



Conscience du temps, sentiment de passage du temps : une approche métacognitive de la perception du temps

Mathilde Lamotte

► To cite this version:

Mathilde Lamotte. Conscience du temps, sentiment de passage du temps : une approche métacognitive de la perception du temps. Psychologie. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2016. Français. NNT : 2016CLF20001 . tel-01500919

HAL Id: tel-01500919

<https://theses.hal.science/tel-01500919>

Submitted on 3 Apr 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CONSCIENCE DU TEMPS, SENTIMENT DE PASSAGE DU TEMPS
UNE APPROCHE METACOGNITIVE DE LA PERCEPTION DU TEMPS

Thèse présentée par Mathilde Lamotte

En vue de l'obtention du titre de Docteur en Psychologie

Sous la direction de Sylvie Droit-Volet et Marie Izaute

Membres du jury :

Valérie Doyère	Directrice de Recherche, Institut des Neurosciences Paris-Saclay, Université Paris-Sud
Sylvie Droit-Volet	Professeure, Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand
Sandrine Gil	Maître de Conférences, HDR, Centre de Recherche sur la Cognition et l'Apprentissage, Université de Poitiers
Marie Izaute	Professeure, Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand
Asher Koriat	Professeur, The Institute of Information Processing and Decision Making, Université de Haifa, Israël
Céline Souchay	Chargée de Recherche, HDR, Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, Université Pierre Mendès-France, Grenoble

REMERCIEMENTS

Cette thèse n'a été rendue possible que par le soutien scientifique, professionnel et personnel des nombreuses personnes croisées au fil du temps...

En premier lieu, je tiens à remercier mes directrices de thèse, Marie Izaute et Sylvie Droit-Volet qui m'ont fait confiance, respectivement, dès la première et deuxième année de Master. Ce sont leur expérience, leur enthousiasme et les échanges que nous avons eu qui m'ont donné le goût de la recherche puis m'ont permis de le garder toujours vif en dépit des difficultés. Merci également pour le soutien moral, discret mais toujours sensible, sans lequel je n'aurais pas pu aller au bout de ce travail.

Je souhaite remercier l'ensemble des membres du jury d'avoir accepté de lire et de discuter de ce travail de recherche.

Toute recherche serait impossible sans les participants, volontaires, qui « subissent » nos expériences, merci donc à tou-te-s les participant-e-s qui ont rendu ce travail possible et ce, malgré des passations, parfois, longues ou pénibles.

Merci également aux membres du laboratoire de psychologie sociale et cognitive de Clermont-Ferrand pour les échanges et remarques lors d'échanges formels ou informels. Merci en particulier à tou-te-s les chercheur-e-s invité-e-s qui, en prenant le temps d'écouter et de commenter ces travaux au fur et à mesure de leurs avancées, ont alimenté ma réflexion.

Je tiens à remercier également les doctorants et post-doctorants d'hier et d'aujourd'hui qui m'ont accueillie et soutenue et dont les discussions ont également contribué à aiguïser mon sens critique. J'ai une pensée particulière pour mes anciens collègues de M2R car, en dépit de notre motivation, nous sommes finalement peu nombreux à avoir résisté au rouleau compresseur de la recherche.

Merci à Julien et Pierre pour leur soutien technique toujours amical (ils m'ont parfois « sauvé la vie »). Merci aussi à Kenny pour avoir pris le temps de répondre à toutes mes questions sur les logiciels, nombreux, avec lesquels j'ai rencontré des problèmes ; merci pour le Tardis de Noël.

Je remercie également Juliette pour ne pas m'avoir dit « ça va aller » quand ça n'allait pas et pour m'avoir prodigué conseils et réconfort à tous moments et Sophie pour nos pauses (ah... le crochet trop serré ou à défaire) et nos déjeuners conviviaux du jeudi.

Je profite de ces remerciements pour saluer tou-te-s les collègues croisé-e-s au fil du chemin et qui, d'une manière ou d'une autre ont fait avancer ce travail, notamment Claudia, Elçin, Elena, Erich, Eugenia et Raquel.

Merci aussi à Marion, Delphine, Florence et l'ensemble de mes collègues neuropsychologues, nos échanges, bien qu'éloignés de ces travaux, m'ont souvent permis d'ouvrir les yeux sur d'autres perspectives. Merci aussi à Manue et Christine.

Merci à Mme D. qui, après 6 mois d'absence m'a accueillie d'un « Ben non, on s'est vu la semaine dernière ! », ainsi qu'à tous les résident-e-s auprès de qui j'ai travaillé et continue de travailler aujourd'hui.

Merci à tou-te-s les ami-e-s, sans eux pour me faire rire et me changer les idées, je n'aurais pas eu assez d'endurance (merci Nico, ton dalek a été un supporter de bureau convaincant pour les derniers mois, merci Alicia, Boris, Cristina, Marlène, Elodie, Dylan pour les tissus qui m'attendent patiemment). Merci Paulines (toutes les deux !), Alice, Julie, Julien, Armelle, Fabien, Xav, Estelle, Yély (Léna et Eddy), Hélène, Maxence, Véro, Muriel, Jean-Yves, Laetitia, Séb, Séverine, Sébastien, Marie-Laure, Prom', Christelle, Clément, Anaïs, Catherine, Jérôme et Pierre pour les fous rires, les randos, les concerts et autres soirées !

Merci à Jean-Michel, Armelle, Pauline et Alice, mes relecteur/trices pour leurs remarques et conseils avisés au moment de terminer ce travail. Merci également à Virginie et Norbert pour leurs conseils en conjugaison...

Merci, enfin, à ma famille sans qui rien de tout cela n'aurait été possible : Mickaël, Henri, Raymonde, Perrine, Jérémy, Thomas, Manon, Vanou, Hub, Mireille, Jean-Michel, Charline, Aimé, Louis, Aaron et mes grands-parents.

La métacognition concerne à la fois les connaissances des individus sur leur fonctionnement cognitif et les processus qui permettent de les réguler (Koriat, 2007). Or, l'étude de la perception du temps a mis en évidence que de nombreux éléments peuvent provoquer des distorsions temporelles, notamment, par exemple, l'attention ou les feedbacks. L'objectif de ce travail est donc de proposer un modèle intégratif de la métacognition de la perception du temps ; autrement dit d'intégrer les données issues des recherches classiques sur la perception du temps au sein d'un modèle métacognitif (Nelson et Narens, 1990).

Notre première question était de vérifier l'existence de connaissances sur la perception du temps, et en particulier sur les facteurs à l'origine de distorsions temporelles. Les 3 expériences de notre première étude nous ont conduit à créer et valider le Questionnaire Metacognitif sur le Temps (MQT). Ce dernier, constitué de 24 items, met en évidence l'existence de connaissances plus fiables pour soi (sous-échelle Soi, 12 items) que pour autrui (sous-échelle Autrui, 12 items), sur deux facteurs connus pour affecter la perception du temps : le facteur Emotion (4 items) et le facteur Attention (8 items).

Dans un deuxième temps, nous avons étudié l'influence des processus métacognitifs sur les jugements temporels. Ainsi, nous nous sommes intéressées à l'influence du processus de Contrôle métacognitif sur la performance à deux tâches temporelles. Notre hypothèse était que les connaissances sur le temps permettaient de réguler les jugements temporels. Les résultats de nos deux études (Etude 2 et 3, respectivement composées de une et deux expériences) ont confirmé l'importance du processus de Contrôle dans le jugement temporel. Ainsi, la simple conscience du rôle de l'attention sur la perception du temps provoque une réduction de l'effet attentionnel généralement observé (Etude 2). De plus, les connaissances explicites, erronées, données aux individus, provoquent une réduction voire une disparition de l'effet émotionnel automatique de la colère sur les jugements temporels (Etude 3). Enfin, nous avons exploré le lien entre processus de Monitoring et jugements temporels. Notre quatrième étude a mis en évidence la capacité des individus à estimer précisément la justesse de leurs jugements temporels sous certaines conditions. En effet, il apparaît que les individus sont sensibles à la difficulté de la tâche et à la gamme de durée. Ces deux dimensions affectent à la fois les jugements temporels et les jugements de certitude.

Dans l'ensemble, les résultats de ce travail soulignent l'importance qu'il y a à tenir compte des processus métacognitifs dans l'étude de la perception du temps.

Mots-clefs : métacognition, perception du temps, conscience, sentiment de passage du temps, jugement de certitude, questionnaire, Monitoring, Contrôle

Metacognition concerns both individuals' knowledge about their cognitive functioning and the processes that regulate them (Koriat, 2007). The study of the perception of time showed that many factors cause temporal distortions, including, for example, attention or feedback. The purpose of this work is thus to propose an integrative model of metacognition of time perception; ie to integrate data based on conventional research on the perception of time in a metacognitive model (Nelson and Narens 1990).

Our first question was to verify the existence of knowledge about the perception of time, especially on the factors responsible for temporal distortions. The three experiments of our first study led us to create and validate the Metacognitive Questionnaire on Time (MQT). The latter consists of 24 items that highlights the existence of knowledge, more reliable for oneself (subscale Self, 12 items) than for others (subscale Others, 12 items), on two factors known to affect time perception: an Emotion Factor (4 items) and an Attention factor (8 items).

Secondly, we studied the influence of metacognitive processes on temporal judgments. Thus, we are interested in the influence of metacognitive Control process on performances in two temporal tasks. Our hypothesis was that knowledge about time allowed to regulate the temporal judgments. The results of our studies (Study 2 and 3, respectively composed of one and two experiments) confirmed the importance of the Control process on temporal judgments. Thus, mere awareness of the role of attention on perception of time causes a reduction of the attentional effect generally observed (Study 2). Moreover, explicit erroneous knowledge given to participants cause a reduction or even disappearance of automatic emotional effect of anger on the temporal judgments (Study 3). Finally, we have explored the link between Monitoring process and temporal judgments. Our fourth study demonstrated the ability of individuals to accurately estimate the accuracy of their temporal judgments under certain conditions. Indeed, it appears that individuals are sensitive to task difficulty and duration range. These two dimensions affect both temporal judgments and confidence level estimates.

Overall, the results of this study emphasize the importance to take account of metacognitive processes in the study of the perception of time.

Keywords: metacognition, time perception, consciousness, feeling of time passage, confidence level estimates, questionnaire, Monitoring, Control

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. CHAPITRE 1 : La Perception du Temps	5
1.1. Les études empiriques des conduites d'estimation du temps chez l'animal et l'homme	6
1.1.1. Chez l'animal.....	6
1.1.1.1. Les méthodes de conditionnement	6
1.1.1.2. La généralisation temporelle	8
1.1.1.3. La bissection temporelle.....	10
1.1.2. Les études chez l'homme adulte.....	11
1.1.2.1. Les tâches d'estimation du temps chez l'homme	12
1.1.2.2. Les conduites d'estimation temporelle chez l'homme	13
1.2. Les modèles d'horloge interne	15
1.2.1. Les premiers modèles d'horloge interne	15
1.2.1.1. Le modèle de Treisman, 1963	16
1.2.1.2. La théorie du temps scalaire (SET) de Gibbon et ses collaborateurs.....	16
1.2.2. Les modèles d'horloge interne plus plausibles d'un point de vue neurobiologique.....	19
1.3. Les variations de la perception du temps chez l'Homme.....	21
1.3.1. Les variations du jugement temporel avec l'âge	21
1.3.2. Les variations du jugement temporel selon le contexte situationnel : effet de l'attention	24
1.3.3. Les variations du jugement temporel selon le contexte émotionnel.....	25

1.3.4. La prise en compte des variations du jugement temporel dans les modèles d'horloge interne et ses limites.....	27
1.3.4.1. Niveau d'éveil et accélération de l'horloge interne.....	27
1.3.4.2. Modèle d'horloge interne à interrupteur et porte attentionnelle.....	30
1.4. Lien entre perception du temps et sentiment de passage du temps chez l'homme	33
2. CHAPITRE 2 : La Métacognition.....	35
2.1. Définitions et modèles.....	35
2.1.1. Le modèle métacognitif de Flavell	35
2.1.2. Le modèle de Nelson et Narens, 1990.....	37
2.1.3. Distinction entre métacognition et métamémoire.....	38
2.1.3.1. Eléments historiques sur la métacognition	38
2.1.3.2. Définitions de la métacognition.....	39
2.2. Moyens d'étude de la métacognition.....	40
2.2.1. Méthode par questionnaires.....	40
2.2.2. Méthode par jugements métacognitifs.....	42
2.2.2.1. Les jugements métacognitifs	42
2.2.2.1.1. Le jugement d'apprentissage (JA ou JOL).....	44
2.2.2.1.2. Le sentiment de savoir (FOK)	44
2.2.2.1.3. Le jugement de certitude ou de confiance (CL)	45
2.2.2.2. Mesure de la précision des jugements métacognitifs	46
2.2.2.2.1. La précision absolue du jugement métacognitif.....	47
2.2.2.2.2. La précision relative ou résolution	49
3. CHAPITRE 3 : La métacognition des jugements temporels.....	51
3.1. Les données existantes	51

3.1.1. Les connaissances sur la perception du temps	51
3.1.2. Les expériences portant sur la métacognition du jugement du temps	53
3.1.2.1. Impact des renforcements par points sur le critère de décision (Wearden & Grindrod, 2003)	54
3.1.2.2. Impact des feedbacks correctifs sur la variation du critère de décision (Droit-Volet & Izaute, 2005, 2009)	55
3.2. Problématique et présentation des expériences réalisées	57
3.2.1. Mise en évidence des connaissances et croyances sur la perception du temps : le questionnaire métacognitif sur le temps (MQT) (Etude 1) : Lamotte, M., Chakroun, N., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2014). Metacognitive Questionnaire on Time: Feeling of the passage of Time. <i>Timing and Time Perception</i> , 2, 339-359.....	57
3.2.2. Les connaissances métacognitives permettent-elles de réguler nos perceptions temporelles ?	60
3.2.2.1. Relation entre connaissances sur la perception du temps et performance temporelle (Etude 2) : une étude corrélacionnelle. Lamotte, M., Izaute, M. & Droit-Volet, S. (2012). Awareness of time distortions and its relation with time judgments: A metacognitive approach. <i>Consciousness and Cognition</i> , 21, 835-842..	60
3.2.2.2. Relation entre connaissances sur la perception du temps et performance temporelle : manipulation des connaissances (Etude 3). Droit-Volet, S., Lamotte, M., & Izaute, M. (2015). The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time. <i>Consciousness and Cognition</i> , 38, 155-164.....	62
3.2.3. Les jugements métacognitifs lors des jugements temporels (Etude 4) : Lamotte, M., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (submitted). High metacognitive sensitivity to time.	63

4. Données empiriques	65
4.1. Metacognitive Questionnaire on Time : Feeling of the passage of time.	66
4.2. Awareness of time distortions and its relation with time judgment: A metacognitive approach.....	88
4.3. The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time.....	97
4.4. High metacognitive sensitivity to time.....	108
DISCUSSION GENERALE	135
CONCLUSION	145
BIBLIOGRAPHIE	148

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1.</i> Nombre de réponses en fonction du temps chez un singe soumis à un programme de renforcement à intervalles fixes de 1000 s (d'après Dews, 1978).....	7
<i>Figure 2.</i> Pourcentage de réponses maximum par minute en fonction du temps dans une procédure en pic chez le rat (d'après Meck & Church, 1984).	8
<i>Figure 3.</i> Proportion de réponses données en fonction de la durée relative des stimuli renforcés (d'après Church & Meck, 1982).....	9
<i>Figure 4.</i> Proportion de réponses « Long » en fonction de la durée du stimulus (d'après Church & Deluty, 1977).....	11
<i>Figure 5.</i> Proportion de réponses « Long » en fonction de la durée relative des stimuli pour les 4 gammes de durées (d'après Wearden, Rogers, & Thomas, 1997).	14
<i>Figure 6.</i> Représentation schématique du modèle « Pacemaker-accumulateur » (d'après Treisman, 1963).....	16
<i>Figure 7.</i> Représentation schématique du modèle basé sur la théorie du temps scalaire ou SET (d'après Gibbon, 1977 ; Gibbon, Church, & Meck, 1984).	17
<i>Figure 8.</i> Représentation schématique du modèle SBF (striatal beat frequency) de Matell et Meck, 2004. Les flèches indiquent la direction du flux d'information avec en vert les liaisons Glutamate, en bleu les liaisons dopaminergiques et en rouge les liaisons GABAergiques (d'après Matell & Meck, 2004).	19
<i>Figure 9.</i> Proportion de réponses « Long » en fonction de la durée du stimulus pour les 3 catégories d'âge et les deux conditions de bissection, avec la présentation des standards (similarity) et sans (partition) (d'après Droit-Volet & Rattat, 2007).	22
<i>Figure 10.</i> Représentation schématique du modèle « oscillateur-calibrateur » de Treisman et al. (1990).	28

<i>Figure 11.</i> Représentation schématique du modèle de la porte attentionnelle ou MPA de Zakay & Block, 1995; d'après Zakay, 2005.	31
<i>Figure 12.</i> Représentation schématique du modèle de Nelson et Narens (1990) d'après Nelson, 1996.....	37
<i>Figure 13.</i> Pourcentage moyen de rappel correct pour chaque niveau de rappel prédit pour les jugements d'apprentissage immédiat (immediate JOL) et différé (delayed JOL). La diagonale en pointillés représente la calibration parfaite. D'après Dunlosky & Nelson, 1992.....	48
<i>Figure 14.</i> Représentation schématique de la métacognition de la perception du temps adaptée du modèle de Nelson et Narens (1990) intégrant les recherches sur la métacognition de la perception du temps (en italique les recherches antérieures à nos travaux ; en bleu, les recherches présentées dans le présent document).	136

INTRODUCTION GENERALE

Il existe de nombreux travaux sur la perception du temps. S'ils se sont attachés, au fil des ans, à mettre en évidence la précision des conduites temporelles tant animales qu'humaines, les situations dans lesquelles surviennent des distorsions temporelles ont parfois aussi été décrites. Par exemple, lorsqu'un individu attend et s'ennuie, le temps lui paraît plus long. Les recherches ont ainsi montré que des facteurs aussi différents que la température corporelle, l'attention, les émotions ou la qualité des stimuli (ex. : sonores, auditifs, répétés) peuvent modifier la manière dont le temps est perçu.

Dans leur ensemble, ces études ont souligné les caractéristiques particulières que la perception du temps possède. En effet, les conduites temporelles animales suivent la propriété du temps scalaire, c'est-à-dire que (1) les estimations sont en moyenne précises et que (2) la variabilité des estimations augmentent avec l'augmentation des durées, les estimations de durées courtes étant moins variables que celles de durées plus longues. Les chercheurs ont ensuite développé des modèles de la perception du temps, d'abord chez l'animal puis les ont transposés chez l'homme. Ces modèles, afin de tenir compte des facteurs qui peuvent provoquer des distorsions temporelles, suggèrent généralement l'existence d'au moins trois composants : une horloge, un système de mémoire et un système de décision. L'avantage de ces modèles est leur bon ajustement aux données obtenues. Néanmoins, ils présentent plusieurs inconvénients. Celui qui nous intéressera plus particulièrement dans ce travail concerne le fait qu'ils ne tiennent pas compte de l'influence de la conscience et des connaissances individuelles sur le sentiment de passage du temps. Pourtant, Bergson (1907) a évoqué très tôt l'importance de la conscience pour « éclairer la situation » et préparer à l'action.

La conscience est un domaine d'étude largement étudié en psychologie (pour une revue, voir Dunlosky & Metcalfe, 2009). En effet, même si elle a été décrite par les behavioristes au début du XXème siècle, elle intéresse philosophes et psychologues depuis longtemps, avec un intérêt accru depuis les années 1970 par le biais de la métacognition. C'est ainsi que Nelson et Narens (1990), deux psychologues, ont proposé un modèle permettant d'expliquer ce que Bergson (1888) ne faisait que supposer : le fait que nos propres représentations affectaient « les conditions normales de la perception interne » (p. 44). Dans le modèle proposé, deux niveaux de conscience co-existent. Premièrement, à un niveau dit « niveau objet » se situent les perceptions, les actions, ce sur quoi porte les cognitions de l'individu. De manière complémentaire, au niveau dit « niveau méta » se trouvent les connaissances (la conscience) sur les perceptions et actions, lesquelles peuvent s'organiser en modèle de la situation. Entre ces deux niveaux circulent deux flux d'informations distincts. Ainsi, depuis le niveau objet, le flux d'informations informe le niveau méta (processus de *Monitoring*) de l'état d'avancement de la tâche. Il permet donc de mettre à jour les connaissances et modèles. Le second flux d'informations, du niveau méta au niveau objet (*Contrôle*), permet d'ajuster, de réguler l'avancement de l'action, la perception qui se déroule au niveau objet. De cette façon, il apparaît que la conscience est à la fois modifiée par l'environnement et est à l'origine de l'adaptation de l'individu à son environnement. Par conséquent, l'étude de la métacognition porte à la fois sur les connaissances et croyances des individus sur leur propre fonctionnement cognitif et sur les processus qui permettent la régulation de ce fonctionnement.

L'objectif de ce travail est d'aborder le champ de la perception du temps avec l'approche métacognitive en situant notre travail au sein de ce modèle métacognitif. C'est pourquoi, dans le premier chapitre, nous nous attacherons à décrire les recherches qui ont porté sur la perception du temps. En premier lieu, nous reviendrons sur les données issues des

recherches chez l'animal, en particulier sur les tâches utilisées et les résultats qui en ont résulté. Puis, nous verrons de quelle manière ces tâches ont été utilisées ou adaptées chez l'homme et les tâches supplémentaires qui lui sont spécifiques. La mise en évidence des capacités précises dans le traitement temporel a donc conduit à l'établissement de modèles d'horloge interne que nous décrirons. Néanmoins, comme nous le verrons également dans ce chapitre, ces premiers modèles ne permettent pas de rendre compte des variations temporelles qui surviennent dans certaines situations. C'est pourquoi, après avoir exposé ces variations, nous présenterons d'autres modèles qui permettent de rendre davantage compte de la perception du temps chez l'homme. Enfin, nous évoquerons les quelques recherches qui ont porté sur le sentiment de passage du temps qui n'est pas traité dans les modèles actuels.

Dans le deuxième chapitre, nous aborderons les recherches sur la métacognition. Dans une première partie, nous proposerons une définition de la métacognition ainsi que les modèles sur lesquels elle s'appuie. Ensuite, nous décrirons les moyens d'étude utilisés dans les recherches sur la métacognition, notamment les questionnaires d'évaluation des connaissances et les jugements métacognitifs. Enfin, nous terminerons avec l'évaluation de la précision des jugements métacognitifs.

Dans le troisième chapitre, nous aborderons les quelques recherches qui ont commencé à faire un lien, non explicite, entre perception du temps et métacognition. Ainsi, dans la première partie de ce chapitre, nous décrirons une série d'expériences dont le but était de montrer que les individus ont recours aux croyances relatives à leur sentiment de passage du temps pour évaluer le caractère hédonique d'une situation. Dans un second temps, nous évoquerons les recherches qui ont porté plus directement sur la métacognition de la perception du temps par le biais, notamment, de feedbacks afin de modifier les critères de décisions dans les tâches temporelles de bissection et de généralisation.

Le quatrième chapitre aura pour objectif de présenter les données empiriques recueillies au cours de ce travail de thèse. Dans une première partie, nous mettrons en évidence l'existence de connaissances sur le sentiment de passage du temps par le biais d'une étude reposant sur trois expériences que nous avons réalisées. Nous pouvons rapprocher l'existence de ces connaissances au niveau méta du modèle métacognitif de Nelson et Narens. Dans la deuxième partie, nous testerons donc l'hypothèse selon laquelle les connaissances des individus permettraient une régulation de leurs jugements temporels par le processus de Contrôle. Pour ce faire, nous présenterons deux études qui ont permis de vérifier (1) que le fait d'avoir conscience de situations qui provoquent des distorsions temporelles est corrélé au fait d'en être moins victime et (2) que des connaissances explicites, erronées, peuvent réduire ou faire disparaître une distorsion naturelle mais ne peuvent en faire apparaître qui n'existe pas naturellement. Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, nous présenterons une expérience dont le but est d'étudier le rôle du Monitoring sur les jugements temporels et plus précisément nous examinerons si les individus sont capables d'évaluer avec exactitude la justesse de leurs jugements temporels. Enfin, dans la discussion générale, nous proposerons une approche intégrative de la perception du temps au sein du modèle métacognitif de Nelson et Narens.

1. CHAPITRE 1 : La Perception du Temps

Le jugement de passage du temps fait partie des premiers thèmes de recherche étudiés dans l'histoire de la psychologie. Dès la fin du XIX^{ème} siècle, les psychologues se sont, en effet, intéressés à la manière dont nous jugeons le temps qui passe et, en particulier, aux facteurs provoquant des distorsions dans le jugement temporel. En 1877, le psychologue français Paul Janet (1877) suggérait déjà que le jugement temporel différait selon qu'il s'agisse de durées courtes ou longues. Pour lui, les durées longues s'étaleraient sur plusieurs mois, voire plusieurs années. Elles seraient alors jugées par rapport à la durée totale de la vie telle que plus l'individu serait âgé, plus le temps semblerait passer vite. Au contraire, les durées courtes, de quelques secondes à quelques minutes, feraient partie du présent de l'individu. Il ne pourrait donc pas les comparer à la durée de sa vie et recourrait à d'autres indices pour les apprécier.

