. (2005). Un modèle neurobiologique de la perception et de l'estimation du temps. *Psychologie française*, *50*(1), 47-63.

Mendes, W. B. (2010). Weakened links between mind and body in older age: The case for maturational dualism in the experience of emotion. *Emotion Review*, *2*(3), 240-244.

Miles, L., Nind, L., & Macrae, C. (2010). Moving through time. *Psychological Science*, *21*(2), 222.

Mille, & Versace. (2017). *Effet de la position corporelle sur la représentation de l'information temporellement orientée.* Communication affichée présentée lors du 58 e congrès de la Société Française de Psychologie, Nice, France.

Mondillon, L., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2007). Imitation of in-group versus out-group members' facial expressions of anger: A test with a time perception task. *Social neuroscience*, *2*(3-4), 223-237.

Nani, A., Manuello, J., Liloia, D., Duca, S., Costa, T., & Cauda, F. (2019). The neural correlates of time: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Journal of cognitive neuroscience*, *31*(12), 1796-1826.

Nather, F. C., Bueno, J. L., Bigand, E., & Droit-Volet, S. (2011). Time changes with the embodiment of another's body posture. *PLoS One*, *6*(5), e19818.

Nicol, J. R., Tanner, J., & Clarke, K. (2013). Perceived duration of emotional events: evidence for a positivity effect in older adults. *Experimental aging research*, *39*(5), 565-578.

Niedenthal, P. M., Winkielman, P., Mondillon, L., & Vermeulen, N. (2009). Embodiment of emotion concepts. *Journal of personality and social psychology*, *96*(6), 1120.

North, A. C., Hargreaves, D. J., & Hargreaves, J. J. (2004). Uses of music in everyday life. *Music perception*, *22*(1), 41-77.

Orfei, M. D., Blundo, C., Celia, E., Casini, A. R., Caltagirone, C., Spalletta, G., & Varsi, A. E. (2010). Anosognosia in mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease: frequency and neuropsychological correlates. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *18*(12), 1133-1140.

Pai, M. C., Yang, C. J., & Fan, S. Y. (2021). Time Perception in Prodromal Alzheimer's Dementia and in Prodromal Dementia With Lewy Bodies. *Frontiers in Psychiatry*, *12*.

Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual review of psychology*, *60*, 173-196.

Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, *68*(2), 111-141.

Pollatos, O., Laubrock, J., & Wittmann, M. (2014). Interoceptive focus shapes the experience of time. *PloS one*, *9*(1), e86934.

Pouthas, V., & Macar, F. (2005). Les bases neurales de la perception du temps et de la régulation temporelle de l'action. *Psychologie française*, *50*(1), 27-45.

Radua, J., Del Pozo, N. O., Gómez, J., Guillen-Grima, F., & Ortuño, F. (2014). Meta-analysis of functional neuroimaging studies indicates that an increase of cognitive difficulty during executive tasks engages brain regions associated with time perception. *Neuropsychologia*, *58*, 14-22.

Rattat, A. C., & Droit-Volet, S. (2012). What is the best and easiest method of preventing counting in different temporal tasks?. *Behavior Research Methods*, *44*(1), 67-80.

Reed, A. E., & Carstensen, L. L. (2012). The theory behind the age-related positivity effect. *Frontiers in psychology*, *3*, 339.

Reuter-Lorenz, P. A., & Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current directions in psychological science*, *17*(3), 177-182.

Reuter-Lorenz, P. A., & Park, D. C. (2014). How does it STAC up? Revisiting the scaffolding theory of aging and cognition. *Neuropsychology review*, *24*(3), 355-370.

Rueda, A. D., & Schmitter-Edgecombe, M. (2009). Time estimation abilities in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *23*(2), 178.

Salthouse, T. A. (1996). General and specific speed mediation of adult age differences in memory. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *51*(1), P30-P42.

Sanfourche-Gaume, T., de Montalembert M., Vieillard S. (Accepté). Validation française d'une version adaptée d'une échelle de perspective temporelle future, *The Future Time Perspective Scale* (FTPS), auprès d'une population d'adultes d'âge jeune à âgé. *L'Année Psychologique*.

Sansone, G., Fong, G. T., Hall, P. A., Guignard, R., Beck, F., Mons, U., ... & Jiang, Y. (2013). Time perspective as a predictor of smoking status: findings from the International Tobacco Control (ITC) Surveys in Scotland, France, Germany, China, and Malaysia. *BMC Public Health*, *13*(1), 1-8.

Schacter, D. L., Addis, D. R., & Buckner, R. L. (2007). Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nature reviews neuroscience*, *8*(9), 657-661.

Schubring, D., & Schupp, H. T. (2021). Emotion and brain oscillations: high arousal is associated with decreases in alpha-and lower beta-band power. *Cerebral Cortex*, *31*(3), 1597-1608.

Segal, Z. V., Teasdale, J. D., Williams, J. M., & Gemar, M. C. (2002). The mindfulness-based cognitive therapy adherence scale: Inter-rater reliability, adherence to protocol and treatment distinctiveness. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, *9*(2), 131-138.

Shapiro, S. L., Carlson, L. E., Astin, J. A., & Freedman, B. (2006). Mechanisms of mindfulness. *Journal of clinical psychology*, *62*(3), 373-386.

Shiromaru-Sugimoto, A., Murakami, H., Futamura, A., Honma, M., Kuroda, T., Kawamura, M., & Ono, K. (2018). The subjective perception of past, present, and future time in patients with Alzheimer's disease: a qualitative study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *14*, 3185.

Schubring, D., & Schupp, H. T. (2021). Emotion and brain oscillations: high arousal is associated with decreases in alpha-and lower beta-band power. *Cerebral Cortex*, *31*(3), 1597-1608.

Starkstein, S. E., Jorge, R., Mizrahi, R., & Robinson, R. G. (2006). A diagnostic formulation for anosognosia in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *77*(6), 719-725.

Strough, J., de Bruin, W., Parker, A. M., Lemaster, P., Pichayayothin, N., & Delaney, R. (2016). Hour glass half full or half empty? Future time perspective and preoccupation with negative events across the life span. *Psychology and aging*, *31*(6), 558.

Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (2007). The evolution of foresight: What is mental time travel, and is it unique to humans?. *Behavioral and brain sciences*, *30*(3), 299-313.

Thomas-Antérion, C., Honoré-Masson, S., Berne, G., Ruel, J. H., & Laurent, B. (2003). Le questionnaire de plainte cognitive (QPC): un outil de recherche de plainte suspecte d'évoquer une maladie d'Alzheimer. In *L'année gérontologique. Volume 17. 2003* (pp. 56-65).

Tipples, J. (2008). Negative emotionality influences the effects of emotion on time perception. *Emotion*, *8*(1), 127.

Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives of clinical neuropsychology*, *19*(2), 203-214.

Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the" internal clock". *Psychological Monographs: General and Applied*, *77*(13), 1.

Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L., & Brogan, D. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, *19*(6), 705-742.

Tulving E. 2002. Episodic memory: From the mind to the brain. *Annu Rev Psychol* 53:1–25.

Üstün, S., Kale, E. H., & Çiçek, M. (2017). Neural networks for time perception and working memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 83.

Vallerand, R. J. (1989). Vers une méthodologie de validation trans-culturelle de questionnaires psychologiques: Implications pour la recherche en langue française. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, *30*(4), 662.

Van der Linden, M. (2003). Une approche cognitive du fonctionnement de la mémoire épisodique et de la mémoire autobiographique. *Cliniques méditerranéennes*, (1), 53-66.

Van der Linden, M., Coyette, F., Poitrenaud, J., Kalafat, M., Calicis, F., Wyns, C., & Adam, S. (2004). II. L'épreuve de rappel libre/rappel indicé à 16 items (RL/RI-16).

Van der Linden, M., & Van der Linden, A. C. J. (2014). *Penser autrement le vieillissement: Pour une approche humaniste du vieillissement cérébral*. Primento.

Vanneste, S., Perbal, S., & Pouthas, V. (1999). Estimation de la durée chez des sujets jeunes et âgés: rôle des processus mnésiques et attentionnels. *L'Année psychologique*, *99*(3), 385-414.

Vasile, C. (2015). Time perception, cognitive correlates, age and emotions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *187*, 695-699.

Verhaegen, P. & Cerella, J. (2002). Aging, executive function and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews 26*: 849-857.

Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. (2018). *Cognition incarnée: Une cognition située et projetée*. Mardaga.

Viard, A., Chételat, G., Lebreton, K., Desgranges, B., Landeau, B., de La Sayette, & Piolino, P. (2011). Mental time travel into the past and the future in healthy aged adults: an fMRI study. *Brain and cognition*, 75(1), 1-9.

Vieillard, S. (2017). Le paradoxe de l'âge: une revue critique des modèles explicatifs. *LAnnee psychologique*, *117*(2), 221-249.

Vieillard, S., & Bigand, E. (2014). Distinct effects of positive and negative music on older adults' auditory target identification performances. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(11), 2225-2238.