Des études expérimentales ont alors vu le jour afin de déterminer les indices à la base de l'estimation du temps. Les premières études étaient limitées sur le plan méthodologique avec notamment des effectifs très faibles de sujets, se réduisant souvent aux proches du chercheur, voire au chercheur lui-même (ex. Hoagland, 1933; Vierordt, 1868 cité par Lejeune & Wearden, 2009). Néanmoins, en 1868, Karl Vierordt (cité par Lejeune & Wearden, 2009) a mis en évidence le fait que les durées courtes ont tendance à être surestimées et les durées longues sous-estimées, avec un « point d'indifférence », sans sur ou sous-estimation, autour de 2 à 3 s. Plus tard, au XX^{ème} siècle, dans les années 40, Fraisse (1946, 1948) a reconsidéré cette différence entre les durées courtes (inférieures à 2 s) et les durées longues (supérieures à 3 s) en l'étudiant de façon systématique. Il a alors distingué dans le traitement des durées la perception du temps, pour les durées courtes, de l'estimation du temps, pour les durées longues (Fraisse, 1967). Chaque type de traitement impliquerait des processus différents ;

celui des durées longues impliquerait des processus mnésiques et celui des durées courtes des processus attentionnels. Il s'agissait donc d'une première reconnaissance de la complexité du jugement du temps. Celui-ci impliquerait différents processus. Cependant, les processus seraient susceptibles de changer selon les sujets en cause qu'il s'agisse de l'animal ou de l'homme.

1.1. Les études empiriques des conduites d'estimation du temps chez l'animal et l'homme

1.1.1. Chez l'animal

Les recherches sur la perception du temps chez l'animal ont profondément influencé la psychologie du temps, à la fois du point de vue des méthodes expérimentales utilisées pour étudier les conduites d'estimation du temps et du point de vue de la conceptualisation des processus sous-jacents à ces conduites.

1.1.1.1. Les méthodes de conditionnement

Les premières méthodes utilisées chez l'animal sont basées sur le conditionnement et particulièrement le conditionnement opérant développé par Skinner (1938). Dans ce type de conditionnement, l'objectif est d'augmenter la probabilité d'apparition d'un comportement, comme l'appui sur un levier chez le rat, par le biais de renforcements positifs (distribution de nourriture). Cependant, dans le cas du conditionnement au temps, le renforcement n'est délivré que si un intervalle temporel s'est écoulé entre deux comportements. Dans le cadre, notamment, du renforcement à intervalle fixe (FI), la réponse de l'animal n'est renforcée que si un intervalle de temps s'est écoulé depuis la réponse précédente. Si une réponse est produite pendant cet intervalle, le renforcement n'est pas délivré. Dans ce programme, comme le montre la Figure 1 chez un singe, l'animal produit un patron de réponses caractérisé par une pause suivie d'une augmentation du nombre de réponses en fin d'intervalle, lorsque celles-ci sont plus susceptibles d'être renforcées. Ce patron de réponse est appelé en anglais

« scalloped pattern » (e.g. Dews, 1969, 1970 cité par Gibbon, 1991; Dews, 1978; Schneider, 1969). De plus, la durée de cette pause augmente avec la durée de l'intervalle. Elle est, par exemple, de 3 s pour un FI de 5 s et de 6 s pour un FI de 10 s. Ce patron de réponses en FI révèle que l'animal est capable de conduites temporelles conditionnées au temps. Autrement dit, il est capable d'estimer la durée de l'intervalle entre deux réponses renforcées.

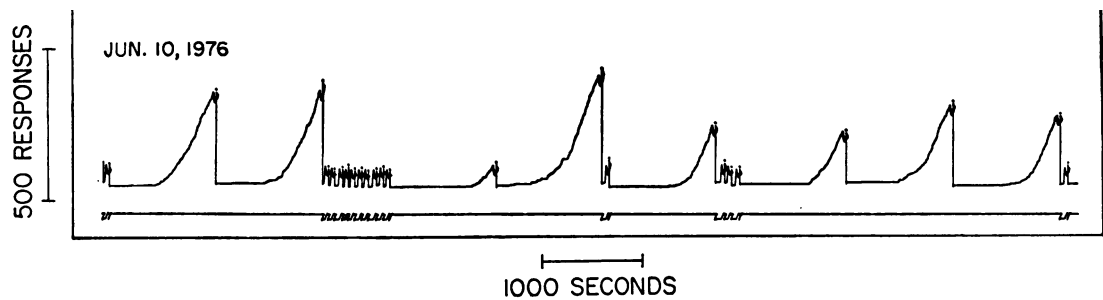


Figure 1. Nombre de réponses en fonction du temps chez un singe soumis à un programme de renforcement à intervalles fixes de 1000 s (d'après Dews, 1978).

De telles conduites d'estimation du temps chez l'animal ont été mises en évidence avec d'autres procédures comme celle du pic d'intervalle, en anglais « peak procedure » (Catania, 1970; pour un historique récent, voir Doyère & Brown, 2014), qui est une adaptation du programme à intervalles fixes décrit précédemment. En effet, dans cette procédure, l'animal reçoit de la nourriture quand il appuie sur le levier amovible de la cage après qu'un intervalle de temps donné s'est écoulé, intervalle indiqué par un signal sonore ou visuel. Cependant, lors de certains essais appelés essais-test, le signal dure plus longtemps (130 s) que prévu (intervalle-cible) et aucune nourriture n'est délivrée. Comme le montre la Figure 2, lors des essais-test chez le rat, un pic du taux de réponses apparaît aux alentours de l'intervalle cible (Meck & Church, 1984). Le taux de réponses est donc en rapport avec la valeur de l'intervalle fixe et décroît au fur et à mesure que l'on s'en éloigne. Ce résultat en peak procedure confirme donc que les animaux sont capables, par conditionnement, de réguler temporellement leurs réponses et, du même coup, d'estimer précisément des durées. Des études ont donc montré que les animaux sont capables de conduites conditionnées au

temps. Mais sont-ils pour autant capables de discriminer entre eux des stimuli de durées différentes ?

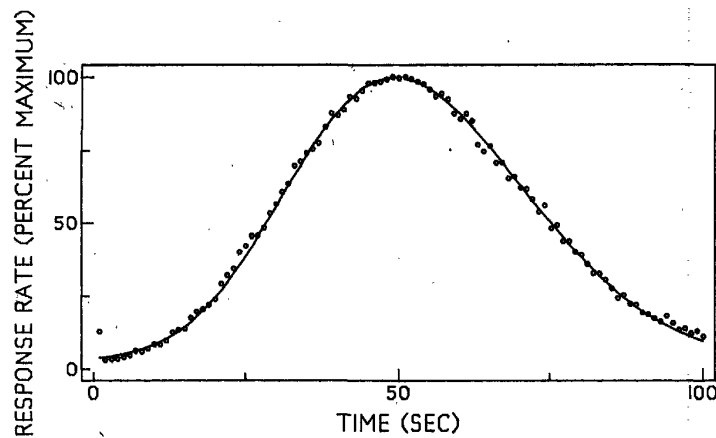


Figure 2. Pourcentage de réponses maximum par minute en fonction du temps dans une procédure en pic chez le rat (d'après Meck & Church, 1984).

1.1.1.2. La généralisation temporelle

Church et Gibbon (1982) ont mis au point une tâche de généralisation dont l'objectif était de voir si les capacités de discrimination temporelle de l'animal lui permettent d'identifier parmi les stimuli présentés ceux dont la durée est identique. En généralisation temporelle, les réponses des rats sont donc renforcées pour la durée standard apprise précédemment mais ne le sont pas pour les durées de comparaison plus courtes ou plus longues que le standard. Comme on peut le voir sur la Figure 3, les résultats obtenus chez le rat forment un gradient de généralisation avec un pic proche de la durée standard et une diminution des réponses pour les durées qui s'éloignent de la durée standard. Finalement, en généralisation temporelle, les rats parviennent à distinguer la durée standard des autres durées. Ceci révèle donc que l'animal est capable non seulement de conduites conditionnées au temps mais également de discrimination temporelle, de distinguer différentes durées.

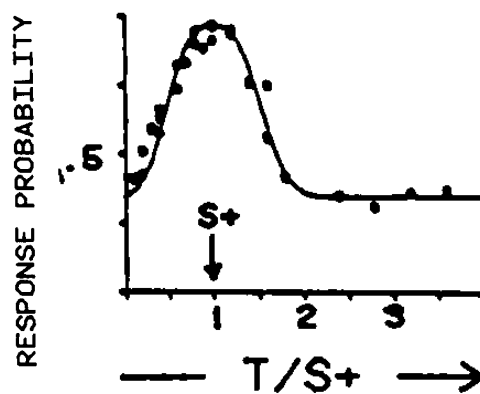


Figure 3. Proportion de réponses données en fonction de la durée relative des stimuli renforcés (d'après Church & Meck, 1982).

De plus, avec la méthode de généralisation, Church et Gibbon (1982) sont parvenus à montrer que les gradients de généralisation pour différentes durées cibles (2, 4, 8 s) se superposent de façon quasi parfaite sur une échelle de temps relative (Figure 3). Les animaux sont en moyenne précis dans leur jugement du temps. De plus, la variabilité de leur jugement augmente de façon proportionnelle à la durée à estimer. Ainsi les conduites temporelles de l'animal sont caractérisées par ce qu'on appelle la propriété du temps scalaire. Cette propriété scalaire correspond en fait à deux propriétés de la perception du temps (Wearden & Lejeune, 2008). La première correspond au fait que les estimations temporelles de l'animal sont, en moyenne, précises. Les durées à estimer augmentent donc avec l'allongement des durées. La première propriété scalaire du temps rend donc compte d'une relation – quasi – linéaire entre temps subjectif et temps objectif. La seconde propriété scalaire du temps tient au fait que la variabilité (écart-type) des estimations temporelles augmente avec les durées : plus les durées sont longues, plus l'estimation temporelle est variable. Cependant, quand on rapporte l'écart-type à la moyenne des estimations temporelles, en calculant le coefficient de variation des estimations temporelles, celui-ci demeure constant quelles que soient les durées. Autrement dit, la variabilité des estimations temporelles suit la loi de Weber selon laquelle la « différence juste perceptible entre deux durées est une proportion constante de la plus courte des deux

valeurs » (Allan, 1979, p. 343). Les propriétés du temps scalaire chez l'animal ont également été mises en évidence dans la tâche de bisection que nous avons utilisée dans ce travail, quand l'animal doit catégoriser des durées (Church & Deluty, 1977).

1.1.1.3. La bisection temporelle

Dans cette tâche, deux durées cibles sont présentées : une durée standard longue (ex. 8 s) et une durée standard courte (ex. 2 s). Le sujet doit ensuite juger si des durées de comparaison (plus courtes, plus longues et de mêmes valeurs) sont plus similaires à la durée standard longue ou à la durée standard courte. Pour l'animal, cette tâche nécessite l'introduction de deux leviers de réponse au sein de la cage : un levier pour la réponse « long » (à droite) et un levier pour la réponse « court » (à gauche). Appuyer sur le levier de droite quand le signal est « long » et de gauche quand le signal est « court » correspond donc aux réponses correctes et, appuyer sur le levier de droite quand le signal est « court » et sur celui de gauche quand il est « long » aux réponses incorrectes. Aussi, dans ce cas, seules les réponses correctes sont renforcées, aucun renforcement n'étant donné pour les durées intermédiaires.

Avec cette tâche, Church et Deluty (1977) ont montré que la probabilité que les rats donnent une réponse « long » augmente avec la durée du stimulus formant ainsi une courbe psychophysique cohérente (Figure 4) avec un point de bisection autour de la moyenne géométrique des durées standard ($\sqrt{(8 \times 2)} = 4$). Ce point de bisection correspond au point d'égalité subjective, à la durée pour laquelle le sujet donne 50 % de réponses « long » et 50 % de réponses « court ». De plus, le coefficient de variation, sous la forme du ratio de Weber, reste constant quelle que soit la gamme de durées confortant ainsi la loi de Weber. En effet, le ratio de Weber est le rapport entre la différence Limen et le point de bisection. La différence Limen reflète la plus petite différence perceptible. Or, celle-ci s'accroît avec l'augmentation du point de bisection ce qui conduit à la constance du ratio de Weber quelle que soit la durée.

Depuis, ces résultats ont été répliqués dans de nombreuses études au fil des années (Cheng, MacDonald, & Meck, 2006; Faure et al., 2013; ex. Gibbon, 1986; Meck, 1986; Orduña, Hong, & Bouzas, 2007).

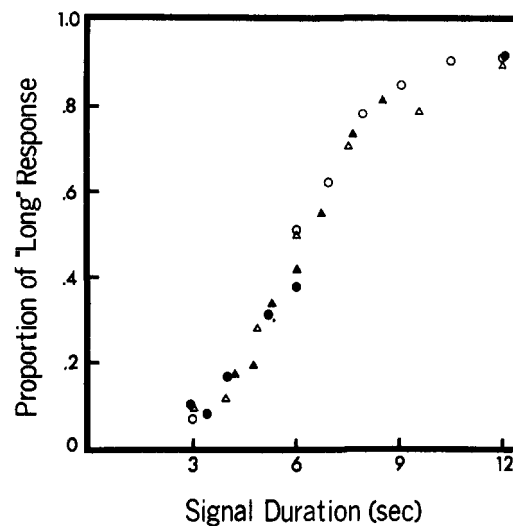


Figure 4. Proportion de réponses « Long » en fonction de la durée du stimulus (d'après Church & Deluty, 1977).

En résumé, les différentes données recueillies chez l'animal avec différentes tâches temporelles, des tâches de catégorisation et de discrimination, rendent compte des conduites d'estimation du temps chez l'animal. Celles-ci se caractérisent par la propriété du temps scalaire (Gibbon, Church, & Meck, 1984; Gibbon, 1977, 1991). Dans les années 90, des chercheurs ont essayé de mettre en évidence ces mêmes capacités d'estimation du temps chez l'homme afin de vérifier l'exactitude de cette propriété scalaire du temps.

1.1.2. Les études chez l'homme adulte

Les recherches chez l'animal ont donc montré qu'il était capable de conduites temporelles précises possédant les propriétés scalaires du temps. Les chercheurs se sont alors demandés si les conduites temporelles de l'homme présentaient les mêmes propriétés que celles de l'animal. Pour étudier cette question, certains chercheurs ont essayé d'utiliser la méthode de conditionnement au temps mais n'ont pas réussi à établir de conditionnement au temps chez l'homme adulte. En effet, ce dernier utilise des stratégies verbales, des règles de

conduites, qui empêche l'émergence du conditionnement temporel. En programme de renforcement à intervalles fixes (FI) par exemple, l'homme adulte met en place deux stratégies de réponses que l'on qualifie, en anglais, (1) de « high-rate pattern » et (2) de « low-rate pattern » (Weiner, 1964, 1969). La stratégie « high-rate » pattern correspond à un taux de réponses élevés au cours de l'intervalle fixe, sans pause après l'obtention du renforcement. La stratégie « low-rate » pattern correspond, quant à elle, à une longue pause après l'obtention du renforcement suivi d'un faible nombre de réponses en fin d'intervalle. Ces deux types de stratégies de réponses sont aussi modulés par les consignes données verbalement aux participants (Weiner, 1970). Ainsi, la compréhension qu'a l'homme adulte de la tâche et, l'utilisation de stratégies pour répondre, empêche la mise en évidence de conduites conditionnées au temps. C'est pour cette raison que les tâches temporelles de généralisation et de bisection utilisées chez l'animal ont été adaptées pour l'homme adulte.

1.1.2.1. Les tâches d'estimation du temps chez l'homme

Les tâches de généralisation et de bisection utilisées initialement chez l'animal ont été adaptées par Allan (Allan & Gibbon, 1991) et Wearden (1991a, 1991b, 1992). Alors que chez l'animal il est nécessaire de faire un grand nombre de sessions d'apprentissage afin que la durée standard soit apprise, chez l'homme adulte seuls quelques essais sont nécessaires. Généralement entre trois et cinq essais sont suffisants. Cette différence majeure entre l'homme et l'animal s'explique par le fait que le traitement temporel, chez l'homme, se fait de manière explicite. En effet, la consigne de prêter attention à la durée du stimulus pour juger correctement les durées est donnée verbalement au participant, ceci confère alors au jugement un caractère explicite différent du traitement implicite du temps chez l'animal. Finalement, avec l'adaptation des tâches de discrimination à l'homme, on a aussi modifié la nature du jugement temporel. La compréhension, la conscience du temps qui passe peuvent influencer le jugement du temps (Droit-Volet, Wearden, & Zélanti, 2015). Or, dans le cadre de cette

thèse, nous verrons plus précisément l'importance de la conscience du temps dans le jugement temporel chez l'homme.

Dans les études chez l'homme, d'autres tâches temporelles ont été utilisées de façon spécifique ; en l'occurrence les tâches temporelles de production, reproduction et d'estimation verbale (pour une revue, Allan, 1998). La tâche de reproduction temporelle consiste à reproduire la même durée que celle d'un stimulus précédemment présenté, dans la modalité auditive ou visuelle (stimulus 1). Plus précisément, le participant voit un stimulus (2) et doit appuyer sur une touche dès qu'il juge que ce stimulus est de même durée que le premier stimulus. Cet appui arrête le deuxième stimulus.

Les tâches de production temporelle et d'estimation temporelle verbale impliquent, quant à elles, la conversion d'une durée, évoquée en unités de mesure conventionnelle du temps (millisecondes, secondes), en signal de même durée. Ainsi, dans la tâche de production temporelle, une durée en unités de mesure conventionnelle du temps (ex. 250 ms) est affichée sur l'écran de l'ordinateur et le participant doit, en appuyant sur une touche du clavier, produire une durée de stimulus équivalente à cette valeur de durée. Cette tâche est l'inverse de la tâche d'estimation temporelle verbale dans la mesure où, dans cette dernière, le participant doit convertir en unités de mesure conventionnelle du temps la durée d'un stimulus. En effet, un stimulus (visuel ou auditif) d'une certaine durée est d'abord présenté au participant (ex. 250 ms) et celui-ci doit ensuite estimer cette durée en la convertissant en unités conventionnelles de mesure du temps. Il indique donc, par l'intermédiaire des chiffres du clavier, la valeur de la durée du stimulus (ex. en ms) qu'il vient de voir ou d'entendre.

1.1.2.2. Les conduites d'estimation temporelle chez l'homme

Avec ces différentes tâches adaptées ou spécifiques à l'homme, les études ont retrouvé chez l'homme des capacités d'estimation du temps similaires à celles observées chez l'animal (pour une revue, Allan, 1998). En effet, les conduites d'estimation chez l'homme présentent

les mêmes propriétés de temps scalaires que celles observées chez l'animal. Dans les différentes tâches temporelles, l'homme se révèle aussi précis dans ses estimations. Plus la durée est longue, plus il la juge longue. De plus, plus les durées sont longues, plus ses estimations sont variables (Wearden, 1991a). De même que l'ont montré Church et Deluty (1977) chez l'animal, lorsque les courbes de gradients de généralisation de l'homme sont reproduites sur une échelle de temps relatif, elles se superposent parfaitement, en accord avec la propriété scalaire du temps (Wearden, 1992). Comme le montre la Figure 5, les propriétés se vérifient également avec la tâche de bissection (ex. Wearden, Rogers, & Thomas, 1997). En effet, le nombre de réponses "long" augmente avec la durée du signal. Toutefois, le point de bissection est observé à la moyenne arithmétique des deux durées standard au lieu de la moyenne géométrique chez l'animal. De plus, les courbes de bissection pour différentes gammes de durées se superposent quand elles sont rapportées à une échelle temporelle relative, quand les durées de comparaison sont divisées par le point de bissection.

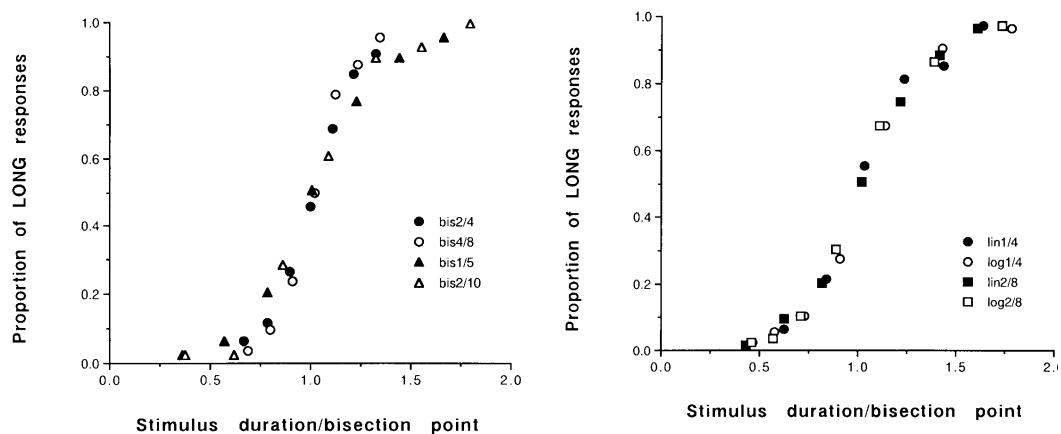


Figure 5. Proportion de réponses « Long » en fonction de la durée relative des stimuli pour les 4 gammes de durées (d'après Wearden, Rogers, & Thomas, 1997).

Toutefois, certaines études chez l'homme ont montré que les propriétés scalaires du temps ne se vérifient pas toujours quelques soient les tâches d'estimation temporelle (Grondin, 2012; pour une revue voir Wearden & Lejeune, 2008). En l'occurrence, Vierordt (1868, rapporté par Lejeune & Wearden, 2009) a mis en évidence une violation des propriétés

scalaires du temps dans la tâche de reproduction temporelle. Comme nous l'avons vu, dans cette tâche, le participant doit reproduire une durée-cible en appuyant sur un plateau lorsqu'il juge que la durée écoulée est identique à celle du stimulus qu'il vient de voir. Or, Vierordt a mis en évidence ce qu'on appelle aujourd'hui la loi de Vierordt. Il s'agit de la tendance des sujets à surestimer les durées courtes et à sous-estimer les durées longues avec un « point d'indifférence subjective », une absence de sur ou sous-estimation, autour de 2 à 3 s. Or, si la propriété du temps scalaire était vérifiée, on ne devrait pas observer cette sur ou sous-estimation des durées, l'estimation des durées étant en moyenne précise.

En somme, comme l'animal, l'homme est capable d'estimer précisément les durées. De plus, ses estimations temporelles suivent les propriétés scalaires du temps observées chez l'animal du moins dans la majorité des tâches temporelles. La mise en évidence de ces propriétés temporelles à la fois chez l'animal et chez l'homme a conduit les chercheurs à supposer que l'animal et l'homme partagent un même système de mesure du temps qu'ils ont qualifié d'horloge interne. Ils ont donc proposé des modèles d'horloge interne.

1.2. Les modèles d'horloge interne

1.2.1. Les premiers modèles d'horloge interne

Dès le début du XX^{ème} siècle, François (1927) et Hoagland (1933) ont évoqué l'existence d'un mécanisme biologique à la base de la perception du temps (Droit-Volet & Wearden, 2003). En effet, chacun de leur côté, ils ont montré que l'augmentation de la température du corps affecte la perception du temps dans le sens d'un allongement subjectif du temps. Pour expliquer ce phénomène, ils ont alors supposé l'existence d'une horloge chimique, d'une horloge interne, qui permettrait la production des jugements temporels. Cependant ce n'est que dans les années 60 que l'on a vu émerger des modèles décrivant ce système d'horloge interne.

1.2.1.1. Le modèle de Treisman, 1963

Dès 1963, Michel Treisman a proposé un modèle d'horloge interne (Figure 6). D'après ce modèle dit « pacemaker-accumulateur », le mécanisme de traitement temporel serait composé d'un pacemaker, d'un compteur, d'un magasin de stockage et d'un comparateur. Le pacemaker produirait des impulsions de manière régulière. Celles-ci seraient alors comptabilisées par le compteur. Ainsi, la durée serait dépendante du nombre d'impulsions comptabilisées. Ensuite, cette valeur de durée serait stockée en mémoire afin de porter un jugement temporel, c'est-à-dire de comparer, la durée en cours avec d'autres durées significatives. Au niveau du comparateur interviendrait également un mécanisme verbal propre à l'homme qui pourrait affecter la récupération des durées en mémoire.

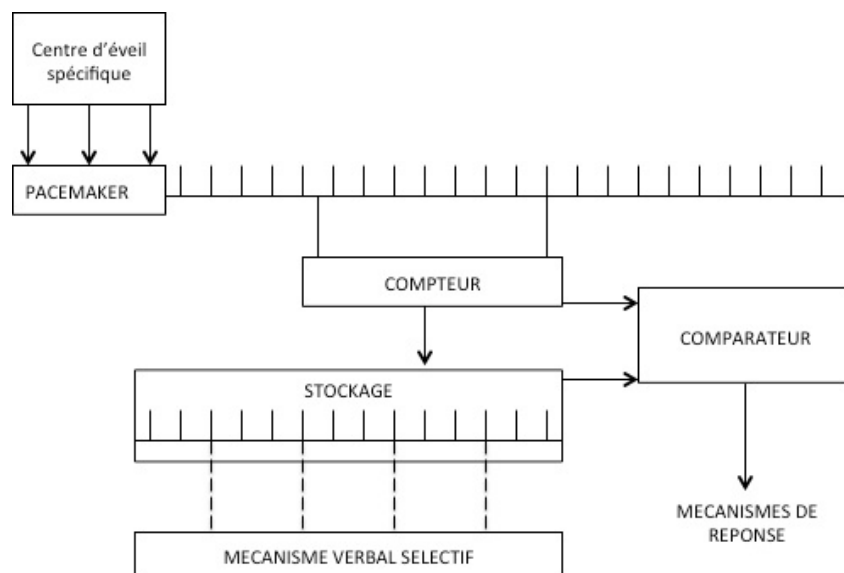


Figure 6. Représentation schématique du modèle « Pacemaker-accumulateur » (d'après Treisman, 1963).