Vieillard, S., & Gilet, A. L. (2013). Age-related differences in affective responses to and memory for emotions conveyed by music: a cross-sectional study. *Frontiers in psychology*, *4*, 711.

Vieillard, S., & Harm, J. (2013). La régulation des émotions au cours du vieillissement normal. *L'Année psychologique*, *11*, 595-628.

Vieillard, S., & Msika, C. (2021). Les modifications du fonctionnement cognitif et émotionnel avec l'avancée en âge au prisme d'une approche incarnée. *LAnnee psychologique*, *121*(1), 71-99.

Wallace, M., & Rabin, A. I. (1960). Temporal experience. *Psychological Bulletin*, *57*(3), 213.

Wearden, J. H. (2005). Origins and development of internal clock theories of time. *Psychologie française*, *50*(1), 7-25.

Wearden, J. H., Wearden, A. J., & Rabbitt, P. M. (1997). Age and IQ effects on stimulus and response timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*(4), 962.

Wills, T. A., Sandy, J. M., & Yaeger, A. M. (2001). Time perspective and early-onset substance use: A model based on stress–coping theory. *Psychology of addictive behaviors*, *15*(2), 118.

Wittmann, M., & Lehnhoff, S. (2005). Age effects in perception of time. *Psychological reports*, *97*(3), 921-935.

Wurm, L. H., Labouvie-Vief, G., Aycock, J., Rebucal, K. A., & Koch, H. E. (2004). Performance in auditory and visual emotional stroop tasks: a comparison of older and younger adults. *Psychology and aging*, *19*(3), 523.

Zanetti, O., Vallotti, B., Frisoni, G. B., Geroldi, C., Bianchetti, A., Pasqualetti, P., & Trabucchi, M. (1999). Insight in dementia: when does it occur? Evidence for a nonlinear relationship between insight and cognitive status. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *54*(2), P100-P106.

Zakay, D. (1993). Time estimation methods—Do they influence prospective duration estimates?. *Perception*, *22*(1), 91-101.

Zakay, D. (2005). Attention et jugement temporel. *Psychologie française*, *50*(1), 65-79.

Zigmond, A. S., & Snaith, R. P. (1983). The hospital anxiety and depression scale. *Acta psychiatrica scandinavica*, *67*(6), 361-370.

Zimbardo, P.G., Boyd, J.N., 1999. Putting time in perspective : A valid, reliable individual-differences metric. *Journal of Personality and Social Psychology* 77 (n° 6), 1271–1288.

Annexes

Annexe 1. ZTPI (*Zimbardo Time Perspective Inventory*), Apostolidis & Fieulaine (2004)

Vous trouverez ci-après une liste de propositions. Nous vous demandons de lire chacune d'entre elles attentivement et de répondre en indiquant dans quelle mesure chacune est caractéristique de vous ou s'applique à vous.

Pour cela, nous vous proposons de répondre à l'aide de l'échelle suivante :

1. Pas du tout caractéristique
2. Pas caractéristique
3. Ni pas caractéristique, ni caractéristique
4. Caractéristique
5. Tout à fait caractéristique

Répondez le plus spontanément et le plus sincèrement possible en vous rappelant que vos réponses sont anonymes, et qu'il n'y a ni bonnes, ni mauvaises réponses, seul votre avis nous intéresse.

	1 --	2	3	4	5 ++
1. Je crois que se retrouver avec des amis pour faire la fête est l'un des plaisirs important de la vie.					
2. Les images, les odeurs et les sons familiers de mon enfance me rappellent souvent des souvenirs merveilleux.					
3. Le destin détermine beaucoup de choses dans ma vie.					
4. Je pense souvent à ce que j'aurais dû faire autrement dans ma vie.					
5. Mes décisions sont principalement influencées par les événements et les gens autour de moi.					
6. Je crois que la journée d'une personne doit être planifiée à l'avance chaque matin.					