1.2.1.2. La théorie du temps scalaire (SET) de Gibbon et ses collaborateurs

Dans les années 70 et 80, Gibbon et ses collègues ont repris le modèle d'horloge interne de Treisman pour rendre compte des résultats obtenus chez l'animal (Gibbon et al., 1984; Gibbon, 1977). Ils ont alors établi la théorie du temps scalaire en remplaçant l'horloge interne dans un système de traitement de l'information temporelle. Dans ce modèle

(Figure 7), chaque composant du traitement de l'information pourrait être source de variance dans le jugement du temps. Comme on peut le voir sur la Figure 7, ce modèle met en avant trois niveaux hiérarchiques de traitement de l'information. Le premier niveau correspond à un mécanisme d'horloge interne constitué d'un pacemaker et d'un interrupteur. Les mécanismes mnésiques permettant le stockage des informations temporelles dans une mémoire de référence et/ou leur maintien en mémoire de travail prend place à un deuxième niveau. Enfin, au troisième niveau, se trouve un mécanisme décisionnel impliqué dans la comparaison des informations stockées en mémoire de travail avec celles en mémoire de référence. A ce dernier niveau, des processus décisionnels conduisent à la production d'une réponse comportementale, autrement dit au jugement temporel.

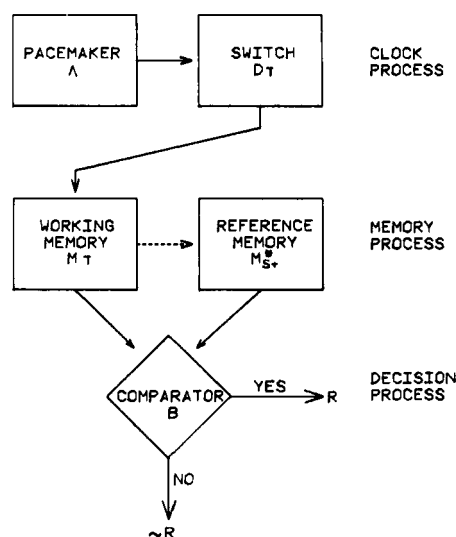


Figure 7. Représentation schématique du modèle basé sur la théorie du temps scalaire ou SET (d'après Gibbon, 1977 ; Gibbon, Church, & Meck, 1984).

En généralisation, la réponse « Même » n'est donnée que lorsque le critère de décision est atteint. Pour que ce dernier soit atteint, la durée à estimer, en mémoire de travail, et la durée standard, stockée en mémoire de référence, doivent être considérées comme suffisamment proche l'une de l'autre. En bissection, le même principe s'applique. Lorsque la durée à estimer est jugée comme suffisamment proche du standard court, la réponse « Court »

est produite. Lorsque la durée à estimer est jugée comme suffisamment proche de la durée standard longue, la réponse « Long » est produite.

Pour rendre compte des performances temporelles de l'animal, les chercheurs ont supposé que ces règles de décision (« durée suffisamment proche l'une de l'autre »), sont basées sur le ratio entre la durée à estimer et la durée standard. Ce ratio prend la forme suivante : $\left(\frac{S-t}{S}\right) < b$ où S est une représentation du standard en mémoire et t la durée à estimer, b étant le seuil de décision (Church & Gibbon, 1982). Autrement dit, si le rapport entre la valeur absolue de la différence entre le standard et la durée à estimer et la durée standard est inférieur au seuil de décision alors la réponse est produite. Toutefois, chez l'homme, le gradient de généralisation n'est pas symétrique comme chez l'animal mais asymétrique à droite et, le point de bisection ne se trouve pas à la moyenne géométrique ($\sqrt{C \times L}$) mais à la moyenne arithmétique $((C + L)/2)$. Aussi dans le modèle modifié de Church et Gibbon, Wearden (MCG model, 1992) suggère que, chez l'homme, les règles de décision ne sont pas basées sur un ratio rapporté à la durée standard mais à la durée à estimer $((\Delta - t)/t < b)$. Ce simple changement de dénominateur permet de rendre compte de l'asymétrie à droite du gradient de généralisation obtenu chez l'homme.

Quelle que soit la règle décisionnelle exacte utilisée chez l'homme ou l'animal, la variabilité des jugements temporels ne prend pas place au niveau des processus décisionnels mais au niveau mnésique (Allan, 1998) par l'intermédiaire d'une transformation de la durée encodée par le paramètre de stockage en mémoire. Cependant, lorsque l'on s'intéresse au jugement temporel chez l'homme et au rôle des processus métacognitifs, on s'aperçoit que les processus de décision jouent un rôle déterminant et qu'ils peuvent modifier la réponse finale. Aussi, comme nous le verrons, ce modèle d'horloge interne ne rend pas compte du rôle des processus décisionnels dans le jugement temporel. Toutefois, ce n'est pas son seul défaut car il est également jugé peu plausible sur le plan biologique.

1.2.2. Les modèles d'horloge interne plus plausibles d'un point de vue neurobiologique

Toutefois, même si les modèles que nous venons de décrire permettent de rendre compte efficacement des données comportementales recueillies tant chez l'animal que chez l'homme, ils sont peu probables au niveau neurophysiologique (Gu, van Rijn, & Meck, 2015). Aussi, récemment, de nouveaux modèles d'horloge interne « neurophysiologique » ont été proposés. Le modèle actuel le plus cité, car le plus probable tant au niveau neuronal qu'au niveau des données issues de l'imagerie est celui proposé par Matell et Meck (2000, 2004) (Figure 8). Ce modèle s'appelle le « striatal beat frequency » (SBF) modèle et est dérivé de l'idée de Miall (1989) selon laquelle des oscillations corticales serviraient de base de temps. En effet, dans ce modèle on ne retrouve plus un pacemaker à la base du temps mais différents oscillateurs corticaux. Ces oscillateurs seraient distribués dans tout le cortex et oscilleraient à leur propre fréquence, selon une certaine période qui leur serait propre.

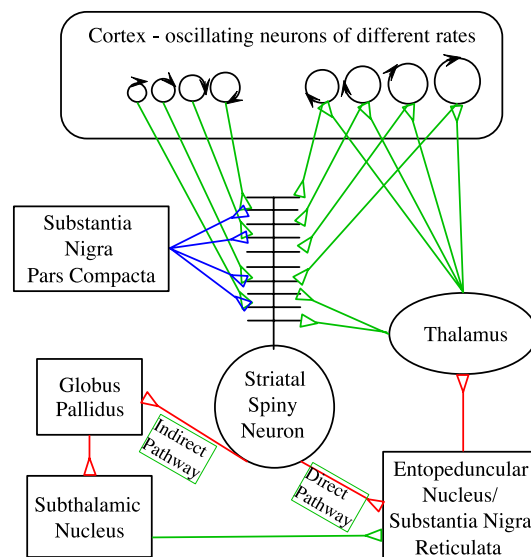


Figure 8. Représentation schématique du modèle SBF (striatal beat frequency) de Matell et Meck, 2004. Les flèches indiquent la direction du flux d'information avec en vert les liaisons Glutamate, en bleu les liaisons dopaminergiques et en rouge les liaisons GABAergiques (d'après Matell & Meck, 2004).

La substance noire pars compacta (SNpc) module l'influence du cortex sur les ganglions de la base, notamment le striatum. Le striatum a, en effet, pour rôle la détection de coïncidences. En l'occurrence, à chaque durée correspond un pattern spécifique d'oscillations. Ce pattern serait alors actif lors de la discrimination et de la comparaison avec une durée de référence. Le striatum détecterait alors la coïncidence entre le pattern d'oscillations de la durée en cours de traitement et celui de la durée de référence. Le thalamus, quant à lui, servirait de relais, recevant les informations à la fois du cortex et des ganglions de la base, et les renvoyant au cortex. Le traitement de l'information temporelle impliquerait donc toute une boucle qui formerait le circuit cortico-thalamo-striatal.

L'implication de ces aires cérébrales dans les jugements temporels a été attestée par la plupart des études en imagerie cérébrale (Coull, Cheng, & Meck, 2011; Muller & Nobre, 2014). En effet, les études chez des participants « sains » ont mis en évidence que les ganglions de la base sont impliqués dans le traitement de l'information temporelle, en particulier pour le traitement temporel explicite, c'est-à-dire dans les tâches temporelles prospectives où les sujets reçoivent la consigne de juger des durées (Coull & Nobre, 2008). Par exemple, en comparant les performances de participants soumis à une tâche de discrimination temporelle et une tâche de discrimination de couleur, Livesey et ses collaborateurs ont mis en évidence que seuls les ganglions de la base et le cortex frontal inférieur demeurent activés lorsque la tâche temporelle est plus facile que la tâche non temporelle (Livesey, Wall, & Smith, 2007).

En résumé, les modèles d'horloge interne permettent de rendre compte des capacités précises d'estimation du temps chez l'animal et l'homme. Cependant, dans bien des cas, l'homme est sujet à des distorsions dans ces jugements temporels. Comment peut-on alors expliquer ces distorsions avec un mécanisme précis d'horloge interne ?

1.3. Les variations de la perception du temps chez l'Homme

En dépit des mécanismes sophistiqués d'horloge interne que nous venons de décrire et qui permettent à l'homme de faire des jugements précis du temps, de nombreux facteurs peuvent affecter ses estimations temporelles et provoquer des distorsions du temps. Dans une revue de littérature de 2009, Droit-Volet et Gil évoquent ce paradoxe : comment peut-on être sujet à des distorsions du temps avec une horloge interne ? Nous allons donc maintenant évoquer les facteurs à l'origine des variations dans les jugements du temps.

1.3.1. Les variations du jugement temporel avec l'âge

Avec une adaptation de la tâche de bissection temporelle au bébé, Provasi, Rattat et Droit-Volet (2011) ont confirmé que les capacités de discrimination temporelle sont présentes dès le plus jeune âge, dès quatre mois (pour une revue voir Droit-Volet, 2011). Toutefois, les plus jeunes enfants sont plus variables et moins sensibles dans leurs estimations que les enfants plus âgés et les adultes (ex. Droit-Volet, Clément, & Wearden, 2001; Droit-Volet & Clément, 2005; Droit-Volet & Rattat, 2007). Par exemple, Droit-Volet et Rattat (2007) ont montré, avec différents types de tâche de bissection que la sensibilité au temps des enfants âgés de 5 ans est moindre comparée à celle des enfants de 8 ans et des adultes. Néanmoins, comme le montre la Figure 9, la présentation de plusieurs standards avant la tâche de bissection permet d'améliorer la performance des enfants les plus jeunes, âgés de 5 ans. Quoiqu'il en soit, les performances des enfants dans les tâches de jugements temporels s'améliorent avec l'âge jusqu'à atteindre un niveau comparable à celui de l'adulte autour de l'âge de 8 à 10 ans tout dépend de la difficulté de la tâche temporelle (Droit-Volet & Zélanti, 2013; McCormack, Brown, Maylor, Darby, & Green, 1999; Rattat & Droit-Volet, 2001, 2005). Cette amélioration, avec l'âge, des capacités temporelles s'explique, au moins en partie, par le développement des capacités cognitives, en particulier le développement des capacités en mémoire de travail et des capacités d'attention et de concentration (Droit-Volet,

2013a, pour une revue). Il semblerait donc que le jugement temporel ne puisse se réduire au fonctionnement d'une horloge interne puisque d'autres facteurs, d'ordre notamment comportemental, sont impliqués dans sa précision ou son manque de précision.

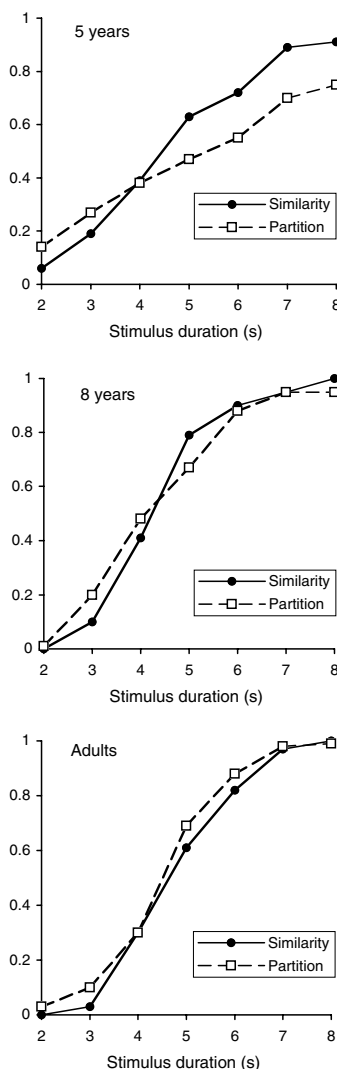


Figure 9. Proportion de réponses « Long » en fonction de la durée du stimulus pour les 3 catégories d'âge et les deux conditions de bissection, avec la présentation des standards (similarity) et sans (partition) (d'après Droit-Volet & Rattat, 2007).

Quelques études montrent également que le vieillissement affecte aussi le jugement temporel. Il semblerait, en effet, que les adultes plus âgés aient tendance à subir un effet d'allongement temporel dans leurs estimations lors des tâches temporelles impliquant les unités de mesure conventionnelle (estimation verbale et production) alors qu'il n'y aurait pas de modification de la perception des durées dans d'autres tâches impliquant des comparaisons

de durées, comme celle de reproduction (Block, Zakay, & Hancock, 1998). Cependant, les adultes les plus âgés seraient surtout plus variables dans leurs estimations temporelles que les jeunes adultes (Block et al., 1998). Ceci expliquerait les changements observés dans l'estimation du temps avec le vieillissement. Certains chercheurs ont évoqué un ralentissement, avec l'âge, de l'horloge interne. Cependant, des facteurs plus cognitifs seraient en cause. Par exemple, Wearden, Wearden et Rabbit (1997) ont montré un lien entre la baisse de l'efficacité cognitive générale avec le vieillissement (évaluée par une mesure de QI, quotient intellectuel) et le déclin de la performance temporelle dans des tâches de généralisation, de bissection et de production de durées. Ce déclin des performances se traduit essentiellement par un accroissement de la variabilité du jugement temporel. McCormack et al. (1999) ont répliqué ces résultats chez les personnes âgées avec les tâches temporelles de bissection et de généralisation. En effet, comme dans l'étude de Wearden et al. (1997), ces auteurs ont constaté, dans la tâche de généralisation, une augmentation de la largeur du gradient de généralisation pour les personnes âgées alors même que le pic du gradient est resté centré sur la durée standard. Leurs résultats ont également confirmé que la différence de performance entre les jeunes adultes et les adultes âgés est plus marquée pour la tâche de généralisation que celle de bissection. La nature de la tâche temporelle a donc un impact sur le jugement du temps, indépendamment des mécanismes d'horloge interne à la base de l'encodage du temps.

Plus récemment, Baudouin et ses collègues ont mis en évidence l'impact de la mémoire de travail dans les variations avec le vieillissement des performances d'estimation temporelle (Baudouin, Vanneste, Pouthas, & Isingrini, 2006). Avec une tâche de reproduction temporelle réalisée en simple tâche temporelle et en double tâche, avec une tâche non temporelle concurrente, ces auteurs ont montré que, en double tâche, les participants âgés étaient plus variables dans leurs jugements temporels que les plus jeunes. De plus, dans la

condition de simple tâche temporelle, les durées reproduites étaient plus courtes chez les participants âgés que chez les participants jeunes. L'effet inverse était observé dans la condition de double tâche, les participants âgés reproduisant des durées plus longues que les participants jeunes. Les auteurs ont expliqué ce résultat par l'implication différente de la mémoire de travail selon que la tâche temporelle était réalisée seule ou simultanément à une tâche concurrente. En effet, le déclin de la mémoire de travail au cours du vieillissement normal est maintenant bien établi (Bopp & Verhaeghen, 2005; Salthouse & Babcock, 1991). Or, la condition de simple tâche impliquerait le maintien en mémoire de travail de la durée à reproduire, d'où les reproductions inférieures des participants âgés par rapport aux participants jeunes. A l'inverse, la condition de double tâche impliquerait non seulement la mémoire de travail mais également des capacités à diviser son attention entre les deux tâches. Or, comme ces deux capacités déclinent progressivement avec le vieillissement, les participants âgés seraient sujets à un effet d'allongement temporel subjectif (surproduction) avec de moins bonnes performances. Par conséquent, le déclin des performances temporelles avec le vieillissement pourrait, comme leur amélioration progressive avec l'âge chez l'enfant, être due au déclin des fonctions cognitives engagées dans le traitement de l'information temporelle plutôt qu'à une diminution des capacités de discrimination temporelle en tant que telles.

1.3.2. Les variations du jugement temporel selon le contexte situationnel : effet de l'attention

Le contexte dans lequel la tâche temporelle est réalisée a également de l'incidence sur le jugement du temps. Comme l'a souligné Grondin (2010) dans une revue de littérature, les études dans lesquelles un paradigme de double tâche a été utilisé ont montré une baisse des performances temporelles en double tâche comparativement à la simple tâche. Plus précisément, lorsque l'attention est détournée du traitement de la tâche temporelle, un

raccourcissement subjectif du temps survient avec des estimations plus variables. Cet effet de l'attention divisée sur la performance temporelle a été beaucoup étudié (pour une revue des travaux, voir Nobre & Coull, 2010). Par exemple, en 1985, Brown a comparé les effets de trois conditions d'attention sur la performance temporelle. Dans la condition contrôle, les participants écoutaient un enregistrement de bruits de voix. Dans les deux conditions expérimentales, ils entendaient une liste de mots différente dans l'oreille droite et dans la gauche. Dans la condition d'attention divisée, les participants avaient pour consigne de prêter autant d'attention aux deux listes. Dans la condition d'attention sélective, ils devaient prêter uniquement attention à l'une des listes soit celle diffusée dans l'oreille droite soit celle diffusée l'oreille gauche. De plus, les participants étaient informés qu'ils devraient estimer la durée de la tâche. Dans les situations où la charge attentionnelle était la plus importante (attention divisée et attention sélective), les participants ont montré un effet de raccourcissement subjectif du temps comparativement à la condition contrôle. En 1997, avec un paradigme plus classique de double tâche, Brown a montré que cet effet de raccourcissement subjectif du temps était modulé par la difficulté de la tâche. Ainsi, l'augmentation de la difficulté de la tâche non temporelle concurrente accroît la différence de performance temporelle entre simple et double tâche.

En somme, les capacités cognitives des participants affectent la qualité du jugement temporel avec une augmentation des distorsions et de la variation des jugements temporels quand les capacités cognitives se réduisent. Nous allons voir que les émotions ressenties par les individus constituent également une source de changement dans les jugements temporels chez l'homme.

1.3.3. Les variations du jugement temporel selon le contexte émotionnel

L'état émotionnel de l'individu a également un impact important sur sa perception du temps. Les émotions dites de base (Ekman, 1984, 1993), notamment celle de peur, ont été les

plus étudiées en psychologie du temps (Droit-Volet, Fayolle, Lamotte, & Gil, 2013). En effet, il s'agit d'une émotion fondamentale du point de vue de l'action, l'individu est automatiquement conduit à produire un comportement adapté pour sa survie, une action pour se défendre, s'enfuir ou encore faire le mort (Darwin, 1872/1921). Les stimuli utilisés pour étudier ces émotions ont été principalement des expressions faciales émotionnelles (Droit-Volet, Brunot, & Niedenthal, 2004) mais aussi des images de l'IAPS de Lang, Bradley et Cuthbert (1997) (Gil & Droit-Volet, 2012), des sons aversifs (Cocenas-Silva, Bueno, & Droit-Volet, 2012, 2013) ou des chocs électriques (Fayolle, Gil, & Droit-Volet, 2015). Les résultats de ces différentes études sur la peur et la perception du temps ont systématiquement montré un effet d'allongement subjectif du temps en présence d'un stimulus menaçant ou aversif. Ces résultats ont été retrouvés chez l'enfant (Droit-Volet, Fayolle, & Gil, 2015; Gil, Niedenthal, & Droit-Volet, 2007). De plus, que ce soit chez l'adulte ou l'enfant, cet allongement subjectif du temps est observé sans qu'il y ait d'altération des capacités de discrimination temporelle. En effet, les performances temporelles des participants se conforment toujours à la loi de Weber, avec un ratio de Weber constant quelles que soient les durées utilisées, de quelques millisecondes à plusieurs secondes (Fayolle et al., 2015).

Bien que la peur ait été l'émotion la plus étudiée, les chercheurs se sont également penchés sur l'étude des autres émotions, en particulier la joie, la tristesse, le dégoût et la honte. Dans l'étude de Droit-Volet et al. (2004), les participants devaient notamment juger des expressions faciales émotionnelles de joie, de tristesse, de colère et des visages neutres dans une tâche de bisection temporelle. Cette étude a mis en évidence un allongement subjectif du temps pour tous les visages émotionnels comparativement aux visages neutres. Néanmoins, les visages de colère provoquent un effet d'allongement temporel subjectif plus marqué que ceux de joie et de tristesse. L'allongement est plus faible pour cette dernière émotion. Il est intéressant de noter que cet effet disparaît lorsque les participants n'ont pas la

possibilité d'imiter les émotions présentées (Effron, Niedenthal, Gil, & Droit-Volet, 2006). Ceci est à mettre en relation avec le rôle de la cognition incarnée (Barsalou, 1999) suivant laquelle la perception d'un événement émotionnel produit chez l'observateur une reproduction partielle de l'expérience sensorimotrice associée à cette émotion (Niedenthal, Krauth-Gruber, & Ric, 2008). Selon cette théorie, la vision d'un visage exprimant une émotion chez un individu active donc chez celui-ci les mêmes zones cérébrales que celles impliquées dans le ressenti de l'émotion. Dès lors, le rôle de la cognition incarnée serait important dans la perception temporelle de stimuli émotionnels (pour une revue récente, voir Droit-Volet, Fayolle, Lamotte, & Gil, 2013). Par exemple, Chambon et ses collègues (Chambon, Droit-Volet, & Niedenthal, 2008; Chambon, Gil, Niedenthal, & Droit-Volet, 2005) ont montré un raccourcissement subjectif du temps lors de la perception temporelle de visages de personnes âgées par rapport à des visages jeunes qui serait lié à l'incorporation du rythme des personnes âgées qui est ralenti. Les distorsions du temps observées sous l'effet des émotions comme la peur ont été expliquées dans le cadre des modèles d'horloge interne par des effets d'activation physiologiques qui accélèreraient le rythme de l'horloge interne.

1.3.4. La prise en compte des variations du jugement temporel dans les modèles d'horloge interne et ses limites

1.3.4.1. Niveau d'éveil et accélération de l'horloge interne

Depuis le début des travaux sur la perception du temps, les chercheurs ont défendu l'idée que de nombreux facteurs, comme les émotions, peuvent provoquer une modification du jugement du temps en modifiant le rythme de l'horloge interne. Ceci a été envisagé à propos de la température corporelle (François, 1927; Hoagland, 1933). En 1995, Wearden et Penton-Voak ont fait une synthèse des différentes études ayant manipulé la température corporelle. Ces études tendent à montrer un effet d'allongement subjectif du temps avec

l'élévation de la température. Cet effet est expliqué par une modification du système biologique d'horloge interne.

Afin de tenir compte des distorsions temporelles dues à des modifications du niveau d'éveil, des modifications au modèle initial de Treisman (1963) ont donc été apportées (Treisman, Faulkner, Naish, & Brogan, 1990). Dans cette nouvelle version du modèle (Figure 10), le pacemaker serait constitué non plus d'un seul mais de deux éléments, d'un oscillateur temporel et d'une unité de calibration. Chaque élément peut alors être affecté indépendamment de l'autre par le centre d'éveil spécifique. L'oscillateur temporel se composerait de trois unités oscillatoires susceptibles d'agir les unes sur les autres, par des effets inhibiteurs et/ou excitateurs. De par leur interaction, ces trois unités permettraient l'émission régulière d'impulsions qui seraient transmises à l'unité de calibration. Cette dernière, sensible à différents stimuli intérieurs et extérieurs, aurait pour rôle de moduler la fréquence des impulsions reçues en fonction desdits stimuli. L'intérêt de cette nouvelle version du modèle de l'horloge interne de Treisman est de tenter de rendre compte, par des processus d'accélération physiologique, certains changements observés dans les jugements temporels.

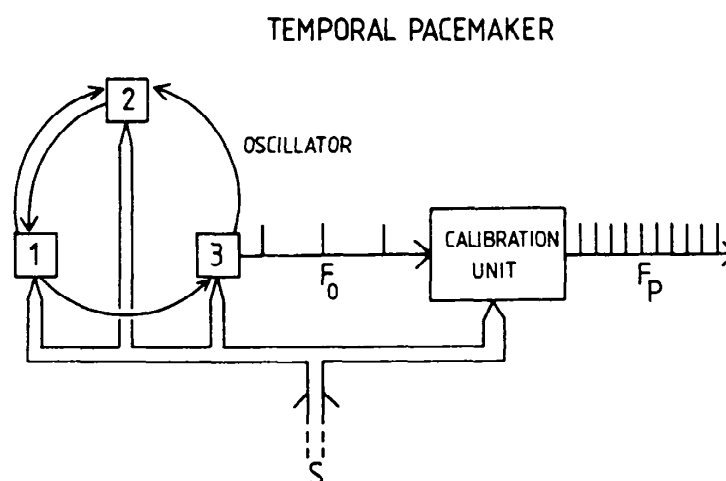


Figure 10. Représentation schématique du modèle « oscillateur-calibrateur » de Treisman et al. (1990).

Afin de tester leur nouveau modèle, Treisman et ses collaborateurs (Treisman, Cook, Naish, & Maccrone, 1994; Treisman, Faulkner, & Naish, 1992; Treisman et al., 1990) ont alors examiné l'effet d'une présentation répétée de stimulations (train de clicks ou de flash) sur la valeur de la durée perçue. En effet, un stimulus, répété entre 7 et 20 Hz, a le pouvoir d'entraîner les rythmes cérébraux. Or, avec ce type de stimulus répété, a été observé un effet d'allongement subjectif de la durée perçue. Cet effet est compatible avec une élévation du niveau d'éveil, c'est-à-dire une accélération du rythme des impulsions émises par le pacemaker. Plus récemment, d'autres chercheurs ont répliqué ces résultats avec la présentation de ce type de stimulation avant le jugement temporel et ce, en utilisant différentes tâches telles que la généralisation temporelle, la comparaison de durées, la production temporelle et l'estimation temporelle verbale (Penton-Voak, Edwards, Percival, & Wearden, 1996; Wearden, Philpott, & Win, 1999). Ceci a même été répliqué en bissection temporelle chez de jeunes enfants âgés de seulement 3 ans (Droit-Volet & Wearden, 2007). Burle et Casini (2001), ont, quant à eux, montré que selon l'intensité de la stimulation, l'effet était plus (forte intensité) ou moins (faible intensité) important. Ainsi, le rythme de l'horloge interne peut être modifié sous l'effet de stimulation extérieure provoquant une surestimation du temps.

Par ailleurs, des études chez des patients ont également montré que des perturbations des circuits dopaminergiques (substantia nigra pars compacta) affectent la perception du temps (pour une revue récente, voir Allman & Meck, 2012). Par exemple, les études, chez des patients parkinsoniens sans traitement dopaminergique (Smith, Harper, Gittings, & Abernethy, 2007) ou chez des animaux à qui des antagonistes de la dopamine ont été administrés, ont mis en évidence une altération des estimations temporelles dans le sens d'une plus grande variabilité et d'un allongement subjectif du temps. Ces effets sont partiellement compensés par une médication à base de dopamine (Malapani et al., 1998; Malapani, Deweer,

& Gibbon, 2002). En cas de lésions cérébrales au niveau des ganglions de la base (Coslett, Wiener, & Chatterjee, 2010) ou du cervelet (Droit-Volet, Zélanti, et al., 2013), une altération des performances aux tâches temporelles impliquant des réponses motrices a aussi été observée.

Bien que ce nouveau modèle d'horloge interne soit intéressant, il reste limité car il n'envisage pas plusieurs sources de distorsions du temps. En effet, le poids accordé aux processus décisionnels et aux fonctions cognitives reste faible. C'est pour cette dernière raison que Zakay et ses collaborateurs ont repris le modèle d'horloge interne en y introduisant des composantes liées à l'attention.

1.3.4.2. Modèle d'horloge interne à interrupteur et porte attentionnelle

Zakay et Block (Zakay & Block, 1995; Zakay, 1989) ont proposé le modèle de la porte attentionnelle (MPA), se basant sur les modèles d'horloge interne décrits précédemment (Gibbon et al., 1984; Treisman et al., 1990) (Figure 11). Dans ce modèle, ils introduisent un interrupteur entre le pacemakeur et l'accumulateur. Le rôle de cet interrupteur est l'ouverture et la fermeture de l'accumulateur. Cet interrupteur fonctionne en « tout ou rien » c'est-à-dire qu'il se ferme dès lors qu'un stimulus temporel pertinent est détecté, déclenchant alors le passage des impulsions émises dans l'accumulateur. L'interrupteur s'ouvre lorsque la fin du stimulus est détectée, empêchant ainsi que des impulsions supplémentaires soient comptabilisées. A cet interrupteur, les auteurs ajoutent une porte attentionnelle qui serait responsable de la quantité d'attention allouée respectivement aux traitements de l'information temporelle et non-temporelle. De cette façon, plus l'attention serait focalisée sur le traitement de l'information temporelle, plus l'ouverture de la porte serait grande et plus le nombre d'impulsions passant à travers la porte pour être collectées dans l'accumulateur serait important. Au niveau comportemental, on devrait donc observer un allongement subjectif du temps quand l'attention est focalisée sur le traitement de l'information temporelle. Au

contraire, plus l'attention serait allouée au traitement de l'information non temporelle, moins la porte serait ouverte et moins le nombre d'impulsions transmises à l'accumulateur serait important. Au niveau comportemental, on devrait alors observer un raccourcissement subjectif du temps.

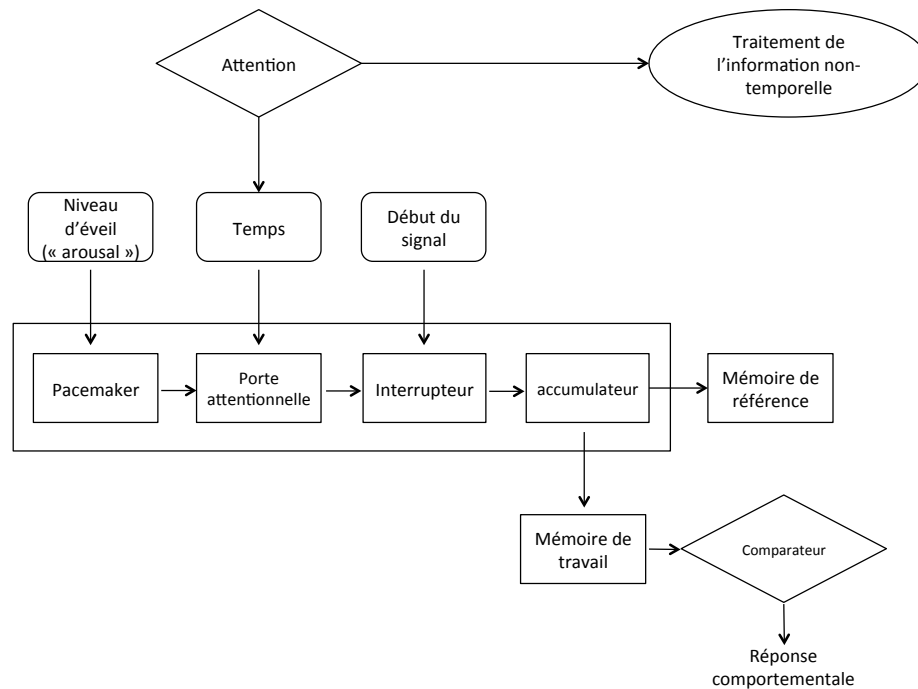


Figure 11. Représentation schématique du modèle de la porte attentionnelle ou MPA de Zakay & Block, 1995; d'après Zakay, 2005.

Conformément aux prédictions du modèle de la porte attentionnelle, avec le paradigme de double tâche de nombreux auteurs ont mis en évidence que moins l'attention est accordée au temps, plus les durées sont sous-estimées (e.g. Block, Hancock, & Zakay, 2010; Brown, 1997; Grondin, 2010; Zakay, 1989, 1998). Dans une méta-analyse de 117 expériences comparant les effets de la surcharge cognitive sur la performance temporelle, Block, Hancock et Zakay (2010) ont confirmé l'effet systématique de raccourcissement subjectif du temps dû à l'attention lorsque celle-ci est détournée du traitement des stimuli temporels. Ainsi, le temps paraît toujours plus court lorsque l'attention n'est pas focalisée sur le traitement du temps. Par exemple, dans une étude, Macar, Grondin et Casini (1994) ont demandé aux participants de

contrôler la quantité d'attention allouée soit à la tâche temporelle (reproduction ou discrimination de durées) soit à la tâche non-temporelle (catégorisation de mots ou discrimination de l'intensité du stimulus). Leurs résultats ont montré un effet de raccourcissement subjectif du temps, et une baisse des performances temporelles, en rapport direct avec l'accroissement de l'attention attribuée à la tâche non temporelle : plus l'attention est détournée du temps, moins bonnes sont les performances. Comme nous l'avons déjà évoqué à propos des travaux de Brown (1985), les études qui se sont intéressés à l'effet de la difficulté de la tâche sur le traitement de l'information temporelle ont obtenu des résultats validant les prédictions du modèle attentionnel. En l'occurrence, Casini et Macar (1997) ont fait varier le délai entre le début du stimulus temporel et l'apparition de la modification de l'intensité du stimulus à traiter dans la tâche concurrente. Elles ont ainsi montré que plus l'intervalle de temps écoulé était long entre le début du stimulus à estimer et la variation d'intensité du stimulus non temporel, plus le raccourcissement subjectif du temps était important. Ainsi, plus une tâche est difficile, moins l'attention est allouée au traitement de l'information temporelle et plus grand est le raccourcissement subjectif du temps (Casini & Macar, 1997; Coull, Vidal, Nazarian, & Macar, 2004). Cependant, lorsque la difficulté de la tâche non temporelle devient trop importante, cela provoque une re-focalisation de l'attention sur le traitement de l'information temporelle conduisant dès lors à un effet d'allongement subjectif du temps.

Ainsi, par le biais d'un mécanisme d'interrupteur ou de porte attentionnelle, le modèle de la porte attentionnelle de Zakay permet d'expliquer les phénomènes de raccourcissement subjectifs qui sont observés dans les situations où l'attention est détournée du temps. Cependant, Lejeune (1998, 2000) a suggéré qu'il n'était pas nécessaire d'invoquer deux mécanismes distincts pour expliquer les effets de l'attention sur le traitement du temps. En effet, le fonctionnement de l'interrupteur suffirait à expliquer ces résultats. Il s'agissait de

dissocier un effet de l'attention au début du traitement de l'information temporelle d'un effet de l'attention au cours du traitement. Ces deux types d'attention se distinguent par des effets additifs dans le premiers cas et des effets multiplicatifs dans le second. Mais, ce dernier aspect a peu été étudié car il est difficile à différencier des processus d'éveil qui se traduisent aussi par des effets multiplicateurs. Quoiqu'il en soit, comme les modèles précédents, le modèle attentionnel de Zakay ne tient pas compte des effets pouvant affecter les processus décisionnels. En réalité, jusqu'à présent, peu d'études se sont intéressées au rôle des processus décisionnels même si ces derniers sont déterminants dans les jugements du temps chez l'homme. Nous nous sommes donc intéressées à un champ particulier de la psychologie qui a pour objet d'études spécifique les processus décisionnels, la conscience et les connaissances que nous avons de nos processus cognitifs autrement dit la métacognition des jugements temporels. Notre objectif était d'étudier l'impact de ces processus sur la perception du temps. Toutefois, avant de présenter les recherches sur la métacognition et nos propres travaux dans ce domaine, nous allons décrire une autre forme de jugement du temps, l'expérience subjective du passage du temps, qui repose sur des processus rétrospectifs, conscients.

1.4. Lien entre perception du temps et sentiment de passage du temps chez l'homme

Peu d'études se sont intéressées au sentiment de passage du temps. Les quelques études qui s'y sont intéressées sont relativement anciennes et ce sont focalisées sur le sentiment de passage du temps chez des patients (ex. Bech, 1975; Wyrick & Wyrick, 1977). Dans ces études, le moyen utilisé par les chercheurs pour étudier le sentiment de passage du temps était le questionnaire. Par exemple, Hoffer et Osmond (1962) ont posé à des patients dépressifs six questions portant sur leur jugement du temps qui passe auxquelles ils devaient répondre par oui ou non. Par exemple, des items tels que « les journées semblent passées très lentement », « certains jours passent si vite qu'ils semblent ne durer que quelques minutes » étaient proposés. Les réponses des patients dépressifs ont traduit le fait qu'ils ont le sentiment

que le temps passe significativement plus lentement que les sujets contrôles. Ce sentiment que le temps passe plus lentement dans la dépression a été, depuis, obtenu dans d'autres études (Bech, 1975; Blewett, 1992; Wyrick & Wyrick, 1977).

Les données issues des recherches chez des patients dépressifs semblent d'ailleurs assez contradictoires. Certaines études suggèrent que le sentiment de ralentissement du passage du temps dans la dépression serait associé à une altération des performances d'estimation des durées. Les résultats de ces études amènent à penser notamment que la dépression aurait également comme effet d'altérer les estimations temporelles dans le sens d'un raccourcissement temporel subjectif dû à un ralentissement de l'horloge interne (Gil & Droit-Volet, 2009; Rammsayer, 1990; Sévigny, Everett, & Grondin, 2003). Toutefois, les effets de la dépression sur la perception du temps ne semble pas systématique. Certaines études n'ont trouvé de différences de performance que pour les durées longues (Droit-Volet, 2013b; Msetfi, Murphy, & Kornbrot, 2012). Lorsqu'il apparaît, cet effet de raccourcissement temporel subjectif semble relié aux mêmes effets attentionnels que ceux observés chez la plupart des patients dépressifs. De plus, dans une méta-analyse récente, Thönes et Oberfeld (2015) ont relevé que si l'effet de la dépression sur le sentiment de passage du temps est systématique, l'effet de la dépression sur les estimations temporelles ne l'est pas. Cette différence entre le sentiment de passage du temps et la perception des durées suggère que ces deux formes de jugement du temps reposent sur des processus différents. Le premier ferait appel à la conscience du temps qui passe, propre à l'homme et l'autre à des processus basiques de perception du temps commun à l'homme et à l'animal. Aussi, dans la perspective d'étudier les processus décisionnels et la conscience du temps, nous avons décidé d'effectuer des recherches à la fois sur la perception des durées et sur le sentiment de passage du temps. Mais, évoquons maintenant les travaux sur la métacognition.

2. CHAPITRE 2 : La Métacognition

2.1. Définitions et modèles

La question de la conscience interpelle les philosophes et les psychologues depuis longtemps. Descartes (1881) dans son discours sur la méthode expose le « cogito » qui décrit l'intuition de la conscience de soi. La psychologie s'intéresse à la question de la nature de la conscience et, dès le XIX^{ème} siècle a proposé une méthode d'étude, l'introspection. Cette dernière s'appuie sur l'observation par le sujet lui-même de ses propres états mentaux. Cette méthode a été utilisée afin de comprendre le fonctionnement de l'individu au cours de ses activités jusqu'au début du béhaviorisme. Toutefois, deux problèmes, soulignés dès 1842 par Auguste Comte, se posent avec cette méthode. Le premier concerne le manque de fiabilité de la méthode. Le second tient au fait que l'observé est également observateur posant par-là la question de la faisabilité de l'observation elle-même (Comte, 1842 cité par James, 1891). Longtemps écartée de la psychologie expérimentale, la métacognition a proposé plus récemment d'aborder la conscience comme objet d'étude. L'introspection est alors considérée comme une méthode complémentaire d'accès aux mécanismes de l'esprit qui permet d'accéder à des données intéressantes dont il faut rendre compte. Dans les années 1970, Flavell a été le premier à introduire le terme de métacognition et à en proposer un modèle (Flavell & Wellman, 1977; Flavell, 1979). Depuis lors, d'autres modèles (Brown, 1978; Kluwe, 1987) ont été proposés. Cependant nous allons décrire le modèle-clé de Flavell puis celui, plus récent, de Nelson et Narens (1990) qui a servi de support à l'ensemble de ce travail de thèse.

2.1.1. Le modèle métacognitif de Flavell

En 1979, Flavell a décrit la métacognition comme étant les connaissances que nous avons sur nos propres processus cognitifs et l'ensemble des éléments qui y sont reliés et qui

nous permettent de les réguler. Le modèle de Flavell (1979) possède deux niveaux : (1) les connaissances métacognitives et (2) les expériences métacognitives décrites dans la conscience métacognitive.

Les connaissances métacognitives sont des connaissances déclaratives, stockées en mémoire à long terme. Il s'agit des connaissances de l'individu sur le fonctionnement cognitif, son fonctionnement personnel et celui d'autrui. Trois catégories de connaissances métacognitives sont distinguées : celles concernant l'individu, celles qui ont trait à la tâche et celles qui portent sur les stratégies (Flavell & Wellman, 1977). Les connaissances sur « l'individu » font référence à ce que sait l'individu de ses capacités, par exemple, le fait qu'il retient mieux les informations entendues plutôt que lues, et sur les variations qui existent comparativement aux autres. Les connaissances sur la « tâche » concernent les caractéristiques d'une tâche donnée, nécessaire à sa réalisation, par exemple, en terme de difficulté. Enfin, parmi les connaissances sur les « stratégies », Flavell (1979) a fait la distinction entre les stratégies cognitives et métacognitives suivant leur objectif propre : dans le premier cas, l'objectif est d'améliorer, d'augmenter les connaissances et, dans le second cas, de les réguler, de les évaluer. Ainsi, les stratégies cognitives concernent les stratégies efficaces à mettre en œuvre pour réaliser la tâche, pour faire des progrès tandis que les stratégies métacognitives font référence aux connaissances sur les moyens à mettre en œuvre pour gérer, évaluer les connaissances, planifier et choisir les stratégies cognitives (Huet, 1999).

Les expériences métacognitives correspondent, quant à elles, aux expériences tant affectives que cognitives vécues au cours d'une tâche donnée pendant laquelle l'individu va prendre conscience d'avoir, par exemple, compris ou non, ou retenu ou non l'information (Flavell, 1979). Par conséquent, la conscience métacognitive va conduire à l'ajustement des objectifs soit par la modification des buts initiaux, soit par leur abandon et la définition de

nouveaux objectifs. En effet, elle va apporter de nouvelles informations qui vont s'ajouter, vont modifier les informations contenues au niveau des connaissances métacognitives.

2.1.2. Le modèle de Nelson et Narens, 1990

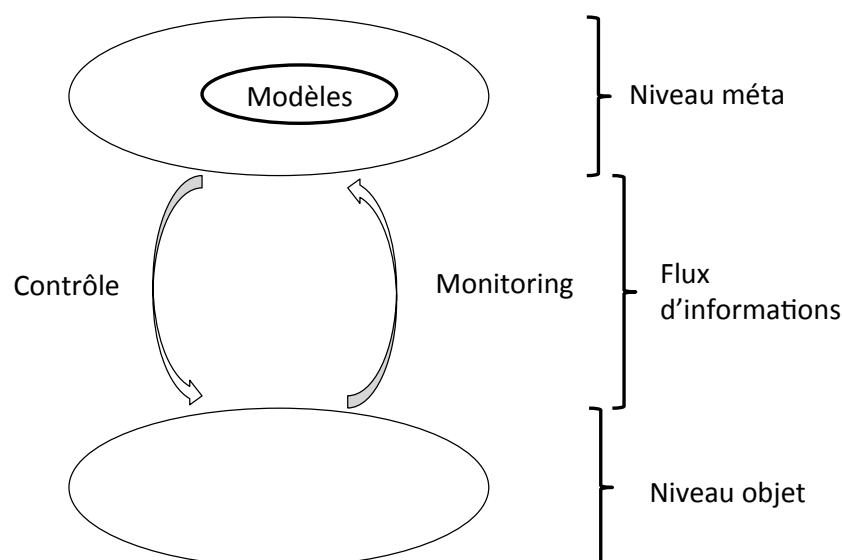


Figure 12. Représentation schématique du modèle de Nelson et Narens (1990) d'après Nelson, 1996.

Après Flavell, Nelson et Narens (1990, 1994) ont proposé un modèle métacognitif dynamique permettant d'étudier les connaissances et les expériences métacognitives. Ce modèle distingue deux niveaux : le niveau « objet » et le niveau « méta » (ou méta-niveau). Le niveau objet correspond au niveau du traitement cognitif alors que le niveau méta contient, quant à lui, un modèle de la situation (Nelson & Narens, 1994). Comme le montre la Figure 12, un flux d'informations va du niveau objet au niveau méta, et inversement. Le « *Monitoring* » informe donc le méta-niveau sur l'état du niveau objet et sur l'atteinte des buts. En retour, le « *Contrôle* » informe le niveau objet sur les actions à effectuer au fur et à mesure de la réalisation de la tâche (Nelson, 1996a). Ces deux composantes associées permettent de déterminer un but à atteindre, de sélectionner en conséquence une ou des stratégies. Elles permettent aussi de superviser le déroulement de ces stratégies, d'évaluer leur efficacité et, si besoin est, de les modifier (Mariné & Huet, 1998). De cette façon, le méta-

niveau est informé « en temps réel » de l'état dans lequel se trouve le niveau objet, ce qui lui permet d'informer ce dernier sur ce qu'il doit faire ensuite (Nelson, 1996a). De plus, le méta-niveau contient des modèles permettant de guider le contrôle qu'il exerce sur le niveau objet afin d'atteindre le but de la manière adéquate. Ce phénomène d'échange continu d'informations permet ainsi une adaptation optimale du comportement. La métacognition peut se définir comme l'ensemble des processus par lesquels un individu perçoit et réfléchit sur ses propres processus cognitifs et mnésiques (Monitoring), et la manière dont il utilise ses connaissances pour réguler ses comportements et traitements de l'information (Contrôle).

2.1.3. Distinction entre métacognition et métamémoire

Comme l'ont résumée Dunlosky et Metcalfe (2009), la métacognition concerne les activités et représentations mentales relatives aux activités et représentations mentales. De plus, ils ont défini le Monitoring comme étant « l'évaluation de l'état actuel d'une activité cognitive » et le Contrôle comme « la régulation de certains aspects d'une activité cognitive » (Dunlosky & Metcalfe, 2009, p. 3). Par conséquent, toute activité cognitive peut faire l'objet, à un moment donné, d'une activité métacognitive.

2.1.3.1. Eléments historiques sur la métacognition

L'essor de la métacognition s'est fait à travers l'étude d'une activité cognitive particulièrement étudiée en psychologie : la mémoire. Celle-ci a alors donné lieu à un champ d'étude particulier : la métamémoire. Aussi, avant même l'introduction du terme « métamémoire » dans la littérature (Flavell, 1971, cité par Flavell & Wellman, 1975), Hart (1965, 1971) s'est intéressé aux connaissances que les individus ont sur leur mémoire. En effet, Hart souhaitait étudier le sentiment particulier qui survient dans les situations où, bien que la mémoire fasse défaut, la réponse semble connue. Il s'agit du « Sentiment de Savoir », en anglais « Feeling of Knowing » (FOK). Dans le cas d'un nom ou d'un mot qui fait défaut, il s'agit du fameux « Mot sur le Bout de la Langue » (MBL, en anglais « tip-of-the-tongue

state » ou TOT). Or, « demander comment le « sentiment de savoir » est récupéré suppose que l'expérience du « sentiment de savoir » est un indicateur précis de ce qui est en mémoire » (Hart, 1965, p. 208). Par conséquent, avant d'être clairement définie, la métamémoire était déjà étudiée. Par exemple, dans son étude de 1965, Hart a proposé à des participants une série de questions auxquelles ils devaient répondre. S'ils ne connaissaient pas la réponse, les participants complétaient alors la partie concernant leur sentiment de savoir en répondant « oui » s'ils pensaient la connaître ou « non » s'ils pensaient ne pas la connaître. Autrement dit, Hart s'intéressait à la connaissance qu'avaient les participants du contenu et du fonctionnement de leur mémoire, sans, dans le cas du sentiment de savoir, avoir accès au souvenir.

Dès 1970, Tulving et Madigan ont considéré que l'une des caractéristiques majeures de la mémoire humaine était « sa connaissance de sa propre connaissance » (Tulving & Madigan, 1970, p. 477). La métamémoire a donc été définie comme les connaissances et la conscience qu'a un individu de sa mémoire et/ou du stockage et de la récupération des informations en mémoire (Flavell & Wellman, 1975). Un individu est, par exemple, engagé dans une activité de métamémoire lorsqu'il sait qu'une chose est plus facile à retenir pour lui que pour quelqu'un d'autre, lorsqu'il lui est plus facile de récupérer des informations dans une tâche de reconnaissance que de rappel ou encore lorsque pour retenir une information il est préférable d'avoir recours à l'imagerie mentale qu'à l'autorépétition.

2.1.3.2. Définitions de la métacognition

Plus généralement, la métacognition peut porter sur des activités cognitives aussi variées que la communication, la compréhension orale ou écrite, la résolution de problème ou encore les processus décisionnels. Dans une revue récente de la littérature, Grimaldi, Lau et Basso (2015) ont décrit la métacognition comme un aspect particulier de la conscience correspondant à la capacité à observer, réguler, planifier et évaluer ses propres processus

cognitifs et perceptifs c'est-à-dire ses connaissances, pensées et performances. L'étude de la métacognition va donc consister à la fois en l'étude de ce que les gens savent des processus cognitifs en général et plus particulièrement de leur propre fonctionnement cognitif, mais également comment ces connaissances leur permettent de réguler leur traitement de l'information et leurs comportements (Koriat, 2007).