7. Le fait de penser à mon passé me donne du plaisir.					
8. Je fais des choses de manière impulsive.					
9. Si les choses ne sont pas faites à temps, je ne m'en préoccupe pas.					
10. Quand je dois réaliser quelque chose, je me fixe des buts et j'envisage les moyens précis pour les atteindre.					
11. Tout compte fait, il y a beaucoup plus de bonnes choses à se souvenir dans mon passé que de mauvaises.					
12. Quand j'écoute ma musique préférée, je perds souvent toute notion de temps.					
13. Avant de se donner du bon temps le soir, mieux vaut penser à ce qu'il y a à faire pour le lendemain.					
14. Puisque ce qui doit arriver arrivera, peu importe vraiment ce que je fais.					
15. Les expériences douloureuses du passé me reviennent en permanence à l'esprit.					
16. J'essaie de vivre ma vie aussi pleinement que possible, au jour le jour.					
17. Cela me dérange d'être en retard à mes rendez-vous.					
18. Mon idéal serait de vivre chaque jour comme si c'était le dernier de ma vie.					
19. Les souvenirs heureux des bons moments me viennent facilement à l'esprit.					
20. Je remplis mes obligations vis-à-vis de mes amis et des institutions en temps voulu.					
21. J'ai eu ma dose de tromperies et de rejets dans le passé.					
22. Je prends mes décisions selon l'inspiration du moment.					
23. Je prends chaque jour comme il vient, plutôt que d'essayer de le prévoir.					
24. Le passé comporte trop de souvenirs déplaisants auxquels je					

préfère ne pas penser.					
25. C'est important de mettre de l'excitation dans ma vie.					
26. J'ai fait des erreurs dans le passé que j'aimerais pouvoir réparer.					
27. J'ai le sentiment qu'il est plus important de prendre plaisir à ce que l'on fait plutôt que de faire ce qu'il y a à faire à temps.					
28. J'ai la nostalgie de mon enfance.					
29. Avant de prendre une décision, je pèse le pour et le contre.					
30. Prendre des risques empêche ma vie de devenir ennuyeuse.					
31. Il est plus important pour moi d'apprécier le cours de la vie que de me concentrer seulement sur sa destination.					
32. Les choses se passent rarement comme je l'avais prévu.					
33. Il m'est difficile d'oublier des images désagréables de ma jeunesse.					
34. Je n'ai plus aucun plaisir à faire des choses si je dois penser aux objectifs, aux conséquences et aux résultats.					
35. Les choses changent tellement qu'il est impossible de prévoir l'avenir.					
36. Mon parcours dans la vie est contrôlé par des forces que je ne peux pas influencer.					
37. Se préoccuper de l'avenir n'a aucun sens, puisque de toute façon je ne peux rien y faire.					
38. Je fais aboutir mes projets à temps, en progressant étape par étape.					
39. Je n'écoute plus quand des membres de ma famille se mettent à parler de la façon dont les choses se passaient avant.					
40. Je prends des risques pour mettre de l'excitation dans ma vie.					
41. Je fais des listes de choses à faire.					
42. J'écoute plus souvent mon cœur que ma tête.					

43. Je suis capable de résister aux tentations quand je sais qu'il y a du travail à faire.					
44. Je me trouve toujours entraîné par l'excitation du moment.					
45. Aujourd'hui, la vie est trop compliquée ; j'aurais préféré la vie simple du passé.					
46. Je préfère les amis qui sont spontanés à ceux qui sont prévisibles.					
47. J'aime bien les traditions et les coutumes familiales qui sont régulièrement répétées.					
48. Je pense aux mauvaises choses qui me sont arrivées dans le passé.					
49. Je persiste à travailler à des activités difficiles et sans intérêt si elles m'aident à prendre de l'avance.					
50. Je préfère dépenser ce que je gagne en me faisant plaisir aujourd'hui plutôt que d'épargner pour ma sécurité de demain.					
51. Souvent, la chance rapporte plus que de travailler dur.					
52. Je pense aux bonnes choses que j'ai ratées dans ma vie.					
53. J'aime bien que les relations avec mes proches soient passionnées.					
54. Il y aura toujours le temps pour que je rattrape mon travail.					

Annexe 2. Echelle d'évaluation de l'anosognosie (Lindau & Bjork, 2014 ; Migliorelli, Teson, Sabe, Petracca, Petracchi, Leiguarda & Starkstein, 1995; Orfei, Varsi, Vlundo, Celia, Casini, Caltagirone & Spalletta, 2010; Starkstein, Jorge, Mizrahi & Robinson, 2006 ; Zanetti, Valotti, Frisoni, Geroldi, Bianchetti, Pasqualetti & Trabucchi, 1999)

Ecrire chaque réponse du patient dans l'encadré correspondant à chaque question. En fonction de sa réponse, coter le score d'anosognosie sur l'échelle de Likert, allant de 1 à 3.

1 : présence d'anosognosie 2 : anosognosie partielle 3 : absence d'anosognosie

Plus le score total de conscience des troubles sera faible, plus le patient présentera une anosognosie élevée.

La cotation des réponses est réalisée par l'examinateur. L'examinateur a la possibilité de reformuler les questions, en cas d'incompréhension du patient.