2.2. Moyens d'étude de la métacognition

Du fait que la métacognition porte sur les activités cognitives, l'individu a besoin d'indices afin de pouvoir juger s'il a des connaissances sur ses propres connaissances, s'il connaît par exemple l'information qu'il doit traiter ou non ou s'il a réussi ou non son examen (Dunlosky & Nelson, 1992). Afin d'étudier la métacognition, les chercheurs se sont donc intéressés d'une part à ce qui pouvait leur permettre de décrire les connaissances des individus sur leurs propres connaissances principalement à l'aide de questionnaires. D'autre part, les chercheurs se sont posés la question des évaluations et régulations réalisées au cours des activités cognitives principalement. Pour cela, ils ont eu recours aux jugements métacognitifs.

2.2.1. Méthode par questionnaires

La méthode du questionnaire présente l'avantage d'être relativement simple d'utilisation (Boucheron, 1995). Les informations recueillies sont dites indépendantes de la tâche dans la mesure où répondre aux questions posées sur une tâche est effectué en dehors de la réalisation de cette tâche. Les objectifs liés à la méthode des questionnaires sont divers. L'objectif principal consiste à recueillir des informations sur les connaissances qu'ont les individus de leurs activités et performances cognitives afin de les comparer aux performances obtenues aux tâches mesurant ces activités (Mariné & Huet, 1998). Des questionnaires ont aussi été développés dans le but d'explorer de façon spécifique les connaissances et croyances des individus concernant leur propre cognition, mais parfois également la cognition d'autrui. En effet, il peut exister des variations entre les connaissances de l'individu le concernant et les

connaissances concernant quelqu'un d'autre (Bacon, Huet, & Danion, 2011; Boucheron, 1995; Jameson, Nelson, Leonesio, & Narens, 1993; Neault & Baillargeon, 1988; Dixon & Hultsch, 1983). Ce type de questionnaires est constitué d'affirmations ou de questions pour lesquelles l'individu doit se positionner sur une échelle, le plus souvent de type likert en n points allant du plus négatif au moins négatif (ou plus positif). Par exemple, à l'item du MIA (Dixon & Hultsch, 1983; Neault & Baillargeon, 1988) « Je ne suis pas bon (bonne) à me souvenir des détails », une seule réponse parmi les cinq suivantes doit être choisie : « fortement d'accord », « d'accord », « indécis(e) », « en désaccord », « fortement en désaccord ».

Le « Memory Questionnaire » (Perlmutter, 1978) correspond à l'un de ces questionnaires. Celui-ci s'intéresse à la conscience des individus de leur fréquence d'oubli. Dans le « Everyday Memory Questionnaire » (EMQ, Sunderland, Harris, & Baddeley, 1983), les connaissances de l'individu concernant sa mémoire de la vie quotidienne sont évaluées. Enfin, dans le Questionnaire d'Auto-évaluation de la Mémoire (QAM, Van der Linden, Wyns, Coyette, Von Frenckell, & Seron, 1989), la manière dont l'individu analyse les erreurs et échecs de sa mémoire du quotidien est examinée. Dixon et Hultsch (Dixon & Hultsch, 1983) ont également mis au point un questionnaire, le Metamemory in Adulthood (MIA) dont les dimensions reflètent les connaissances et croyances des individus sur le fonctionnement de la mémoire. Ces dimensions rejoignent et complètent les variables déjà évoquées par Flavell en 1979. La version la plus utilisée du MIA (Dixon, Hultsch, & Hertzog, 1988; pour la version française, Boucheron, 1995) comportent 108 questions qui se répartissent sur sept dimensions : (1) Capacité (croyances sur ses propres capacités mnésiques), (2) Tâche (connaissances sur les processus mnésiques basiques), (3) Stratégie (connaissances et utilisation des stratégies), (4) Changement (perception du changement dans sa capacité à se souvenir), (5) Anxiété (perception des liens entre anxiété et performance mnésique), (6)

Motivation (motivation à bien réussir dans les tâches mnésiques) et (7) Maîtrise (sentiment d'avoir le contrôle de ses compétences mnésiques). L'intérêt de ce questionnaire tient au fait qu'il s'intéresse non seulement aux croyances de l'individu concernant ses propres capacités mnésiques, mais également à celles concernant les capacités mnésiques d'autrui (Bacon, Huet, & Danion, 2011; Boucheron, 1995; Dixon et al., 1988).

2.2.2. Méthode par jugements métacognitifs

Parmi les méthodes utilisées pour étudier la métacognition, on trouve également celle recourant aux jugements métacognitifs. Prenons un exemple afin de comprendre ce qu'ils représentent. Considérons la question suivante tirée de l'expérience de Hart (1965, 1966, 1967, 1971) : « Connaissez-vous la capitale de l'Australie ? ». La réponse exige une évaluation des connaissances concernant l'Australie afin de déterminer si oui ou non le nom de la capitale de l'Australie est connu. Cependant la réponse attendue n'est en aucun cas le nom de la capitale. On s'intéresse en effet au jugement relatif à la connaissance de la réponse à cette question. Il s'agit donc d'un jugement métacognitif puisqu'il implique l'évaluation des connaissances, une forme d'examen des données stockées en mémoire à long terme. Les différents jugements métacognitifs sont dépendants de la tâche, parce qu'ils ne peuvent être produits qu'en situation de réalisation d'une tâche donnée. L'intérêt de ces jugements métacognitifs vient du fait qu'une comparaison entre la performance et le jugement métacognitif peut être effectuée.

2.2.2.1. Les jugements métacognitifs

Poursuivons avec la question « Quelle est la capitale de l'Australie ? », qui concerne, cette fois-ci, la production du nom de la ville. Trois types de réponse sont alors possibles : (1) la réponse correcte (Canberra), (2) une réponse incorrecte et (3) une absence de réponse. Dans ce dernier cas, bien qu'aucune réponse n'ait été produite, un sentiment de connaître la réponse peut exister. Ce sentiment de savoir constitue un indice de l'activité cognitive et des

connaissances sur cette activité. Autrement dit, il peut être considéré comme faisant partie des connaissances métacognitives. Il devient alors possible d'évaluer son exactitude en proposant de répondre, par exemple, à un questionnaire à choix multiples au sein duquel se trouverait la bonne réponse. L'écart entre l'estimation des connaissances, évaluée par le biais d'un jugement métacognitif, et la réponse du sujet en tant que telle, nous donne alors une indication de la précision du jugement. Par ailleurs, quelle que soit la réponse produite (correcte ou incorrecte), la confiance, la certitude en ladite réponse peut aussi être mesurée. Le degré de certitude dans la réponse, associé à l'exactitude des réponses produites, nous donne également une indication sur l'activité cognitive et les connaissances. Ceci conduit à se poser la question de l'évaluation de la précision des jugements métacognitifs.

Il existe de nombreux types de jugements métacognitifs qui peuvent être catégorisés en (1) « sentiments métacognitifs » et (2) « évaluations métacognitives » (Efklides, 2006). La première catégorie comporte, par exemple, sentiment de difficulté (Efklides, Papadaki, Papantoniou, & Kiosseoglou, 1997), sentiment de savoir (Hart, 1965) ou encore sentiment de familiarité (Nelson, Kruglanski, & Jost, 1998). La seconde correspond à l'évaluation de l'effort (Efklides & Petkaki, 2005), au jugement d'apprentissage (Dunlosky & Nelson, 1992) et à l'évaluation de la facilité d'apprentissage (Nelson & Narens, 1994). Bien qu'Efklides ait proposé cette classification, elle est rarement utilisée en tant que telle. En revanche, les jugements métacognitifs ont été utilisés dans de nombreuses situations différentes. Parmi les jugements les plus utilisés on trouve notamment le jugement d'apprentissage (JA ou « Judgment of Learning » JOL), le sentiment de savoir (« Feeling of Knowing » ou FOK) et le jugement de certitude ou sentiment de confiance (« Confidence Level estimates » ou CL).

2.2.2.1.1. Le jugement d'apprentissage (JA ou JOL)

Le jugement d'apprentissage est un jugement de la probabilité de se rappeler les items récemment étudiés. Ce jugement peut être réalisé immédiatement après l'étude. Dans ce cas, on parle de jugement d'apprentissage immédiat (ou « *immediate* JOL »). En revanche, si le jugement d'apprentissage est produit à l'issue d'un délai entre l'étude et le jugement, on parle alors de jugement d'apprentissage différé (ou « *delayed* JOL »). Le jugement d'apprentissage donne une indication sur l'état de l'apprentissage à la fin de l'étude. Il va permettre au méta-niveau d'apporter des informations nécessaires au niveau objet afin de poursuivre, arrêter ou reprendre certains items de l'étude via le Contrôle exercé. Ce jugement d'apprentissage représente donc un moyen efficace de comprendre le fonctionnement de la mémoire et de la métamémoire. De plus, il peut aussi être utilisé par l'individu en situation d'apprentissage afin de le réguler de manière, par exemple, à mieux apprendre l'information pour préparer un examen.

2.2.2.1.2. Le sentiment de savoir (FOK)

Le jugement du sentiment de savoir ou « Feeling of Knowing » (FOK) est un jugement de la capacité à choisir la réponse lors d'un test ultérieur pour les items pour lesquels l'individu a produit une erreur d'omission ou de substitution (Dunlosky & Metcalfe, 2009). Il y a donc un test « critère » qui permettra de comparer le sentiment de savoir à la performance à ce test. Il peut s'agir d'un test de reconnaissance où la réponse correcte doit être identifiée parmi des distracteurs, ou d'un test de rappel indicé où un indice (sémantique, par exemple) est donné afin de faciliter la récupération de la réponse en mémoire.

Plusieurs moyens de mesurer ce sentiment de savoir ont été utilisés au fil du temps. Cela peut être une question de type binaire telle que celle que Hart (1965) a proposé. Dans ce type de question, les participants doivent dire, pour chacun des items échoués, si oui ou non ils ont le sentiment de connaître la réponse ou s'ils seraient capables de la reconnaître si elle

leur était donnée (Morson, Moulin, & Souchay, 2015; Souchay, Moulin, Clarys, Taconnat, & Isingrini, 2007). Dès sa deuxième étude, Hart (1965) a mesuré le sentiment de savoir en remplaçant la question de type binaire par une question en six points, de 1 « très fort sentiment de ne pas savoir » à 6 « très fort sentiment de savoir », permettant aux participants d'estimer plus précisément leur sentiment de savoir la réponse.

Plus récemment, Nelson et Narens (1980) ont proposé une autre méthode où les participants devaient juger, pour les items pour lesquels ils ont produit une réponse incorrecte, la probabilité avec laquelle ils seraient capables de reconnaître la réponse correcte sur une échelle de 0 à 9, 0 indiquant l'absolue certitude de ne pas la connaître et 9 celle de pouvoir la reconnaître. Il s'agit de ce qu'ils ont appelé le sentiment de savoir normatif (Nelson, Leonesio, Landwehr, & Narens, 1986). Par la suite, ce type d'échelle a été modifié de telle sorte qu'elle tienne compte d'une réponse correcte donnée au hasard. Par exemple, si, dans le test de reconnaissance, la réponse correcte est proposée parmi trois items alors l'échelle va de 33%, représentant la réponse au hasard, à 100%, correspondant à la certitude absolue de reconnaître la réponse.

Nelson et ses collaborateurs (Nelson et al., 1986) ont également proposé une mesure relative du sentiment de savoir. Il s'agit pour les participants de comparer deux à deux les items et de choisir celui pour lequel ils ont le sentiment de savoir le plus élevé. Ce jugement permet d'ordonner les items suivant un sentiment de savoir relatif à chaque item.

2.2.2.1.3. Le jugement de certitude ou de confiance (CL)

Le jugement métacognitif qui va nous intéresser plus particulièrement dans ce travail de thèse est le jugement de certitude ou de confiance ou « Confidence Level estimates » (CL). Il s'agit d'un jugement du niveau de confiance en la réponse produite. Ce jugement est donc rétrospectif puisqu'il est produit après que la réponse ait été donnée (Dunlosky & Metcalfe, 2009). Contrairement au sentiment de savoir, il s'agit d'un jugement produit pour toutes les

tentatives de réponses que celles-ci soient correctes ou incorrectes (Costermans, Lories, & Ansay, 1992). Il s'agit d'une évaluation du degré de confiance qu'accorde l'individu à sa réponse. En 1974, sans utiliser le terme de jugement de confiance, Le Ny et Denhière ont soumis leurs participants, après chacune de leur réponse, à une « estimation globale de [leur] réussite » (Le Ny & Denhière, 1974, p. 30). Les participants se sont avérés « capables d'une certaine connaissance de l'exactitude de [leur] réponse, à partir de l'information apportée par la question elle-même. » (Le Ny & Denhière, 1974, p. 32). Les auteurs ont alors suggéré que la certitude accordée par les individus à leur réponse reflétait la connaissance qu'ils avaient de leur réussite, donc de leurs connaissances métacognitives.

Selon Costermans et al. (1992) du fait qu'une tentative de réponse existe, l'individu va utiliser la force du lien entre la question et cette tentative de réponse afin d'estimer à quel point la réponse produite est correcte. Aussi, le jugement de confiance pourrait être considéré comme « un jugement de l'adéquation entre une question et une réponse » (Costermans et al., 1992, p. 146). Celui-ci serait basé sur la force de la trace mnésique et/ou sur la solidité de l'association question-réponse et pas seulement sur des processus inférentiels. Koriat et ses collègues (Koriat, Lichtenstein, & Fischhoff, 1980) ont également considéré le jugement de certitude comme une estimation de la précision de la réponse donnée c'est-à-dire comme une estimation de la probabilité que la réponse donnée soit effectivement la bonne réponse.

2.2.2.2. Mesure de la précision des jugements métacognitifs

En outre, il est possible d'évaluer la précision des jugements métacognitifs en comparant l'exactitude de la réponse fournie pour un test donné avec le jugement métacognitif correspondant. La précision du jugement métacognitif est alors mesurée par l'adéquation entre la valeur du jugement et la validité de la réponse produite. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour calculer la précision des jugements métacognitifs : la précision absolue et la précision relative (Nelson, 1996b).

2.2.2.2.1. La précision absolue du jugement métacognitif

La précision absolue, aussi appelée calibration, correspond à la comparaison entre la moyenne des jugements de certitude et la moyenne des performances réelles (Dunlosky & Metcalfe, 2009). Il s'agit donc du degré auquel niveau des jugements de certitude et niveau de performance réelle correspondent. Ceci permet d'évaluer la précision des réponses en comparant la moyenne de la performance et le jugement de certitude pour chaque réponse ayant obtenu la même probabilité au jugement de certitude (Nelson, 1996a). Cette comparaison permet d'obtenir une courbe de calibration qui représente la proportion de réponses correctes pour chaque point de l'échelle des jugements métacognitifs (Dunlosky & Nelson, 1992). Une calibration parfaite est donc représentée par une courbe d'équation $y = x$ où pour chaque valeur de jugement, la performance est égale à la prédiction. Ainsi, un individu aura une moyenne de 10% de réponses correctes sur l'ensemble des items dont le jugement de confiance est 10%. Sa performance moyenne sera de 20% pour l'ensemble des items dont le jugement de confiance est 20% et ceci jusqu'à 100% de réponses correctes pour l'ensemble des items dont le jugement de confiance est 100%. La figure 13 rapporte deux courbes de calibration obtenues dans une étude de Dunlosky et Nelson (1992) comparées à la diagonale de calibration « parfaite ». Comme le montre la figure 13, il existe un écart entre les prédictions des individus et leur performance réelle.

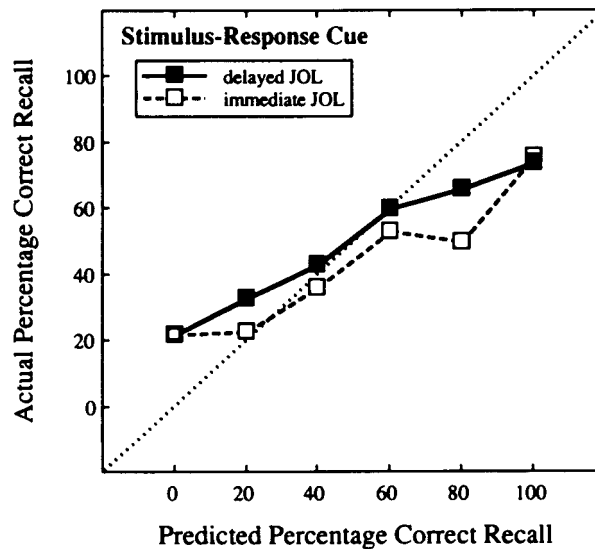


Figure 13. Pourcentage moyen de rappel correct pour chaque niveau de rappel prédit pour les jugements d'apprentissage immédiat (immediate JOL) et différé (delayed JOL). La diagonale en pointillés représente la calibration parfaite. D'après Dunlosky & Nelson, 1992.

Toutefois, comme le suggèrent Koriat (Koriat & Bjork, 2005, 2006; Koriat, 1997) et d'autres chercheurs (Tauber & Rhodes, 2010; Thuaire, 2013; Zimmerman & Kelley, 2010), la précision des jugements de confiance peut aussi être étudiée en comparant statistiquement la proportion de réponses correctes et la moyenne des jugements de confiance. Il est alors nécessaire d'introduire une nouvelle variable dans l'analyse de variance (ANOVA). Il s'agit d'une variable « mesure » à deux niveaux (proportion de réponses correcte et moyenne des jugements) qui indique si les jugements sont précis, sur ou sous-estimés, par rapport à la performance réelle. Par exemple, dans le cas des jugements de confiance, les études ont mis en évidence un biais de surestimation de la confiance (Fischhoff & MacGregor, 1982; Koriat et al., 1980; Lichtenstein & Fischhoff, 1980). Néanmoins, ce biais n'apparaît pas pour les items les plus faciles pour lesquels est observé, à l'inverse, un manque de confiance.

La précision absolue nous donne une indication globale de la précision des jugements par rapport au nombre total de réponses correctes en terme de magnitude du jugement. Cependant, elle ne permet pas de comparer le jugement de confiance à la réponse donnée pour

chaque item. Cette calibration ne nous permet donc pas de repérer les individus qui auraient une moyenne de confiance de 50% et une proportion de réponses correctes de 50%. En effet, ce type de calibration peut se retrouver à la fois chez un individu qui émet des jugements de confiance élevés pour les réponses correctes et des jugements de confiance faibles pour les items incorrectes et chez un individu qui aurait le patron inverse, c'est-à-dire de faibles jugements de confiance pour les réponses correctes et des jugements de confiance élevés pour les réponses incorrectes. Ainsi, le calcul de la précision relative permet d'apporter des informations complémentaires permettant d'identifier la concordance entre l'estimation et la performance.

2.2.2.2.2. La précision relative ou résolution

La précision relative, aussi appelée résolution, fait référence à « l'aspect relatif du jugement » (Mazzoni & Nelson, 1995, p. 1265). La précision relative des jugements métacognitifs correspond au fait qu'un individu est capable de prédire la probabilité de la justesse de sa réponse à un item comparativement à un autre item (Nelson, 1996a). Autrement dit, la probabilité de réponse correcte est effectivement plus élevée pour les items dont le jugement métacognitif est plus élevé. Cette probabilité permet donc d'évaluer la capacité de l'individu à discriminer réponses correctes et incorrectes par la comparaison de ses réponses et des jugements de confiance correspondants (Bacon & Izaute, 2009).

Selon Nelson (1984), qui a comparé huit mesures différentes de la précision relative, le coefficient de corrélation gamma de Goodman-Kruskal (Goodman & Kruskal, 1954) représente la meilleure méthode de calcul de la précision du jugement métacognitif. La valeur du gamma de Goodman-Kruskal est comprise entre -1 et +1. Une valeur de -1 signifie une discordance totale entre le jugement de confiance et la réponse produite. Une valeur de gamma de +1 indique une concordance parfaite entre le jugement de confiance et la réponse produite. Par conséquent, une valeur de gamma de 0 traduit le fait que l'individu est incapable

de juger correctement la justesse de ses réponses. On dit qu'il y a concordance entre les jugements et la performance lorsque l'individu produit un jugement métacognitif plus élevé pour une réponse correcte que pour une réponse erronée. Suivant le même principe, on parle de discordance lorsque le jugement métacognitif est plus élevé pour une réponse incorrecte que pour une réponse correcte. Le gamma est donc obtenu, pour chaque individu, en comparant les concordances et les discordances de la manière suivante :

$$G = \frac{(\Sigma \text{ concordances} - \Sigma \text{ discordances})}{(\Sigma \text{ concordances} + \Sigma \text{ discordances})}$$

En somme, la précision relative – résolution – et la précision absolue – calibration – nous apportent des informations complémentaires. La première va nous permettre de distinguer les individus capables de juger avec précision leur performance pour chaque item. La seconde, quant à elle, va nous permettre de distinguer les individus capables de juger avec exactitude leur performance ou s'ils ont tendance à la sur ou sous-estimer. Notons que les individus peuvent avoir une bonne précision absolue tout en ayant une mauvaise précision relative. Dans ce genre de situations, la moyenne des jugements (calibration) est proche de la moyenne de la performance, mais les jugements de certitude pour chaque item (résolution) ne sont pas précis. C'est pourquoi, la précision relative permet de compléter les informations apportées par la précision absolue. Dans notre travail de thèse, nous avons donc essayé de mesurer la précision des jugements métacognitifs portant sur la perception des durées, ce qui n'avait jamais été réalisé jusqu'à présent.

3. CHAPITRE 3 : La métacognition des jugements temporels

Peu d'études se sont intéressées à la fois à la métacognition et à la perception du temps. Nous avons déjà évoqué les études qui ont interrogé des patients sur leur conscience du temps qui passe plus ou moins vite (Droit-Volet, 2013b). Néanmoins, à partir des années 2000, quelques études ont examiné l'influence des connaissances et le rôle des processus décisionnels sur le jugement du temps. Aussi nous allons présenter ces recherches avant de décrire notre propre problématique qui nous a permis de publier trois articles et d'en soumettre un dans des revues internationales. Ces quatre études sont constituées d'un total de sept expériences réalisées auprès de plus de 1000 participants.

3.1. Les données existantes

3.1.1. Les connaissances sur la perception du temps

Comme nous l'avons évoqué, la métacognition s'intéresse aux connaissances et croyances que nous avons sur nos propres fonctionnements cognitifs et à leur influence sur nos performances. Dans le domaine de la perception du temps, la seule étude qui se soit intéressée aux croyances sur l'estimation du temps est celle de Sackett et ses collaborateurs (Sackett, Meyvis, Nelson, Converse, & Sackett, 2010). Dans cette série de sept expériences, ils ont cherché à étudier si des croyances naïves pouvaient affecter la manière dont le temps était perçu et/ou la manière dont des durées surprenantes étaient interprétées et expliquées.

Par exemple, dans leurs deux premières expériences, tous les participants devaient souligner les lettres doublées au sein des mots présentés (ex. : anagramme). Les participants étaient dans une condition soit de « temps qui file » soit de « temps qui stagne ». Dans la condition de « temps qui file », les participants étaient informés que la tâche durait 10 ou 20 min, mais ils étaient interrompus après 5 min ou 10 min. Au contraire, dans la condition de « temps qui stagne », les participants étaient informés que la tâche durait 10 min ou 5 min et

étaient interrompus après 20 min ou 10 min. L'hypothèse des auteurs était que les participants évalueraient la tâche comme plus agréable dans les conditions de « temps qui file » que dans celles de « temps qui stagne ». Les résultats ont confirmé cette hypothèse. Les participants jugeaient comme plus positive la tâche lorsque « le temps file » que lorsqu'il « stagne ». Autrement dit, la durée de la tâche modifie son appréciation.

Pour aller plus loin, les auteurs se sont aussi demandés si l'interprétation que les individus faisaient d'une durée « surprenante » pouvait être due au fait qu'ils s'appuyaient sur des croyances naïves pour les interpréter. Sont appelées croyances ou théories naïves, les interprétations, les explications, sans fondements scientifiques, que les individus vont donner aux événements qu'ils observent autour d'eux (Wegener & Petty, 1998). En outre, ces théories naïves, souvent erronées, peuvent être non seulement partagées mais également transmises par des tiers (Cataloglu & Ates, 2014). Elles ont pour fonction de permettre aux individus de faire des prédictions afin d'anticiper des événements à venir (Anderson & Lindsay, 1998). Sackett et ses collaborateurs (2010) ont formulé l'hypothèse que la force avec laquelle les participants adhéraient à la théorie naïve selon laquelle le temps passe plus vite lorsque l'on s'amuse affecterait directement la manière dont la perception qu'ils auraient de la tâche réalisée pendant une durée inattendue. Pour ce faire, ils ont mesuré (étude 4a) et manipulé (étude 4b) l'adhésion des participants à cette théorie naïve. Puis, les participants étaient invités à participer à une tâche de résolution d'anagrammes. Les participants étaient informés que la tâche durait 5 versus 10 min et tous étaient interrompus après 7min30. Le caractère agréable de la tâche était mesuré après l'interruption. Dans l'étude où les croyances étaient mesurées, les participants devaient ensuite donner leur degré d'accord à la proposition « le temps file quand vous vous amusez » sur une échelle de type Likert en 7 points. Afin de manipuler la théorie naïve, avant la réalisation de la tâche, les chercheurs demandaient aux participants de lire un texte scientifique apportant des éléments en faveur, à l'encontre ou sans

rapport avec cette théorie. Après la tâche, ils devaient évaluer à quel point l'article était convaincant. Les résultats de ces deux études ont confirmé ceux des études précédemment décrites. Les participants ont jugé la tâche comme plus agréable dans les conditions de « temps qui file » que dans celles de « temps qui stagne ». De plus, la tâche était jugée d'autant plus agréable que les individus adhéraient à la croyance selon laquelle le temps file quand on s'amuse. Lorsque cette croyance était manipulée, le résultat a été retrouvé. En effet, dans la condition de « temps qui file », les participants qui ont lu le texte confirmant cette théorie ont trouvé la tâche plus agréable que ceux qui ont lu le texte la réfutant. Au regard de ces expériences, il apparaît que le fait d'adhérer à certaines croyances ou le fait d'avoir accès à des informations concernant la manière dont le temps passe, amène les individus à changer leur rapport à la tâche, à la voir plus ou moins agréable. Aussi, comme nous le verrons dans la description détaillée de la problématique de notre thèse, nous avons réalisé plusieurs expériences afin, d'une part, d'évaluer les connaissances des individus vis à vis du passage du temps et de ses fluctuations selon les contextes et, d'autre part, d'examiner l'impact des connaissances sur le jugement du temps en tant que tel.

3.1.2. Les expériences portant sur la métacognition du jugement du temps

Comme nous l'avons vu précédemment, la métacognition s'intéresse non seulement aux connaissances concernant le fonctionnement des activités cognitives mais aussi à la régulation de ces activités cognitives. Cette régulation s'effectue au cours des tâches réalisées, par l'intermédiaire des processus de Monitoring et de Contrôle, et ce, afin d'atteindre le but visé (Nelson & Narens, 1990). Quelques auteurs se sont donc intéressés aux processus décisionnels qui sont impliqués dans le jugement du temps afin d'étudier s'il était possible de faire varier les critères de décisions et quel était l'impact de ces variations sur la perception du temps en soi.

3.1.2.1. Impact des renforcements par points sur le critère de décision (Wearden & Grindrod, 2003)

Une première manière de manipuler les processus décisionnels est l'utilisation de renforcements afin d'encourager ou décourager certains comportements. Wearden et Grindrod (2003) ont ainsi essayé de faire varier le critère de décision dans une tâche de généralisation temporelle dans laquelle les participants devaient décider si les durées de comparaison étaient identiques (réponse « OUI ») à la durée standard (pour une explication plus détaillée de la tâche, se référer au chapitre 1). Concrètement, dans une première étude, ils ont testé trois conditions de feedbacks. Dans la condition neutre (1), chaque réponse correcte (détections et rejets corrects) rapportait 1 point. Dans la deuxième condition, « encouragement » (2), la répartition des points favorisait les réponses « OUI », chaque détection correcte rapportant plus de points que les rejets corrects. Enfin, dans la troisième condition, « découragement » (3), les rejets corrects (réponse « NON ») étaient favorisés en rapportant plus de points que les détections correctes. Dans les trois conditions, chaque réponse erronée coûtait 1 point. Dans une seconde expérience, les auteurs ont augmenté la difficulté de discrimination des durées de comparaison. Ils ont également modifié le taux de renforcement par réponse en n'ayant recours qu'aux conditions « encouragement » et « découragement ». Dans la condition « encouragement », détections et rejets corrects ne rapportaient donc qu'un seul point tandis que fausses alarmes et omissions ne coûtaient qu'un point. De plus, dans la condition « découragement », chaque rejet correct rapportait 5 points, mais chaque fausse alarme coûtait 5 points également, les détections correctes ne rapportant qu'un point et les omissions n'en coûtant qu'un. Les résultats de ces deux études ont mis en évidence un effet de la condition « encouragement » avec un accroissement significatif des réponses « OUI », d'autant plus marqué que les durées à discriminer étaient proches les unes des autres. L'effet inverse a été observé dans la condition « découragement », avec une réduction du nombre de réponses

« OUI ». Cette étude a mis en évidence que le jugement temporel changeait selon le critère de décision. Ceci démontre donc le rôle effectif des processus décisionnels dans les jugement du temps. Ceci a également été montré dans les études de Droit-Volet et Izaute (2005, 2009) dans lesquelles des feedbacks correctifs ont été utilisés.

3.1.2.2. Impact des feedbacks correctifs sur la variation du critère de décision (Droit-Volet & Izaute, 2005, 2009)

Droit-Volet et Izaute (2005) ont, de leur côté, étudié de façon systématique l'effet des feedbacks correctifs chez des adultes et des enfants âgés de 5 et 8 ans. En effet, des études préliminaires avaient montré que les feedbacks correctifs amélioraient la précision et réduisaient la variabilité des estimations temporelles chez l'adulte (Brown, Newcomb, & Kahrl, 1995; Franssen & Vandierendonck, 2002; Hicks & Miller, 1976; Macar & Vitton, 1989; Montare, 1985, 1988). Par ailleurs, les recherches en métacognition ont également montré que les feedbacks influencent le niveau de confiance des individus dans leurs réponses (Koriat, 1993) et le critère de décision (Koriat & Goldsmith, 1996) dans le sens, en présence de feedbacks, d'une augmentation de la sur-confiance et d'une plus grande conservation. Les individus ayant reçu des feedbacks produisent donc moins de réponses, que celles-ci soient correctes ou incorrectes et, parallèlement, ils ont plus confiance dans les réponses produites. Les auteures ont alors formulé l'hypothèse qu'en présence de feedbacks correctifs, c'est-à-dire indiquant si la réponse est correcte ou incorrecte, les enfants les plus jeunes devraient voir augmenter leur confiance donc devenir moins conservateurs dans leur réponse. Autrement dit, le nombre de fausses alarmes (identification erronée d'une durée différente comme identique au standard) produites par les enfants les plus jeunes devrait augmenter. Des enfants (5 ans et 8 ans) et des adultes ont donc été soumis à une tâche de généralisation temporelle suivant deux conditions de feedbacks, l'une avec et l'autre sans. Dans la condition avec feedbacks, chaque réponse était suivie d'un feedback indiquant si elle était correcte

(clown souriant) ou incorrecte (clown grimaçant). Il est alors apparu que l'effet du feedback différait selon l'âge des participants. En l'absence de feedback, les enfants les plus jeunes, âgés de 5 ans, produisaient des réponses plus conservatrices que les enfants les plus âgés et les adultes. Le feedback correctif a eu pour effet de rendre les enfants les plus jeunes moins conservateurs dans leur réponse et d'obtenir, ainsi, un gradient de généralisation plus similaire à celui des adultes. Cependant, le feedback correctif n'a pas d'effet sur la performance des adultes à la tâche de généralisation.

Dans une seconde série d'expériences, Droit-Volet et Izaute (2009) se sont intéressées à la tâche de bissection afin de voir si l'effet du feedback était le même que dans la tâche de généralisation. De plus, elles ont cherché à savoir si le fait d'être forcé à répondre pour les durées intermédiaires qui ne sont ni longues ni courtes pouvait moduler l'effet du feedback. Des enfants âgés de 5 ans et 8 ans et des adultes ont donc accompli une tâche de bissection temporelle avec ou sans feedback. La moitié d'entre eux avaient, en plus, la possibilité de répondre « je ne sais pas ». Les résultats ont mis en avant le fait que les feedbacks correctifs ont conduit à un décalage vers la droite du point d'égalité subjective dans tous les groupes d'âge. Ce décalage vers la droite est caractéristique d'une modification du critère de décision dans le sens où les participants sont devenus plus conservateurs dans leurs réponses, ils ont moins tendance à répondre « long » pour les durées ambiguës. En outre, la possibilité de ne pas répondre a aussi réduit, chez les adultes, le biais en faveur des réponses « Long ».

En somme, les études de Wearden et Grindrod et celles de Droit-Volet et Izaute ont mis en évidence que le critère de décision des individus peut varier dans des tâches temporelles. Toutefois, aucune de ces études n'a évalué les jugements métacognitifs que nous avons décrits dans le chapitre 2 sur la métacognition. Or, si Droit-Volet et Izaute ont suggéré que la modification du critère de décision en présence de feedbacks correctifs était due à une augmentation de la confiance des participants dans leur réponse cette confiance n'a jamais été

mesurée. Qui plus est, aucune étude n'a été réalisée sur la perception du temps et la métacognition en intégrant la perception du temps dans un modèle métacognitif.

3.2. Problématique et présentation des expériences réalisées

Nous avons vu que la métacognition peut être définie à la fois comme les connaissances que nous avons de nos propres processus cognitifs et les mécanismes d'évaluation et de régulation que nous mettons en jeu lors de la réalisation d'une tâche. Si nous appliquons cette définition au cas particulier de la perception du temps, la métacognition de la perception du temps correspondrait donc à la fois aux connaissances que nous avons sur notre perception du temps et les facteurs susceptibles de la modifier et, les mécanismes nous permettant d'évaluer et de réguler notre perception temporelle.

3.2.1. Mise en évidence des connaissances et croyances sur la perception du temps : le questionnaire métacognitif sur le temps (MQT) (Etude 1) : Lamotte, M., Chakroun, N., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2014). Metacognitive Questionnaire on Time: Feeling of the passage of Time. *Timing and Time Perception*, 2, 339-359.

Bien que Sackett et al. (2010) se soient intéressés à la croyance naïve selon laquelle le temps file quand on s'amuse et à son impact sur le caractère plus ou moins agréable d'une tâche, jusqu'à présent, aucune recherche n'a examiné les différences de croyances ou de connaissances des individus concernant les facteurs affectant la perception du temps. Notre première étude avait donc pour objectif d'étudier les différents facteurs pour lesquels les individus sont conscients qu'ils affectent leur perception du temps, en l'accélérant ou le ralentissant. Ceci nous a conduit à créer un outil de mesure de la métacognition du jugement du passage du temps. Dans cette perspective, nous avons d'abord constitué une liste de 120 questions, reprenant les différents facteurs qui sont susceptibles d'affecter la perception du temps (température, émotions, attention, etc.) au quotidien. Comme nous l'avons évoqué, les

connaissances des individus sont susceptibles de différer selon qu'ils jugent leurs propres activités cognitives ou celles d'autrui. Par conséquent, les questions étaient formulées afin d'explorer les connaissances concernant leur propre perception du temps et celle des autres. Suite à un pré-test de recueil de commentaires et remarques sur la formulation des questions, certaines questions ont été supprimées. Aussi, dans la première expérience, 532 participants ont répondu au questionnaire constitué de 106 items. Ceci nous a permis de sélectionner les 24 items les plus pertinents et les plus discriminants qui se divisent donc en deux échelles comportant chacune 12 items. L'échelle « Soi » porte sur les connaissances de l'individu concernant sa propre perception du temps. L'échelle « Autrui » comporte, quant à elle, les 12 items correspondants aux connaissances de l'individu sur la perception du temps des autres. En outre, l'analyse factorielle réalisée sur les 24 items finaux a mis en avant l'existence, pour chaque échelle, de deux facteurs, un facteur « Attention » constitué de 8 items et un facteur « Emotion » (4 items).

Afin de confirmer la structure factorielle du questionnaire métacognitif du temps (MQT), nous avons mené une deuxième expérience sur un échantillon différent de 212 participants. Nous avons également pour objectif d'examiner les différences interindividuelles de connaissances sur les distorsions temporelles en comparant des experts du timing moteur, des sportifs, et des non-experts, les étudiants de psychologie. Cette deuxième expérience a confirmé la structure en deux facteurs du questionnaire, « Emotion » et « Attention ». En revanche, contrairement à l'échelle « Soi », il est apparu que l'échelle « Autrui » était peu fiable dans cet échantillon. Enfin, contrairement à nos prédictions, les experts en timing moteur n'étaient pas plus conscients des distorsions temporelles que les non-experts. En revanche, l'échelle « Soi » du questionnaire a mis en lumière le fait que les femmes semblaient plus conscientes que les hommes des distorsions temporelles.

La troisième étape de la validation de notre questionnaire a impliqué l'examen de sa validité conceptuelle. Pour ce faire, un nouvel échantillon de 97 participants a répondu à notre questionnaire et à quatre autres questionnaires. Nous avons ainsi testé les validités convergente et discriminante de notre questionnaire. Celles-ci se définissent comme le fait que notre questionnaire mesure bien ce qu'il est censé mesurer et ne mesure pas des concepts qu'il n'est pas censé explorer. Pour nous assurer de la validité convergente de notre questionnaire, nous avons donc vérifié si les réponses à notre questionnaire étaient corrélées avec les réponses à deux questionnaires mesurant des concepts proches, l'orientation vers le passé, présent et futur avec le Zimbardo Time Perspective Inventory (ZPTI, Zimbardo & Boyd, 1999) et l'empathie avec le questionnaire Interpersonal Reactivity Index (IRI, Davis, 1980). Afin de tester la validité discriminante, nous avons également vérifié l'absence de corrélation de notre questionnaire avec des questionnaires mesurant des concepts éloignés tels que l'anxiété (STAI, Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg, & Jacobs, 1983) et la dépression (CESD, Radloff, 1977). Les résultats ont démontré que le score aux deux échelles de notre questionnaire était corrélé significativement avec les scores au ZPTI, plus particulièrement l'orientation vers le futur, et au IRI. En somme, plus un individu est conscient des distorsions temporelles, plus il est orienté vers le futur. Et, plus un individu est empathique, plus il est conscient des distorsions temporelles perçues par les autres. À l'inverse, aucune corrélation significative n'est apparue entre le score à notre questionnaire et les scores aux échelles d'anxiété et de dépression. Autrement dit, la conscience des distorsions temporelles est différente du ralentissement subjectif du temps observé chez les personnes souffrant de dépression et d'anxiété.

Cette série d'expériences a mis en lumière que les individus ont des connaissances sur les facteurs qui provoquent des distorsions temporelles. Nous nous sommes donc demandées

si ces connaissances permettaient à l'individu de réguler ces jugements temporels lorsqu'il réalisait une tâche temporelle.

3.2.2. Les connaissances métacognitives permettent-elles de réguler nos perceptions temporelles ?

Dans un second temps, nous avons voulu étudier si le fait d'avoir conscience des facteurs altérant la perception du temps permet une meilleure régulation du jugement temporel c'est-à-dire amène à de meilleures performances dans des tâches classiques d'estimations temporelles. Autrement dit, nous nous sommes demandées si un Contrôle métacognitif pouvait s'exercer dans des tâches temporelles afin de réguler la performance. Ceci a été examiné pour les deux facteurs « Attention » (Etude 1) et « Emotion » (Etude 2) du questionnaire.

3.2.2.1. Relation entre connaissances sur la perception du temps et performance temporelle (Etude 2) : une étude corrélacionnelle. **Lamotte, M., Izaute, M. & Droit-Volet, S. (2012). Awareness of time distortions and its relation with time judgments: A metacognitive approach. *Consciousness and Cognition*, 21, 835-842.**

Nous avons évoqué précédemment le rôle de l'attention, notamment par le biais des modèles attentionnels de l'estimation temporelle. Dans ce cadre, nous avons déjà vu que le temps perçu subit un effet de raccourcissement subjectif en double tâche, lorsque l'attention est divisée entre les deux tâches (temporelle et non temporelle concurrente) comparé à une simple tâche temporelle.

Dans notre expérience, nous nous sommes donc intéressées aux connaissances qu'ont les individus concernant l'influence de l'attention accordée au temps sur leur sentiment que le temps va plus ou moins vite. Notre hypothèse était que plus la conscience d'être sujet à des distorsions du temps avec la réduction de l'attention accordée au temps qui passe est élevée,

meilleure serait la performance temporelle. Dans ce but, nous avons donc mesuré le niveau de connaissance des individus concernant leur conscience que plus l'attention est focalisée sur le temps qui passe, plus le temps semble passer lentement. Puis, les participants ont été soumis à une tâche d'estimation temporelle verbale dans laquelle ils devaient estimer la durée de stimuli visuels en millisecondes (ms). Chaque stimulus était présenté suivant deux conditions d'attention : (1) l'une de simple tâche temporelle et, (2) l'autre de double tâche. Dans cette dernière condition, les participants devaient lire à haute voix, de droite à gauche, la série de chiffres présentée au centre du stimulus dont la durée devait être aussi évaluée. L'intérêt de cette étude était d'examiner la corrélation entre le niveau de connaissance et la performance. Les participants les plus conscients de l'influence de l'attention sur leur jugement temporel sont également ceux qui ont obtenu les meilleures performances c'est-à-dire que les participants avec le plus haut niveau de conscience ont moins subi l'effet de l'attention sur la perception des durées. Plus les participants avaient conscience de l'effet de l'attention sur la perception du temps, moins ils sous-estimaient les durées à estimer et ce, tant en simple qu'en double tâche. Toutefois, il s'agissait d'une étude corrélationnelle basée sur les connaissances mesurées. Nous n'avons donc pas pu conclure sur le lien de causalité entre connaissances et performances. En effet, il est difficile de savoir si le fait d'avoir conscience des distorsions du temps sous l'effet de l'attention a permis d'améliorer les performances ou si le fait d'avoir de bonnes performances temporelles a amené les participants à prendre conscience de l'influence de l'attention et de ses répercussions sur leurs jugements temporels.

3.2.2.2. Relation entre connaissances sur la perception du temps et performance temporelle : manipulation des connaissances (Etude 3).

Droit-Volet, S., Lamotte, M., & Izaute, M. (2015). The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time. *Consciousness and Cognition*, 38, 155-164

Afin d'étudier le lien de causalité entre connaissances et jugement temporel, dans une troisième série d'expériences, nous avons manipulé les connaissances des participants. Compte tenu de l'importance des émotions sur la perception du temps (voir Chapitre 1), nous nous sommes, cette fois-ci, intéressées aux distorsions temporelles dues aux émotions. Les participants ont donc été invités à lire un court texte présenté comme un article de vulgarisation scientifique qui les informait sur le sens de la distorsion temporelle provoquée par l'émotion. L'information était soit vraie, soit fausse dans le sens où la distorsion temporelle expliquée dans le texte allait dans le sens contraire aux données scientifiques (Expériences 1 et 2), ou bien n'avait jamais été mise en évidence dans les recherches sur la perception du temps (Expérience 2). Le but était d'observer si les connaissances fournies aux participants par le biais du texte les amenaient à réguler leurs estimations temporelles. Aussi, nous avons demandé aux participants de réaliser une tâche de bisection temporelle. Les stimuli utilisés étaient des expressions faciales émotionnelles.

Dans la première expérience, seules les expressions neutres et de colère ont été utilisées. Les résultats ont montré que l'information erronée réduisait la distorsion temporelle automatique mais ne produisait pas une distorsion inversée. Dans la deuxième expérience, nous avons ajouté les expressions de honte et de dégoût mais les visages neutres n'étaient plus présentés. Le but de cette deuxième expérience était de s'assurer que les connaissances avaient le pouvoir de réduire un effet émotionnel naturel mais n'avaient pas celui de faire apparaître un effet inexistant dans la condition sans information (honte et dégoût). Les

résultats ont confirmé cette hypothèse. En effet, lorsque l'effet émotionnel existait dans la condition sans information (colère), les connaissances l'ont amplifié (information vraie) ou réduit (information fausse). En revanche, lorsque l'effet n'existait pas dans la condition sans information (honte et dégoût), les connaissances n'ont pas eu un pouvoir suffisant pour le faire apparaître.

3.2.3. Les jugements métacognitifs lors des jugements temporels (Etude 4) :

Lamotte, M., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (submitted). High metacognitive sensitivity to time.

Nous avons vu que la métacognition permet aussi, grâce à des jugements métacognitifs, d'étudier les fonctionnements cognitifs et la manière dont l'individu les régule pour parfaire sa performance. Or, bien que les processus décisionnels soient impliqués dans la perception du temps, peu d'informations sont actuellement disponibles sur la manière dont ils permettent à l'individu de réguler ses estimations temporelles. Comme nous l'avons vu dans une tâche de généralisation temporelle, Grindrod et Wearden (2003) ont montré que les conséquences des réponses influençaient les réponses en favorisant plutôt la conservation ou la prise de risque. De leur côté, Droit-Volet et Izaute (2005, 2009) ont révélé que la possibilité de dire « je ne sais pas » dans la tâche de bisection, associée à des feedbacks correctifs, permet d'améliorer la sensibilité au temps, plus particulièrement chez l'enfant. Ces auteures ont alors suggéré, comme cela a été attesté dans les recherches en métacognition, que cette amélioration est liée à une amélioration de la confiance des participants dans leurs réponses. Néanmoins, dans leur étude, elles n'ont pas mesuré la confiance des participants. Dans la dernière étude que nous présenterons, nous avons donc ajouté une mesure de la certitude à une tâche classique de généralisation temporelle.

Le but de cette étude était d'étudier si les variations dans les estimations temporelles, expliquées généralement en terme décisionnel, pourraient être expliquées par les variations en

termes de jugements de certitude. Aussi, dans cette étude, les participants ont été soumis à une tâche de généralisation temporelle dont la difficulté variait suivant les ratios de durées. Après chacun de leur jugement temporel, ils devaient également juger le degré de confiance qu'ils accordaient à leur réponse. Les résultats de notre étude ont mis en avant le fait que les participants produisaient des jugements de confiance globalement précis, en particulier pour la durée standard avec une tendance à la surestimation des performances pour les durées les plus difficiles à discriminer. De plus, la précision relative des jugements de confiance pour les jugements temporels diminuait avec la difficulté de la tâche.

Nous allons, maintenant, produire les articles qui détaillent les procédures et résultats obtenus pour chaque étude présentée puis nous les discuterons.

4. Données empiriques

4.1. Metacognitive Questionnaire on Time : Feeling of the passage of time.



Metacognitive Questionnaire on Time: Feeling of the Passage of Time

M. Lamotte, N. Chakroun, S. Droit-Volet* and M. Izaute*

Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive, CNRS (LAPSCO — UMR 6024),
Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France

Received 20 February 2014; accepted 10 July 2014

Abstract

The aim of our studies was to design a Metacognitive Questionnaire on Time (MQT) that assesses inter-individual variations in the awareness of factors affecting the experience of the passage of time. In the first study, 532 young adults were asked to reply to an initial questionnaire consisting of 106 questions relating to many different factors (e.g., psychostimulant, body temperature, age, attention) that could affect how time is perceived. Factorial analyses allowed us to extract two discriminant factors, one relating to attention and the other to emotion. The second study sought to validate the final 24-item questionnaire by gathering data from 212 university students. Confirmatory Factorial Analyses (AMOS) showed that the MQT has the same two-factor structure. The third study assessed the construct validity of the MQT by measuring the correlation between the MQT scores and the scores with other questionnaires measuring close or different constructs. In sum, these studies enabled us to develop an easy-to-use questionnaire whereby it is possible to distinguish between individuals according to their subjective feeling of the passage of time. In addition, the participants' responses on the MQT showed that they were more aware of attention-related factors than of emotion-related factors that might produce time distortions, and that women were more aware of their own temporal distortions than men.

Keywords

Time, metacognition, awareness, questionnaire

1. Introduction

High abilities of timing and time perception have been observed in animals of different species and humans at different levels of ontogenetic scale (for reviews see Buhusi & Meck, 2005; Droit-Volet, 2013a; Grondin, 2010). In addition, animals

* To whom correspondence should be addressed. E-mail: Marie Izaute: marie.izaute@univ-bpclermont.fr; Sylvie Droit-Volet: sylvie.droit-volet@univ-bpclermont.fr

and humans exhibit the same scalar properties of time, with accurate temporal estimates in mean and a variability increasing with the length of durations to be estimated (Lejeune & Wearden, 2006; Wearden & Lejeune, 2008). Researchers have thus assumed that humans and animals have in common the same sense of time, and try to find the mechanisms (internal clock) in the brain underlying this sense of time. However, in humans, the judgment of time cannot be reduced to a by-product of a physiological internal clock mechanism. Indeed, the internal clock models assume that attentional and decisional processes influence temporal judgments (Grondin, 2010). Moreover, human adults are aware of the passage of time. They know that they are subjects of temporal illusions, that their feeling of the passage of time changes as a function of context (Lamotte et al., 2012; Sackett et al., 2010). They feel for example a speeding up of time when they are happy or a slowing down when they are sad. The aim of our studies is to examine individuals' knowledge about factors that affect the experience of the passage of time and their inter-individual variability, i.e., to construct a metacognitive questionnaire on time.

The aim of metacognitive questionnaires is to identify individuals' explicit knowledge and beliefs about cognitive functioning such as memory capacities (Koriat, 2007). For example, the Everyday Memory Questionnaire (EMQ) examines the individual knowledge of memory of everyday life (Sunderland et al., 1983). The Self-Assessment of Memory Questionnaire (QAM) assesses how individuals analyze the errors or failures present in their memory for everyday life (Van der Linden et al., 1989). Another widely used questionnaire is the Metamemory in Adulthood (MIA), which assesses self-referent memory beliefs. However, the MIA measures not only participants' perception of their own memory capacities, but also that of other people's capacities (Bacon et al., 2011; Boucheron, 1995; Dixon et al., 1988). Indeed, there are often some discrepancies between individuals' beliefs about the cognitive functioning of people in general and their beliefs about their own cognitive functioning (Jameson et al., 1990). Consequently, our metacognitive questionnaire on time was developed on the basis of the MIA questionnaire.