Q1. <u>Quel âge avez-vous ?</u>

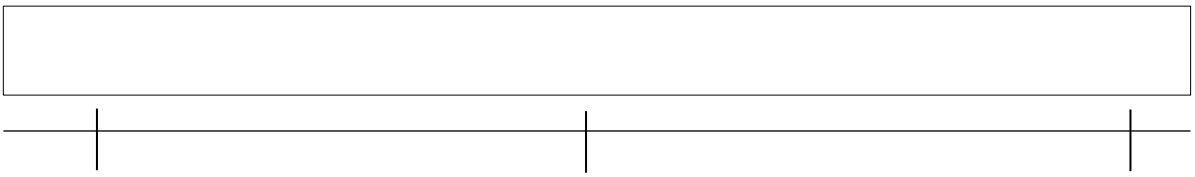


1 **2** **3**

Non correct ***Non correct*** ***Correct***

(Plusieurs années de décalage) ***(Une année de décalage)***

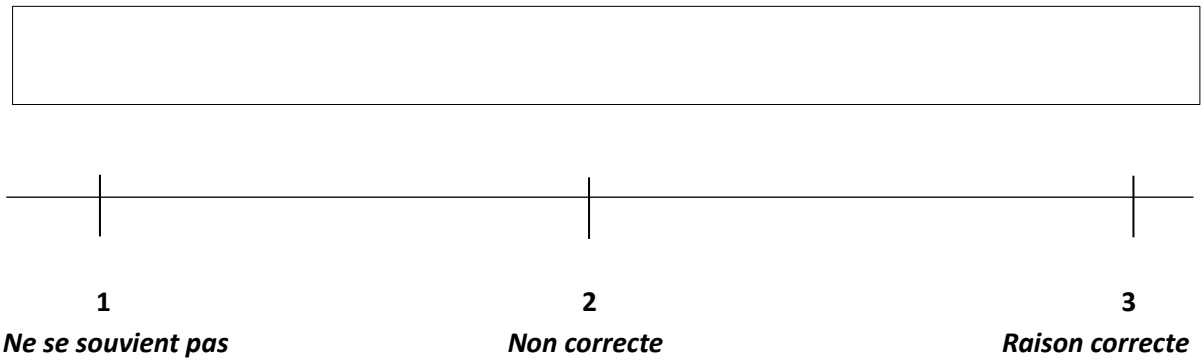
Q2. <u>Prenez-vous plaisir aux mêmes choses que par le passé ou ces activités ont-elles changé ?</u>



1 **2** **3**

Ne se souvient pas ***Similaire à avant*** ***Changement significatif***

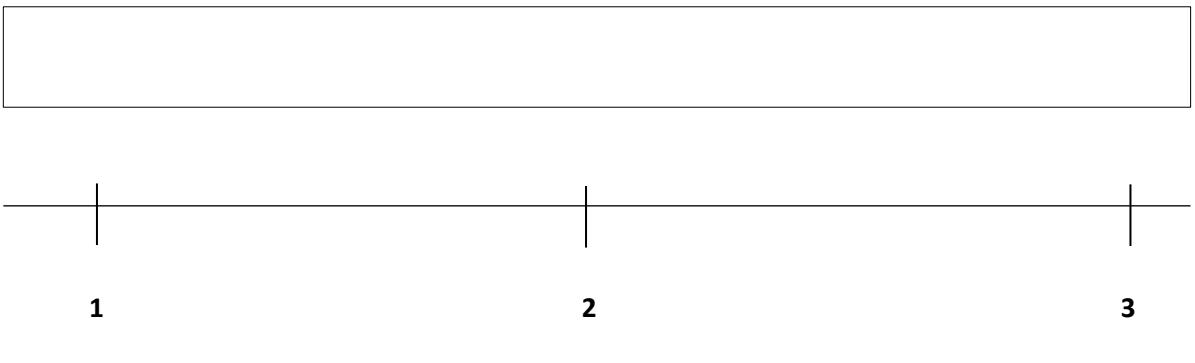
Q3. <u>Quelle est la raison de votre visite médicale ?</u>



1 **2** **3**

Ne se souvient pas ***Non correcte*** ***Raison correcte***

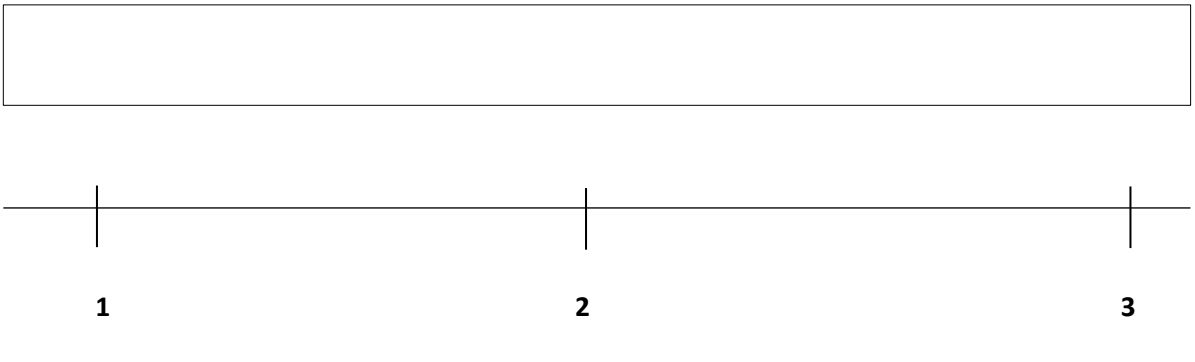
Q4. <u>Avez-vous des difficultés de mémoire ?</u>



1 **2** **3**

Pas de troubles cognitifs ***Quelques troubles cognitifs*** ***Troubles cognitifs proéminents***

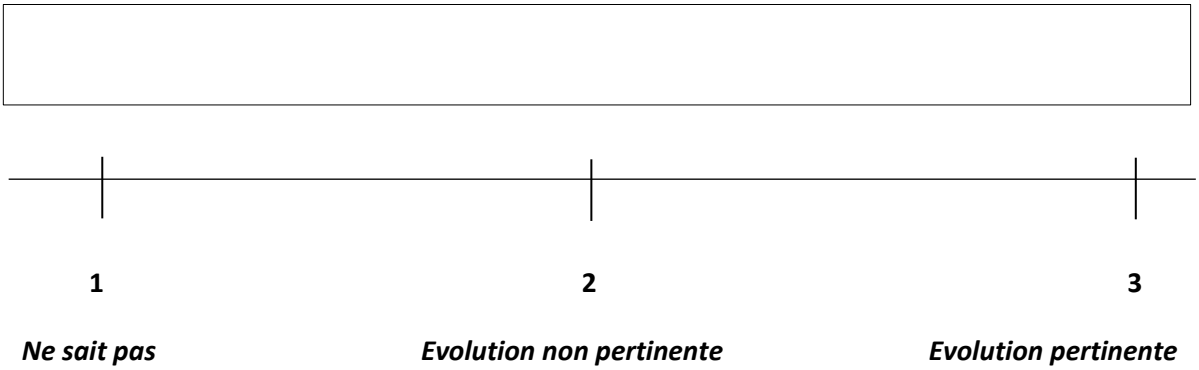
Q5. <u>Avez-vous des difficultés de concentration ?</u>



1 **2** **3**

Pas de troubles cognitifs ***Quelques troubles cognitifs*** ***Troubles cognitifs proéminents***

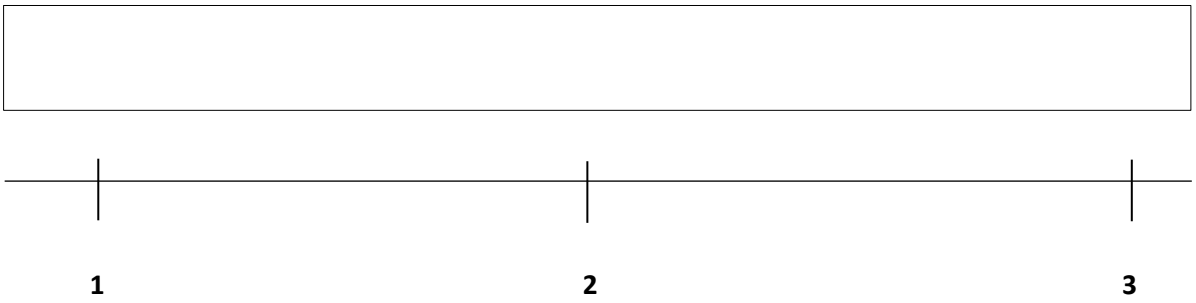
Q6<u>. Comment vos difficultés cognitives ont-elles évoluées depuis leur apparition ?</u>