The few questionnaires that have examined explicit knowledge about time perception were developed for patients (Hoffer & Osmond, 1962), and for depressed patients in particular (Bech, 1975; Blewett, 1992; Wyrick & Wyrick, 1977). However, they contained only a small number of questions (5–6) that assess the feeling of time slowing down across life in general, rather than the participants' knowledge of all the conditions associated with time distortions. For example, in Blewett's study (1992) patients were asked to respond to five forced-choice questions asking whether time seemed to them to be passing at a different pace since the onset of their illness and whether it was slower, faster or fluctuated from hour to hour relative to normal experience. Similarly, Wyrick and Wyrick (1977) used a personal time passage questionnaire (PTPQ) containing five self-report questions on beliefs about our own feelings concerning the passage of time and the others' feelings

(“The other person/I felt that time was passing slowly”) in two different contexts, i.e., during the experience and under normal circumstances. The Zimbardo Time Perspective Inventory (ZTPI) is also a questionnaire on consciousness of time, but it focuses on ‘time orientation’ toward the past, the present, or the future (Zimbardo & Boyd, 1999). Before that, Sanders (1986) had proposed a Subjective Time Experience Scale (TES) which included this temporal dimension (“I talk a lot about the past”), but also four other temporal dimensions: attention to death (i.e., “I think about what people who are close to me will do after I die”), how strongly time denotes something positive or negative (i.e., “My time is useful/useless”), and two dimensions (fast vs. slow tempo) on the ongoing flow of time in personal life (“The time between birthdays seems to get shorter”, “When I am alone time often passes slowly”). However, this scale, which is rarely mentioned in the literature, examines different facets of time, without focusing on the wide variety of contexts that could produce the feeling that time contracts or expands.

The aim of our study was to devise a more extensive metacognitive questionnaire designed to gather metacognitive knowledge about time distortions that includes all of the contextual factors that may affect how time is perceived. Nevertheless, it is important to note that a questionnaire on time awareness does not simply investigate the perception of time in different situations, insofar as time judgments may also result from logical inferences made by people independently of their direct experience of time. Several studies have shown that participants’ time estimations are influenced by their confidence in naïve time perception theories such as “Time flies when you’re having fun” (Sackett et al., 2010). However, whatever their cause, atypical beliefs about time distortions may be a predictor of a dysfunctional adaptation to the temporal parameters of everyday events. We therefore devised a questionnaire designed to examine the different factors that might produce time distortions. To identify these factors, we referred to the results of studies having found time distortions in the form of a lengthening or shortening effect. These factors include, for example, body temperature (for a review see Wearden & Penton-Voak, 1995), psychostimulants (amphetamine, coffee, alcohol; Wittmann et al., 2007), the amount of attention devoted to an activity (Block et al., 2010; Coull et al., 2004), motivation (Conti, 2001), emotion and arousal (Droit-Volet et al., 2013), and ageing (Block et al., 1998). Therefore, and in line with research conducted to validate other questionnaires, Study 1 of our study tested a large panel of more than 100 questions with a view to selecting the most reliable and discriminant items. In Study 2, we then validated a final 24-item version of this questionnaire. Finally, in Study 3, we assessed the reliability and construct validity of our questionnaire by testing the correlation between our questionnaire and other questionnaires that assess similar (convergent validity) and different constructs (discriminant validity).

2. Study 1

In Study 1, we tested a large series of questions on the different factors affecting the experience of the passage of time (the feeling that time passes more or less quickly) and time accuracy (“I judge time less/more accurately”). The questions were formulated so as to assess the participants’ knowledge of both their own perception of time (self questions) and other people’s perception of time (others questions). Indeed, as suggested above, knowledge of other people’s perceptions can differ from knowledge of one’s own perceptions. We performed a sample-based validation of our questionnaire by testing two different populations of participants who differed in terms of their motor timing expertise, i.e., (1) students attending Sports Studies courses and (2) students from the Psychology Studies faculties.

2.1. Method

2.1.1. Participants

The final sample consisted of 532 students (121 men) ($M = 19.82$ years, $SD = 3.58$). The participants were enrolled in Sports Studies ($n = 114$, 71 men) or Psychology Studies ($n = 418$, 50 men) courses in the French city of Clermont-Ferrand.

2.1.2. Material and Procedure

An initial version of 120 questions had been pre-tested on 139 students who differed from those included in the final sample. Based on their comments about how the questions were formulated, we finally selected only 106 questions relating to the different factors that can produce time distortions.¹ These 106 questions were paired, i.e., they were subdivided into two scales: the Self scale investigating individuals’ knowledge of their own temporal distortions, and the Others scale examining their knowledge about other people’s temporal distortions. For instance, the questions about how boredom affected time perception were: (1) “When I am bored, I feel time passes more slowly” and (2) “When they are bored, most people feel time passes more slowly”. In addition, to control for an acquiescent response bias (Toner, 1987), half of the questions were asked from the opposite perspective to the one expected from the results of time studies. For example, although it has been shown that focusing attention on time results in an overestimation of time, the statement was: “The more I focus my attention on time, the quicker time passes”. Some questions were also redundant to make it easier for us to identify the most relevant and readily comprehensible items. In addition, students responded to each question according to a five-point scale ranging from 1 = ‘Totally agree’ to 5 = ‘Totally disagree’. Intermediate scores denoted intermediate levels of agreement and a rating of 3 meant the participant had no particular opinion. Two random orders of questions were tested.

2.2. Results

To identify the relevant dimensions of time perception and the most appropriate questions, we performed various analyses using SPSS 18.0 for Mac. First we checked that the order of the questions did not affect the responses, $F(1, 531) = 0.63$, $p > 0.05$, or interact with any other variables (gender and student study type, all $ps > 0.05$). Then we checked the distribution of each item (normal, ceiling and

¹ Among the different factors were: body temperature (fever), external temperature (warmth), stimulants (psychostimulants, caffeine, nicotine), health, depressants (drug, alcohol), working, staying at home, unemployment, rest, attention focused on time, waiting, appointment, task difficulty, pleasant or unpleasant activity, amount of activity, interruption of activity, time pressure, motivation, pain, tiredness, effort, felt emotion (anger, happiness, sadness), stress, depression, action movie, music, witnessing traumatic or pleasant events, boredom, expectation, social relationship (being with an elderly person, with a child, with sad people), effect of aging, need of a tool/strategy to evaluate time accurately (clock, counting), etc.

floor effects) and selected items exhibiting a response continuum among the different participants. This left us with 71% of the original items. The second step consisted in performing factorial analysis with oblique rotation to identify dimensions of time perception on each scale. The criteria for assessing the adequacy-extracted factors were as follows. First, eigenvalues had to be at least greater than one. Second, we examined the screen plot. Then, we selected only items with saturations greater than 0.30 on only one factor and verified that the content of each item was consistent with that of all the other items loading on one of the same factors. This led us to exclude a further 17% of the items. In addition, owing to our hypothesis about the distinction between what participants know about their own and other people's temporal perception, we retained only those items that could be used in both parts of the questionnaire (Self/Others scale). We then checked for semantic redundancy and, when several items addressed the same concept, kept only the item that generated the most extreme answers. This sequence of processing steps led to the final version of the questionnaire, which consisted of 24 items, divided into two scales: the Self scale and the Others scale (Table 1 and online Supplementary Annex S1 for the final French questionnaire and Annex S2 for its English translation).

2.2.1. *Selection of Items*

In the 24-item version, none of the questions produced ceiling or floor effects on the responses given. The majority of them elicited responses from all response categories. Inter-item correlations were low (maximum 0.59). The initial factorial analysis allowed us to retain 24 critical items out of the initial 106. Oblique rotation was chosen because some dimensions could have been correlated with others. Values from the Kaiser–Meyer–Olkin statistics and Bartlett's test of sphericity ($KMO = 0.88$, Bartlett's test, $p < 0.001$ and $KMO = 0.88$, $p < 0.001$; for the Others and the Self scales, respectively) indicated that the factor solution obtained was interpretable. The analysis yielded two factors with eigenvalues over 2, and the screen plot showed that these two factors were significant and situated over the elbow of the plot. Most item loadings were greater than 0.40. Moreover, this solution fitted well with the hypothesized structure. The exploratory factor analysis performed on the selected 24 items is presented in Table 2.

2.2.2. *Identification of Factors*

Self-Items Analysis. Although our questionnaire contained several items relating to a great number of factors that were likely to affect time judgment, the statistical analyses only identified two significant factors, which accounted for 46.72% of the variance. The first component was related to 'Attention'. It consisted of eight items and accounted for 35.13% of the total variance. The second component was related to 'Emotion'. In addition, only two types of emotion (sadness and joy) revealed inter-individual differences in time judgments. The emotion component therefore consisted of four items and accounted for 11.59% of the variance.

Table 1.

Statements used in the Metacognitive Questionnaire on Time (with reverse coded items indicated by *) in French with English translation

Numéro d'item	Enoncé
	Echelle Soi
S1	C'est important pour moi d'être capable d'organiser mes activités dans le temps.
S2*	Je trouve que plus je fais attention au temps, plus le temps passe vite.
S3*	Plus ce que je fais me passionne, plus le temps passe lentement.
S4	Je trouve que le temps passe plus lentement quand je m'ennuie.
S5	Je trouve le temps long quand j'attends.
S9	Je trouve que le temps passe plus vite quand je fais une activité plaisante.
S11*	Quand je suis avec des enfants, je trouve que le temps passe plus lentement.
S12*	Quand j'ai mal quelque part, je trouve que le temps passe plus vite.
S6	Quand je suis joyeux(se), je trouve que le temps passe plus vite.
S7	Quand je suis triste, j'ai l'impression d'être plus lent(e).
S8*	Quand je suis triste, je trouve que le temps passe plus vite.
S10*	Devant une personne joyeuse, je trouve que le temps passe plus vite.
	Echelle Autrui
O1	Pour la plupart des gens, c'est important d'être capable d'organiser leurs activités dans le temps.
O2*	La plupart des gens trouvent que plus ils font attention au temps, plus le temps passe vite.
O3*	Pour la plupart des gens, plus ce qu'ils font les passionne, plus le temps passe lentement.
O4	La plupart des gens trouvent que le temps passe plus lentement quand ils s'ennuient.
O5	La plupart des gens trouvent le temps long quand ils attendent.
O9	La plupart des gens trouvent que le temps passe plus vite quand ils font une activité plaisante.
O11*	La plupart des gens trouvent que le temps passe plus lentement quand ils sont avec des enfants.
O12*	La plupart des gens trouvent que le temps passe plus vite quand ils ont mal quelque part.
O6	Quand ils sont joyeux, la plupart des gens trouvent que le temps passe plus vite.
O7	Quand ils sont tristes, la plupart des gens ont l'impression d'être plus lents.
O8*	Quand ils sont tristes, la plupart des gens trouvent que le temps passe plus vite.
O10*	Devant une personne joyeuse, la plupart des gens trouvent que le temps passe plus vite.

O and S indicate the type of scale (Others and Self scale, respectively) and the numbers (1, 2, etc.) designate the item number. The non-highlighted items correspond to the Attention factor and the highlighted items to the Emotion factor.

Instructions were: "For each of the statements, indicate what YOU think as spontaneously and honestly as possible". The responses were given on a five-point scale: 1 = totally agree, 2 = agree, 3 = do not know, 4 = disagree, 5 = totally disagree.

Table 1.
(Continued)

Item number	Statement
	Self scale
S1	Being able to organize my activities in time is important for me.
S2*	The more I focus attention on time, the quicker time passes.
S3*	The more that I am fascinated by what I am doing, the more slowly time passes.
S4	When I am bored, I feel time passes more slowly.
S5	When I am waiting, I feel time passes slowly.
S9	When I am doing a pleasant activity, I feel time passes more quickly.
S11*	When I am with children, I feel time passes more slowly.
S12*	When I have pain somewhere, I feel time passes more quickly.
S6	When I am happy, I feel time passes more quickly.
S7	When I am sad, I feel that I have slowed down.
S8*	When I am sad, I feel time passes more quickly.
S10*	In the presence of a joyful person, I feel time passes more quickly.
Others scale	
O1	For most people, being able to organize activities in time is important.
O2*	For most people, the more they focus attention on time, the quicker time passes.
O3*	For most people, the more they are fascinated by what they are doing, the more slowly time passes.
O4	When they are bored, most people feel time passes more slowly.
O5	When they are waiting, most people feel time passes slowly.
O9	When they are doing a pleasant activity, most people feel time passes more quickly.
O11*	When they are with children, most people feel time passes more slowly.
O12*	When they have pain somewhere, most people feel time passes more quickly.
O6	When they are happy, most people feel time passes more quickly.
O7	When they are sad, most people feel as if they have slowed down.
O8*	When they are sad, most people feel time passes more quickly.
O10*	In the presence of a joyful person, most people feel time passes more quickly.

Others-Items Analysis. The two factors used for the others-items analysis accounted for 48.04% of the total variance. As for the Self scale, they corresponded to attention and emotion. The first component (attention) consisted of eight items and accounted for 34.30% of the variance, while the second (emotion) consisted of four items and explained 13.73% of variance.

Multi-Trait Multi-Method Analysis. Then, with a view to confirming the assumed subscale structure, we ran a multitrait-multimethod (MTMM) analysis which ensured that each item was strongly correlated with the scale to which it was assumed to belong, the score of the subscale being calculated without the item considered. This analysis also allowed us to check that the items were more strongly correlated with the scale to which they belonged than with other subscales (Ware et al., 1997).

Table 2.Exploratory factor analysis of the Metacognitive Questionnaire on Time ($n = 532$)

Self scale			Others scale		
	Components			Components	
	Factor 1	Factor 2		Factor 1	Factor 2
	Attention	Emotion		Attention	Emotion
S3	−0.762		O3	−0.735	
S9	0.659		O5	0.696	
S11	−0.653		O9	0.692	
S4	0.624		O12	−0.669	
S2	−0.617		O2	−0.629	
S12	−0.588		O11	−0.610	
S5	0.581		O4	0.607	
S1	0.497		O1	0.558	
S8		0.763	O8		0.730
S7		0.749	O7		0.725
S10		0.689	O10		0.674
S6		0.567	O6		0.609
Variance	35.13	11.59	Variance	34.30	13.73

O and S indicate the type of scale (Others and Self scale, respectively) and numbers (1, 2, etc.) the item number (Table 1).

The internal consistency of each subscale (Self/Others scale) was then estimated with the help of the Cronbach coefficients. Across the whole sample, the correlations of all the items with their theoretical scale were greater than 0.40. Moreover, all the items were correlated more with their own theoretical scale than with the other scale (e.g., items about attention with attention factor more correlated than with emotion factor). These results argue in favor of the robustness of the predetermined structure of the Time Metacognitive Questionnaire (Table 3).

2.2.3. Concurrent Validity

Finally, we calculated scores for both scales by adding up the responses to the 12 items in each scale in order to rate people's awareness of time distortions. The lower the score, the greater their awareness of time distortions. An initial analysis was conducted with the scale (Self vs. Others) as within-subjects factor and gender and study type (sport studies vs. psychology studies) as covariates. The results showed a significant effect of scale, $F(1, 528) = 14.26$, $p < 0.001$, with no interaction involving this factor. This suggests that the participants were more aware of their own time distortions than of time distortions in the other people. The main effects of gender, $F(1, 528) = 17.41$, $p < 0.001$, and study type, $F(1, 528) = 4.01$, $p = 0.046$, were also significant, indicating that the women were more aware of time distortions than the men, and that the sport students, expert in motor timing,

Table 3.

Items-scale correlations and reliability for the Self and the Others scale

	Factor 1 Attention	Factor 2 Emotion
Self scale		
Confidence interval of correlations of each item with its scale without considered item (MTMM)	[0.41–0.64]	[0.46–0.52]
Cronbach's Alpha	0.80	0.71
Others scale		
Confidence interval of correlations of each item with its scale without considered item (MTMM)	[0.40–0.62]	[0.44–0.48]
Cronbach's Alpha	0.81	0.68

Table 4.

Differences in metacognitive awareness of time distortions according to student study type (sport vs. psychology/social studies) and to sex for the Self and the Others scale (the lower the score, the stronger the awareness of time distortions)

Scale	Student study type	Mean (SD)	<i>F</i>	<i>p</i>
Self	sport	27.33 (7.74)	0.04	>0.05
	psychology and social	23.09 (8.17)		
Others	sport	28.25 (7.59)	0.19	>0.05
	psychology and social	23.65 (7.78)		

Scale	Sex	Mean (SD)	<i>F</i>	<i>p</i>
Self	male	28.22 (6.95)	19.83	<0.001
	female	22.64 (8.17)		
Others	male	28.69 (7.21)	17.07	<0.001
	female	23.37 (7.71)		

tended to be more aware of time distortions than the other students. As the participants' responses on each type of scale differed, further analyses were conducted on each scale taken separately.

Self Scale. As shown in Table 4, when gender was controlled, no effect of study type appeared ($p > 0.05$). Conversely, however, controlling study type revealed a gender effect, $F(1, 531) = 19.83$, $p < 0.001$. These results confirmed that the women ($M = 22.64$, $SD = 8.17$) seemed to be more aware of factors that might distort their temporal perception than the men ($M = 28.22$, $SD = 6.95$). There were no interactions (all $ps > 0.05$).

Others Scale. Like with the Self scale, when gender was controlled, no study effect was found ($p > 0.05$). As shown in Table 4, controlling the student study type

factor revealed a significant gender effect, $F(1, 531) = 17.07$, $p < 0.001$, again suggesting that the women were more aware of factors that might distort other people's temporal perception. There were no interactions (all $ps > 0.05$).

In sum, the results of our first study involving two types of participants (students in sport or psychology, i.e., different motor timing expertise) showed that of all the factors studied in time psychology and explored with the initial 106-items questionnaire, only two, namely attention and emotion, made it possible to differentiate between people as a function of their awareness of time distortions. In our second study, we then set out to confirm the factorial structure of the Metacognitive Questionnaire on Time using the 24 items selected from the first study subdivided into two scales: the Self (12 items) and Others scales (12 items).

3. Study 2

Study 1 allowed us to define a series of 24 items, which in turn enabled us to discriminate between participants as a function of their knowledge of time distortions. The aim of Study 2 was to confirm the factorial structure of the 24 items resulting from the selection study (Study 1) on the basis of a model involving two factors: attention and emotion. In addition, differences between individuals' knowledge about time distortions were also examined by comparing two groups of subjects, one with experts in motor timing (sport students) and a control group with psychology students.

3.1. Method

3.1.1. Participants and Procedure

A new sample of 212 university students [$M = 19.96$ years, $SD = 1.48$; 47 sport students (31 men), and 165 psychology students (25 men)] from Clermont University completed the 24 items of the Metacognitive Questionnaire on Time (MQT), selected in the first study (see online Supplementary Annexes S1 and S2).

3.2. Results

Confirmatory analyses (CFA) were run with AMOS 19 software on responses to both parts of the MQT: (1) the Self scale, and (2) the Others scale. The aim was to determine whether, for each part of the questionnaire, the data set was consistent with the theoretical model defined on the basis of data resulting from the first study, which had revealed the involvement of two factors (attention, emotion). This theoretical model was compared with another model with a single factor (time distortion) in order to find out which model was most consistent with the data set. The method used to test the two models was Maximum Likelihood (ML), the method most commonly used with continuous variables (Jackson et al., 2009). In addition, missing data were substituted with the mean of the series so as to maximize data availability (Schafer & Graham, 2002).

The adequacy of the model/data fit was estimated with the following indices: Chi-square, PGFI (adjusted Goodness-of-Fit Index), PCFI (adjusted Comparative

Fit Index), RMSEA (Root Mean Square Error Approximation). By testing the comparison between the observed and predicted variance-covariance matrices with the Chi-square, it is possible to determine whether or not the model adequately fits the data. Theoretically, a perfect match is indicated by a non-significant Chi-square test. However, a model may be accepted even if Chi-square is significant because, as Schafer and Graham (2002) have argued, a non-significant Chi-square is quite unrealistic. Thus, the other index used to determine the adequacy of the fit between data and model is the ratio between Chi-square and the number of degrees of freedom. The fit between the model and the data is considered adequate if the Chi-square/d.f. ratio is sufficiently small. For samples of more than 200 persons, the Chi-square/d.f. ratio has to be less than 3, for mid-sized samples (100 to 200 persons) it has to be less than 2.5 and for samples of less than 100 persons it must be below 2. The Goodness of Fit Index (GFI) consisted of an assessment of how the model reproduces sample data. The Comparative Fit Index is an indicator of proportional improvements in the adequacy of the fit between the target model and the null-model (where all observed variables are considered independent). Values of both indices are comprised between 0 and 1 and the greater the value, the better the fit, with a conventional cut-off threshold set at 0.90 (Kline, 2010). The PGFI and PCFI indices were identical to the previously adjusted values in order to take account of the parsimony of the model. The cut-off threshold for these indices was set at 0.60. The RMSEA index is a standardized estimation that assesses discrepancies of fit between model and data by calculating the size of the standardized residual correlations. Although the best critical value of RMSEA is 0.05, a value of less than 0.08 denotes an acceptable fit (Kline, 2010). The AIC index is used to assess the tested model in comparison to other models. The smaller the value, the better the fit and the more parsimonious the model (Browne & Cudeck, 1992).

3.2.1. *Self-Items Analysis*

No effect of question presentation order was found, $F(1, 211) = 3.19$, $p > 0.05$, and the reliability of the scale was satisfactory (Cronbach's Alpha = 0.66). To check whether our theoretical two-factor solution was better than the alternative one-factor solution, we tested both models. As shown in Table 5, the analysis revealed that our two-factor solution fitted the data better than a one-factor solution. In addition, the first factor (attention) consisted of eight items relating to attention-based temporal distortions, and the second factor (emotion) of four items relating to emotion-based temporal distortions. Moreover, the reliability of each factor was satisfactory (respectively, Cronbach's Alpha = 0.67 and 0.50).

3.2.2. *Others-Items Analysis*

For the others-items analysis, neither our theoretical two-factor solution, nor the alternative one-factor solution fitted the data well. These results tend to demonstrate that participants' knowledge of what are temporal distortions in others is not reliable. This is confirmed by a comparison analysis between the Self and Others

Table 5.

Indices of fit for the two measurement models for the Self scale, i.e., with a two-factors model and a one-factor alternative model (participant group, $n = 212$)

	Two-factors model	One-factor model
Chi-square (d.f.)	155.01 (53)	164.16 (54)
Chi-square/d.f.	2.93 (<3)	3.10
R.M.S.E.A.	0.07	0.07
GFI /PGFI	0.94/0.64	0.94/0.65
CFI/PCFI	0.83/0.67	0.82/0.68
AIC	205.01	215.16

scales which showed that participants were more aware of what distorts their own temporal perception than what distorts that of other people (respectively, $M_{\text{self}} = 21.51$, $SD_{\text{self}} = 4.65$, $M_{\text{others}} = 28.10$, $SD_{\text{others}} = 5.14$, $F(1, 210) = 282.68$, $p < 0.001$). Moreover, for the Others scale, we observed both a significant question presentation order effect, $F(1, 211) = 52.70$, $p < 0.001$, and a significant gender effect, $F(1, 211) = 9.06$, $p < 0.01$. We also observed an interaction between gender and presentation order, $F(1, 211) = 6.45$, $p < 0.05$. This could explain the unreliability of the Others-scale.

3.2.3. Concurrent Validity

An initial analysis was conducted on the scores with three factors: scale (Self vs. Others), gender and study type. This analysis found a significant effect of scale, $F(1, 208) = 136.88$, $p < 0.001$. Consistent with the results obtained in Experiment 1, the participants were more aware of time distortions on the Self scale than on the Others scale. There was also a main effect of gender, $F(1, 208) = 11.61$, $p < 0.001$, whereas the effect of study type, $F(1, 208) = 1.20$, $p > 0.05$, did not reach significance. No significant interaction was observed. Further analysis on the most reliable scale of the MQT, i.e., Self scale, confirmed that it was possible to discriminate between women and men when the student study type factor was controlled ($M_{\text{women}} = 20.75$, $SD_{\text{women}} = 4.37$, $M_{\text{men}} = 23.63$, $SD_{\text{men}} = 4.78$, $F(1, 210) = 10.08$, $p < 0.01$). No difference was observed between sport and psychology students when gender was controlled ($p > 0.05$). These results demonstrated that women are more aware of the factors influencing their time distortion than men.

In addition, to examine the differences in the participants' responses between scale-factors, i.e., emotion and attention, we calculated the mean scores on the different factor-related items. An ANOVA was conducted on these scores with two within-subjects factors [scale (Self vs. Others), scale-factors (emotion vs. attention)], and two between-subjects factors (gender and study type). There was a significant scale $\times$ scale-factors $\times$ gender interaction, $F(1, 208) = 4.55$, $p < 0.05$, with significant effects of scale, $F(1, 208) = 120.56$, $p < 0.001$, scale-factors,

$F(1, 208) = 46.08, p < 0.001$, and gender, $F(1, 208) = 13.55, p < 0.001$. The effect of study type was not significant, as well as the other interactions (all $ps > 0.05$). Consequently, statistical analyses were conducted on each scale taken separately. The analysis on the Self scale with scale-factors (emotion, attention) as within-subjects factor and gender as between-subjects factor revealed no gender $\times$ scale-factor interaction, $F(1, 210) = 1.97, p > 0.05$. As in the previous described analysis, this ANOVA also found a significant main effect of gender, $F(1, 210) = 21.07, p < 0.001$, and of scale-factors, $F(1, 210) = 65.75, p < 0.001$. This confirms that the women were more aware of their own temporal distortions than the men. Furthermore, the participants were more aware of attention-related temporal distortions than of emotion-related temporal distortions. These results therefore indicated that the gender difference was not supported by the lack of reliability of the Others scale.