1 **2** **3**

Ne sait pas ***Evolution non pertinente*** ***Evolution pertinente***

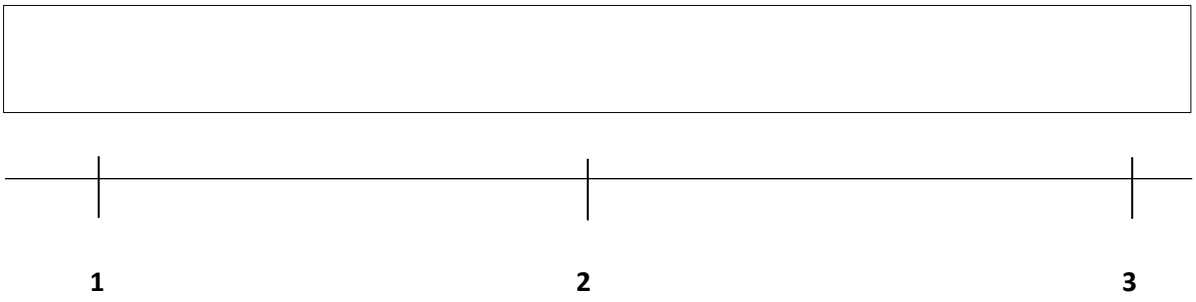
Q7. Vos difficultés cognitives sont-elles problématiques pour vous ?



1 **2** **3**

Pas de problème ***Oui, dans une certaine mesure*** ***Oui, très problématique***

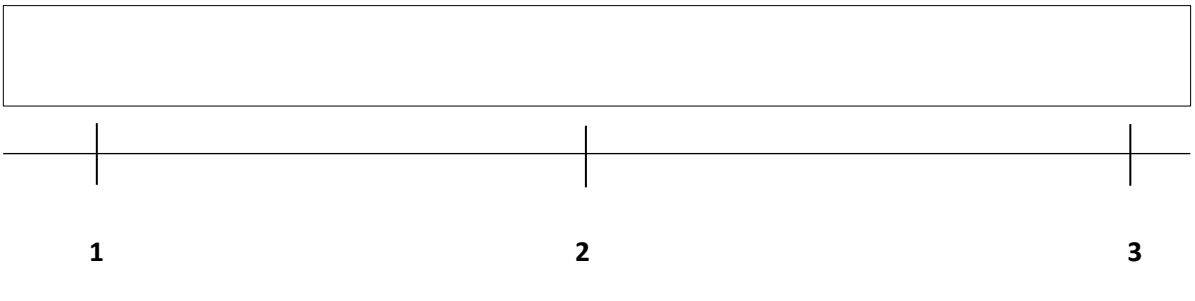
Q8. Quelles répercussions ces difficultés ont-elles provoquées sur vos activités de vie quotidienne ?



1 **2** **3**

Aucune répercussion ***Quelques répercussions*** ***Répercussions proéminentes***

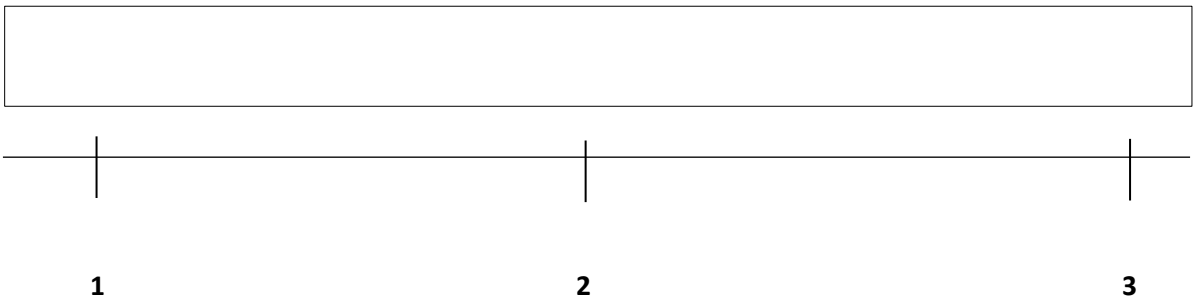
Q9. Quelles sont les causes de vos difficultés cognitives d'après vous ?



1 **2** **3**

Ne sait pas ***Maladie (sans idée d'un diagnostic médical précis)*** ***Diagnostic médical***

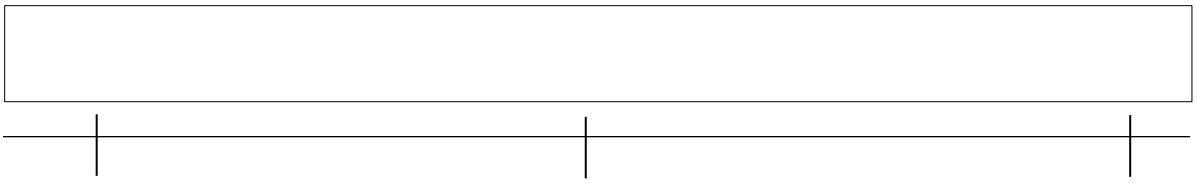
Q10. Comment vous sentez-vous moralement par rapport à vos difficultés cognitives ?



1 **2** **3**

Pas inquiet ***Vaguement inquiet*** ***Inquiet spécifiquement***

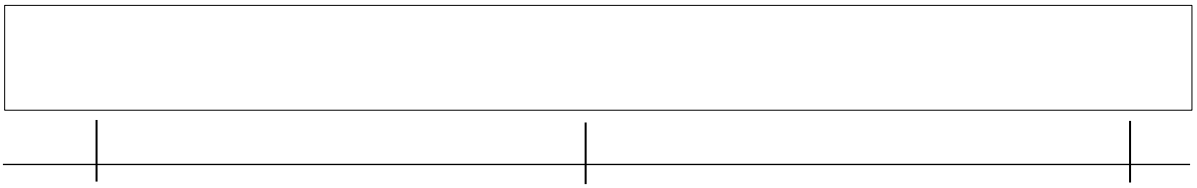
Q11. <u>De quelle manière votre comportement a-t-il changé ?</u>



1 **2** **3**

Aucun changement ***Vague changement*** ***Changement significatif***

Q12. <u>De quelle manière votre humeur a-t-elle changé ?</u>



1 **2** **3**

Aucun changement ***Vague changement*** ***Changement significatif***

Annexe 3. Version préliminaire pour les jugements de clarté et d'usage de la langue

	Non pas du tout Oui tout à fait
	1 2 3 4 5
1. Beaucoup de possibilités m'attendent dans l'avenir.	O——O——O——O——O
2. Je peux envisager pleins de nouveaux projets dans l'avenir.	O——O——O——O——O
3. Mon avenir est plein de promesses.	O——O——O——O——O
4. J'ai toute la vie devant moi.	O——O——O——O——O
5. Mon avenir me paraît sans limite.	O——O——O——O——O
6. Je pourrais faire tout ce dont j'ai envie à l'avenir.	O——O——O——O——O
7. Il me reste beaucoup de temps pour réaliser de nouveaux projets.	O——O——O——O——O
8. J'ai le sentiment que le temps m'échappe.	O——O——O——O——O
9. Mon avenir ne me donne que peu de possibilités.	O——O——O——O——O
10. En vieillissant je commence à sentir les limites du temps.	O——O——O——O——O
11. Je mesure combien le temps qu'il me reste est important.	O——O——O——O——O
12. Il me reste peu de temps pour vivre ma vie.	O——O——O——O——O

Consigne : Pour chaque item, sur l'échelle allant de (1) « Non pas du tout » à (5) « Oui tout à fait », indiquez (en entourant) dans quelle mesure vous pensez que la formulation de la phrase est fidèle à l'usage courant dans la langue française et compréhensible.

Annexe 4. Questionnaire FTPS validé en langue française

(Sanfourche-Gaume, de Montalembert & Vieillard, accepté)

	Non pas du tout						Oui tout à fait
	1	2	3	4	5	6	7
1. A l'avenir, de nombreuses possibilités m'attendent.	O	O	O	O	O	O	O
2. Je peux envisager plein de nouveaux projets dans l'avenir.	O	O	O	O	O	O	O
3. Mon avenir est plein de promesses.	O	O	O	O	O	O	O
4. J'ai toute la vie devant moi.	O	O	O	O	O	O	O
5. Mon avenir me semble infini.	O	O	O	O	O	O	O
6. Je pourrais faire tout ce dont j'ai envie à l'avenir.	O	O	O	O	O	O	O
7. Il me reste beaucoup de temps pour réaliser de nouveaux projets	O	O	O	O	O	O	O
8. J'ai le sentiment que le temps m'échappe.	O	O	O	O	O	O	O
9. Mon avenir m'offre peu de perspectives.	O	O	O	O	O	O	O
10. En vieillissant, je réalise que le temps est limité.	O	O	O	O	O	O	O
11. Je mesure combien le temps qu'il me reste est important	O	O	O	O	O	O	O
12. Il me reste peu de temps pour vivre ma vie	O	O	O	O	O	O	O

Consigne : Lisez attentivement les 12 propositions ci-dessous. Pour chacune d'elles, vous jugerez le plus honnêtement possible dans quelle mesure cela est vrai pour vous sur une échelle allant de (1) «Non pas du tout » à (7) «Oui tout à fait ». Pour ce faire, il vous suffit de colorer le cercle correspondant à votre réponse.