The ANOVA on the Others scale also found significant effects of gender, $F(1, 210) = 6.85, p < 0.01$, and scale-factors, $F(1, 210) = 34.98, p < 0.0001$, with no significant interaction ($p > 0.05$). This confirms that the level of awareness of time distortions was higher for the women than for the men, and for the attention factor than for the emotion factor. However, the results for the Others scale should be treated with caution as the reliability of this scale had not been verified.

4. Study 3

Studies 1 and 2 examined the psychometric properties of the MQT for reliability and factorial structure. An additional step towards validating our questionnaire involves measuring its construct validity. For this, convergent validity can be ascertained by investigating the correlations between MQT scores and scores with other questionnaires that assesses similar constructs. Likewise, discriminant validity can be ascertained by investigating correlations between MQT scores and those obtained in other tests measuring different constructs (Goodwin, 2002a, b). The aim of Study 3 was thus to examine the construct validity (convergent and discriminant) of the questionnaire. Strong correlations, and weak or no correlations are then assumed in the convergent and discriminant case, respectively. As reported in the introduction, there are only a few validated time judgment questionnaires, other than the Zimbardo Time Perspective Inventory (ZTPI) used extensively to assess whether individuals are past-, present- or future-oriented. Therefore, we decided to examine the correlations between the ZTPI and MQT scores. We also added an extra, specific question (“Do you think time flies by?”) to assess the relationship between knowledge about time distortion measurements in the MQT and the general feeling that time flies by. In addition, knowledge about the passage of time, especially in the case of the MQT Others-scale, must be related to non-egocentric capacities, such that individuals are not preoccupied with their own

internal world, but with the outside world, i.e., that of others. As Piaget has argued (1946), the awareness of time is lacking in young children's egocentric thinking. We therefore looked at the relationship between the MQT and a questionnaire on empathy, i.e., the Interpersonal Reactivity Index (IRIS, Davis, 1980). For divergent validity, there are many possible questionnaires, but we decided to investigate the correlations between the MQT and tests assessing either anxiety (State-Trait Anxiety, STAI, Spielberger et al., 1983) or depression (Center for Epidemiologic Studies' Depression Scale, CESD, Radloff, 1977), given that several studies suggest that anxiety and depression affect time judgment (for a recent review see Droit-Volet, 2013b). It could thus be possible that our questionnaire indirectly measures these emotional states rather than knowledge about time distortions. Accordingly, we expected that the scores for the MQT subscales would converge with those for the IRIS (empathy) and ZPTI (convergent validity), but not with those for the STAI (anxiety) and CESD (depression) (discriminant validity).

4.1. Method

4.1.1. Participants

A new sample (59 women) of 97 graduate students ($M = 20.89$ years, $SD = 2.05$) from Clermont and Bordeaux Universities took part in this study.

4.1.2. Material and Procedure

All the participants completed a set of five questionnaires (ZPTI, IRIS, STAI, CESD) including the 24-item MQT. They were also asked an additional question about the subjective feeling that time flies by: "Do you think time flies by?" Three random orders were tested for these questionnaires.

ZPTI (Zimbardo & Boyd, 1999). The ZPTI is a multidimensional time-orientation scale consisting of 56 items divided into five different subscales for assessing five different dimensions: (1) past positive (e.g., "I enjoy stories about how things used to be in the good old times"), (2) past negative ("I think about the bad things that have happened to me in the past"), (3) present fatalistic ("My life path is controlled by forces I cannot influence"), (4) present hedonistic ("I often follow my heart more than my head"), and (5) future ("I complete projects on time by making steady progress"). In our study, the Cronbach coefficients ranged from 0.66 to 0.83.

IRI (Interpersonal Reactivity Index, Davis, 1980). This questionnaire is also a multidimensional scale for evaluating empathy, defined as the results of individuals' reactions to the observed experiences of another. It assesses four dimensions: (1) Perspective Taking, the tendency spontaneously to adopt the psychological point of view of others; (2) Fantasy, tendencies for individuals to transpose themselves imaginatively into the feelings and actions of fictitious characters in books, movies, plays; (3) Empathic Concern, which assesses 'other-oriented' feelings of sympathy and concern for unfortunate others and (4) Personal Distress, which measures 'self-oriented' feelings of personal anxiety and unease in tense interpersonal settings. Our Cronbach coefficients ranged from 0.69 to 0.79.

STAI (State-Trait Anxiety Inventory, Spielberger et al., 1983). The 20-item version of the well-known STAI scale was used. All items are rated on a four-point scale ranging from 'Almost Never' to 'Almost Always'. Higher STAI scores therefore indicate greater anxiety. In our study, the Cronbach coefficient is 0.90.

CESD (Center for Epidemiologic Studies' Depression Scale, Radloff, 1977). The CESD consisted of 20 items with a response for each item on a four-point scale ranging from 'Rarely or Never' to 'Most or All of the Time'. This scale assesses four different dimensions of depressive symptomatology, (1) negative affect, (2) positive affect, (3) somatic symptoms, and (4) interpersonal problems, but the total score is used as a valid measure of depressed mood (Radloff, 1977). Consequently, the higher the total CESD score, the higher the degree of depression. Our Cronbach coefficient is 0.92.

4.2. Results

Correlation analyses were initially performed on responses to all items of each MQT subscale taken separately: the Self and the Others scale (Table 6). Analyses

Table 6.

Significant correlations between the MQT subscores and Empathy and the ZTPI future time perspective scores

Assessments	MQT					
	All dimensions		Emotion		Attention	
	MQT Self	MQT Other	MQT Self	MQT Other	MQT Self	MQT Other
Empathy						
Fantasy	0.23*	0.27**	0.28**			0.27*
Empathic Concern	0.33**		0.20*		0.27**	
Personal Distress	0.20*		0.24*			
Time perspective — ZTPI						
Future	0.40***	0.23*	0.24*	0.23*	0.39***	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

were then conducted for each factor of each MQT subscale (Self vs. Others), i.e., emotion and attention.

4.2.1. Convergent Validity

Consistent with convergent validity, our results showed significant correlations between the scores on the MQT subscales and the scores with both the ZTPI (time-orientation) and IRI (empathy) (Table 6). In particular, the results revealed that the scores on all the MQT subscales were significantly correlated with the future dimension scores on the ZTPI subscale (Self scale, $R_{96} = 0.40$, $p < 0.001$; Others scale, $R_{96} = 0.23$, $p = 0.02$), albeit to a greater extent for the Self- than for the Others scale. Moreover, this significant correlation was found for both factors (emotion and attention) of both the Self- ($R_{96} = 0.24$ and 0.23 , respectively, $p < 0.05$) and Others-MQT subscales ($R_{96} = 0.39$, $p = 0.001$), except for the attention Others scale relative to how the passage of time varies with others' attentional focus (see Table 6). In sum, our results demonstrated that the more knowledge an individual has about time, the more future-oriented he/she is.

As expected, the scores obtained with our questionnaire were also significantly related to those obtained with the empathy questionnaire (IRI), but this was found mainly with the subscale for the Self and the emotion factor (see Table 6). In particular, the Self-scores for all dimensions and those for the emotional dimension were significantly correlated with three dimensions of empathy: Fantasy ($R_{96} = 0.23$ and 0.28 , respectively, $p < 0.05$), Empathic Concern ($R_{96} = 0.33$ and 0.20 , $p < 0.05$), and Personal Distress ($R_{96} = 0.20$ and 0.24 , $p < 0.05$). For the Others-scale for all dimensions and for the attention dimension, only the fantasy dimension was linked to the temporal scores (respectively $R_{96} = 0.27$ and 0.27 , $p < 0.05$).

In other words, knowledge about time distortions perceived by others appears to depend on the participant's ability to imagine others' feelings and actions.

4.2.2. Discriminant Validity

Evidence for discriminant validity was provided in the form of null relationships between MQT scores and the STAI and CESD scores rating participants' anxiety and depression levels, respectively. This was confirmed, as there were no significant correlations, either for anxiety (R_{96} ranged from 0.03 to 0.10, $p > 0.05$) or depression (R_{96} ranged from 0.03 to 0.10, $p > 0.05$). The results showed only a significant correlation between the level of anxiety and the response to the question "How do you think that time flies by?" ($R_{96} = -0.26$, $p = 0.001$), indicating that the more anxious the participants were, the less they reported that time flies by. However, participants' answer to this question was not significantly correlated with the scores obtained with our MQT questionnaire on metacognitive knowledge about time distortions. In sum, the MQT tested knowledge about time distortions is distinct from the general feeling expressed by anxious and depressed people that time passes slowly (for a discussion see Droit-Volet, 2013b).

5. General Discussion

The aim of our study was to devise a metacognitive questionnaire about time that would make it possible to discriminate between individuals according to their knowledge about time distortions. In Study 1, we tested an initial questionnaire of more than 100 questions about a wide range of factors likely to affect time judgment, including, for example, coffee consumption, body temperature, stress and anger. The questions were asked both with reference to factors that can affect one's own temporal perception (Self scale) and those that can affect that of other people (Others scale). On both scales, inter-individual time judgment variance was explained only by two similar factors: one relating to attention and the other to emotion. The attention factor related to items that examined how the passage of time seems to change when attention is focused on, or diverted away from time processing in different contexts (e.g., boredom, interesting activities). The emotion factor consisted of items relating to how the passage of time seems to change in the presence of the emotional states of sadness or happiness. It was not possible from the responses to questions about other emotions (e.g., anger, stress) and other factors to differentiate between participants in terms of their time knowledge.

In Studies 1 and 2, the MQT showed good psychometric properties in terms of reliability, internal consistency and factorial structure. The two-factor solution (attention, emotion) was valid within a sample that included two different populations of participants (Studies 1 and 2), and the alphas indicated that both the overall scale and each scale factor were reliable. Moreover, convergent validity of the MQT scale was borne out in Study 3 by the fact that MQT subscales were positively and moderately correlated with the future dimension of time-orientation as

assessed by the ZTPI, and with empathy as assessed by the IRI. The significant relationships between the MQT and ZTPI revealed that our questionnaire was effective for measuring the time construct we set out to measure. Interestingly, the relationship found between the MQT and ZTPI was not with all the temporal dimensions of the ZTPI, but only the future dimension. In other words, the inter-individual variability in knowledge about time distortions was linked to the individuals' ability to project themselves in time, to follow the arrow of time. As regards empathy, the Self scale appeared to be strongly associated with empathic concern and personal distress, whereas the Others scale was correlated only with fantasy, which in the IRI corresponded to participants' tendency to transpose themselves imaginatively into the feelings and actions of fictitious characters in books, movies, and plays. As regards the difference between the emotion and attention components of the MQT, our results showed that emotion was significantly related to all empathy dimensions, although more so to the empathic concern dimension, whereas attention was related to empathic concern on the Self scale, but only to fantasy on the Others scale. In other words, participants' knowledge about distortions in others' time judgment seems to be related to their imaginative capacities. Understanding how time fluctuates for others would therefore involve a reflexive thought associated with a reduction of egocentrism.

In addition, and consistent with discriminant validity criteria, the results of Study 3 revealed a lack of association between the MQT scores and the scores for both anxiety (STAI) and depression (CESD). In other words, our questionnaire about time did not consist in an indirect measurement of another construct (emotional states), which is also supposed to affect time judgment. Overall, in the 3 studies we ran, our temporal questionnaire based on two factors (attention and emotion) met the criterion of construct validity. In sum, the MQT is a valid questionnaire for assessing inter-individual variability of knowledge about time distortions, at least for the Self scale MQT, as discussed later.

Studies in psychology on time have shown that many different factors lead to distortions of time judgments. For example, it has been shown that body temperature, psychostimulants and the emotional state of anger have a lengthening effect on time judgments. However, participants' responses to our questions did not enable us to discriminate between individuals with respect to these factor-related items. This is possibly due to the lack of inter-individual variability between the responses, with all participants fully agreeing or disagreeing that these factors affect time judgments. Indeed, the aim of our questionnaire was to discriminate between individuals according to their awareness of time distortions, and the non-discriminating items were therefore discarded. Another explanation could be that the time distortions observed in these studies stem from implicit time judgments based on automatic unconscious mechanisms. In line with this idea, some studies have observed adult-like time distortions in very young children with limited executive functions in the presence of anger or stimulant stimuli (clicks; Droit-Volet

& Meck, 2007; Droit-Volet & Wearden, 2002). These results have been explained in terms of automatic processes that increase the arousal level, which, in turn, speeds up the internal clock system. It is therefore important to make a distinction between the direct perception of time linked to the ‘internal clock’ and the explicit awareness of the passage of time based on processes involving introspective awareness. In other words, a subject could overestimate duration due to an acceleration of the internal clock, without being consciously aware of a slowing down of the passage of time. And, conversely, a subject could express the feeling that time slows down, but without slowing down of the internal clock mechanism. In other words, our questionnaire specifically focuses on individual awareness of factors affecting the sense of the passage of time. Indeed, our results from Study 3 highlighted the relationships between our MQT questionnaire and the dimensions of fantasy and future-orientation, which are two cognitive components linked to reflexive thought.

In particular, the aim of our study was to devise a questionnaire for discriminating between individuals according to their subjective experience of the passage of time. Our results revealed that only two factors have this capacity to discriminate. One relates to attention and the other to emotion. The attention factor was based on eight items, most of which were specific to attention *per se*, i.e., to the relationship between the subjective time experience and the everyday activities that capture attention to varying degrees (e.g., “When I am waiting, I feel time passes more slowly”). These attention items are entirely consistent with the results of a recent study conducted by Wearden et al. (2014) which showed that people are able to associate certain specific activities with the feeling that ‘time flies’ (happiness, attention demanding task) and other activities with the feeling that ‘time drags’ (sadness, boredom). In our study, however, one additional item (reverse item) referring to pain (SI2) (“When I feel a pain somewhere, I feel time passes more quickly”) was also included in the attention factor. One would think this item would cover more emotions than attention, but statistical analyses revealed it did not differ from the other attentional items. With regard to the emotion factor, there were four different items, two related to sadness, two to joy. The fact that sadness/joy affect feelings about the passage of time is consistent with the findings of studies that have shown that mood disorder (sadness) alters the subjective experience of time (Gallagher, 2012; Ratcliffe, 2012). In sum, the present study reveals that inter-individual differences in the experience of the passage of time can be identified primarily through how attention and emotion affect time judgments. The results of our studies have already revealed a first inter-individual difference relative to gender, with women being more aware of temporal distortions than men. This gender effect on awareness of time distortions is consistent with the results of the meta-analysis performed by Block et al. (2000) that suggested that females produce larger duration judgment ratios than males. However, the problem now

is to try to find the causes of this gender difference in how the passage of time is experienced.

Moreover, as reported previously, our analyses revealed that the MQT Self scale is a reliable questionnaire for assessing inter-individual variability in subjective time experience, unlike the Others scale. Indeed, Study 2 confirmed the reliability of the MQT for the Self scale but not for the Others scale. The Others scale MQT must be therefore re-tested. However, this suggests that participants may not really be aware of what affects other people's temporal judgments. This is consistent with the results of metamemory studies that showed that beliefs about memory functioning differ depending on whether the perceivers are judging themselves or someone else (Jameson et al., 1990). The interest of using the Others scale thus lies in future comparisons between healthy people and patients, known to make different metacognitive judgments for themselves and the others. Indeed, patients with schizophrenia have higher scores for general memory knowledge than for self-knowledge about their own memory abilities, whereas healthy people have high scores for both these types of knowledge. One explanation is that general memory knowledge includes academic knowledge about memory functioning learnt at school (Bacon et al., 2011). Unlike in the case of memory, there is no classroom learning about how humans ('others') may perceive time. Consequently, general knowledge about time probably suffers due to a lack of reliability. Finally, knowledge about time distortions might be judged to be very personal in nature ('own time') and difficult to generalize in other people. However, this does not mean the MQT's Others scale must be rejected outright, but using it requires running statistical analyses to confirm its internal validity. In conclusion, our study proposes a Metacognitive Questionnaire on Time that is useful as a tool for further investigating the role of explicit time knowledge in time judgments and its relationships with the internal clock mechanism (Lamotte et al., 2012). The MQT may also be useful for examining atypical subjective time experiences, thus helping identify disorders affecting how we experience time.

Acknowledgements

This work was supported by a grant from the French National Agency of Research (ANR TDE EMCO 2011) to Sylvie Droit-Volet.

References

- Bacon, E., Huet, N., & Danion, J. M. (2011). Metamemory knowledge and beliefs in patients with schizophrenia and how these relate to objective cognitive abilities. *Conscious. Cogn.*, 20, 1315–1326.
- Bech, P. (1975). Depression: Influence on time estimation and time experience. *Acta Psychiatr. Scand.*, 51, 42–50.

- Blewett, A. E. (1992). Abnormal subjective time experience in depression. *Br. J. Psychiatry*, 161, 195–200.
- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2000). Sex differences in duration judgments: A meta-analytic review. *Mem. Cogn.*, 28, 1333–1346.
- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychol.*, 134, 330–343.
- Block, R. A., Zakay, D., & Hancock, P. A. (1998). Human aging and duration judgments: A meta-analytic review. *Psychol. Aging*, 13, 584–596.
- Boucheron, C. (1995). Version française du M.I.A. (Metamemory in Adulthood) [= A French Version of the Metamemory in Adulthood]. *Eur. Rev. Appl. Psychol.*, 45, 163–170.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1992). Alternative ways of assessing model fit. *Sociol. Meth. Res.*, 21, 230–258.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nat. Rev. Neurosci.*, 6, 755–765.
- Conti, R. (2001). Time flies: Investigating the connection between intrinsic motivation and the experience of time. *J. Pers.*, 69, 1–26.
- Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303(5663), 1506–1508.
- Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *JSAS Cat. Sel. Doc. Psychol.*, 10, 85.
- Dixon, R. A., Hultsch, D. F., & Hertzog, C. (1988). The Metamemory in Adulthood (MIA) questionnaire. *Psychopharmacol. Bull.*, 24, 671–688.
- Droit-Volet, S. (2013a). Time perception in children: A neurodevelopmental approach. *Neuropsychologia*, 51, 220–234.
- Droit-Volet, S. (2013b). Time perception, emotions and mood disorders. *J. Physiol. Paris*, 107, 255–264.
- Droit-Volet, S., Fayolle, S., Lamotte, M., & Gil, S. (2013). Time, emotion and the embodiment of timing. *Timing Time Percept.*, 1, 99–126.
- Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our time perception. *Trends Cogn. Sci.*, 1, 504–513.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2002). Speeding up an internal clock in children? Effects of visual flicker on subjective duration. *Q. J. Exp. Psychol.*, 55B, 193–211.
- Gallagher, S. (2012). Time, emotion, and depression. *Emot. Rev.*, 4, 127–132.
- Goodwin, L. D. (2002a). Changing conceptions of measurement validity: An update on the new standards. *J. Nurs. Educ.*, 41, 100–106.
- Goodwin, L. D. (2002b). The meaning of validity. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 35, 6–7.
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Atten. Percept. Psychophys.*, 72, 561–582.
- Hoffer, A., & Osmond, H. (1962). The relationship between mood and time perception. *Psychiatr. Q. Suppl.*, 36, 87–92.
- Jackson, D. L., Gillaspay, J. A., & Purc-Stephenson, R. (2009). Reporting practices in confirmatory factor analysis: A review and some recommendations. *Psychol. Methods*, 14, 6–23.
- Jameson, K. A., Narens, L., Goldfarb, K., & Nelson, T. O. (1990). The influence of near-threshold priming on metamemory and recall. *Acta Psychol.*, 73, 55–68.
- Kline, R. B. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, NY, USA: Guilford Press.

- Koriat, A. (2007). Metacognition and consciousness. In P. D. Zelazo, M. Moscovitch, & E. Thompson (Eds.), *The Cambridge handbook of consciousness* (pp. 289–325). New York, NY, US: Cambridge University Press.
- Lamotte, M., Izaute, M., & Droit-Volet, S. (2012). Awareness of time distortions and its relation with time judgment: A metacognitive approach. *Conscious. Cogn.*, 21, 835–842.
- Lejeune, H., & Wearden, J. H. (2006). Scalar properties in animal timing: Conformity and violations. *Q. J. Exp. Psychol.*, 59, 1875–1908.
- Piaget, J. (1946). *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Radloff, L. (1977). The CESD-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Appl. Psychol. Meas.*, 1, 385–401.
- Ratcliffe, M. (2012). Varieties of temporal experience in depression. *J. Med. Philos.*, 37, 114–138.
- Sackett, A. M., Meyvis, T., Nelson, L. D., Converse, B. A., & Sackett, A. L. (2010). You're having fun when time flies. *Psychol. Sci.*, 21, 111–117.
- Sanders, S. A. (1986). Development of a tool to measure subjective time experience. *Nursing Res.*, 35, 178–182.
- Schafer, J. L., & Graham, J. W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychol. Methods*, 7, 147–177.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the state-trait anxiety inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Sunderland, A., Harris, J. E., & Baddeley, A. D. (1983). Do laboratory tests predict everyday memory? A neuropsychological study. *J. Verbal Learning Verbal Behav.*, 22, 341–357.
- Toner, B. (1987). The impact of agreement bias on the ranking of questionnaire response. *The J. Soc. Psychol.*, 127, 221–222.
- Van der Linden, M., Wyns, C., Coyette, F., Von Frenckell, R., & Seron, X. (1989). *Un questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire QAM*. Brussels, Belgium: Editest.
- Ware, J. E., Harris, W. J., Gandek, B., Rogers, B. W., & Reese, P. R. (1997). *MAP-R for Windows: Multi-trait/multi-item analysis program — revised user's guide*. Boston, MA, USA: Health Assessment Lab.
- Wearden, J. H., & Lejeune, H. (2008). Scalar properties in human timing: Conformity and violations. *Q. J. Exp. Psychol.*, 61, 569–587.
- Wearden, J. H., O'Donoghue, A., Ogden, R. S., & Montgomery, C. (2014). Subjective duration in the laboratory and the world outside. In V. Arstila & D. Lloyd (Eds.), *Subjective time: The philosophy, psychology, and neuroscience of temporality* (pp. 287–306). Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Wearden, J. H., & Penton-Voak, I. S. (1995). Feeling the heat: Body temperature and the rate of subjective time, revisited. *Q. J. Exp. Physiol. Psychol.*, 48, 129–141.
- Wittmann, M., Leland, D. S., Churan, J., & Paulus, M. P. (2007). Impaired time perception and motor timing in stimulant-dependent subjects. *Drug and Alcohol Depend.*, 90, 183–192.
- Wyrick, R. A., & Wyrick, L. C. (1977). Time experience during depression. *Arch. Gen. Psychiat.*, 34, 1441–1443.
- Zimbardo, P. G., & Boyd, J. N. (1999). Putting time in perspective: A valid, reliable individual-differences metric. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 77, 1271–1288.

4.2. Awareness of time distortions and its relation with time judgment: A metacognitive approach.



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Consciousness and Cognition

journal homepage: www.elsevier.com/locate/concog

Awareness of time distortions and its relation with time judgment: A metacognitive approach

Mathilde Lamotte, Marie Izaute, Sylvie Droit-Volet*

Clermont University, CNRS, Clermont-Ferrand, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 September 2011

Available online 18 March 2012

Keywords:

Timing

Time perception

Attention

Awareness

Metacognition

ABSTRACT

The perception of time cannot be reduced to a simple percept produced by an internal clock. The aim of the present study was therefore to investigate the role of the individual consciousness of time on temporal judgments. In the present study, the participants' awareness of attention-related time distortions was assessed using a metacognitive questionnaire. The participants were also required to verbally judge a series of stimulus durations in a single or a dual task condition. The results revealed that time was underestimated in the dual task compared to the single task. However, the accuracy of time judgments improved in line with the participants' individual awareness of attentional time distortion: The more aware they were of the role of attention in time perception, the lower the time distortions they exhibited. Conscious awareness of time therefore plays a role in the accuracy of the time judgments made by human beings.

© 2012 Elsevier Inc. All rights reserved.

1. Introduction

Most psychologists consider that human beings possess a primitive sense of time. They have found evidence of this in the ability of infants to estimate time accurately in different temporal discrimination tasks (Brannon, Suanda, & Libertus, 2007; Provasi, Rattat, & Droit-Volet, 2011; VanMarle & Wynn, 2006). Authors have therefore proposed models in which an internal clock mechanism provides the raw material for the representation of time (e.g., Gibbon, Church, & Meck, 1984; Treisman, 1963). According to the most popular internal clock models, a pacemaker-like system emits pulses that are transferred to an accumulator via a switch that closes and opens at the beginning and end of the stimulus to be estimated, respectively. The time judgment therefore directly depends on the number of pulses accumulated: The more pulses that are accumulated, the longer the duration is judged to be. The most widespread time distortions, such as the temporal underestimations observed in the dual-task paradigm, are therefore explained in terms of a loss of this temporal raw material (e.g., Fortin & Breton, 1995; Macar, Grondin, & Casini, 1994; Vanneste, Perbal, & Pouthas, 1999). When attention is diverted away from the processing of time by a non-temporal task, the switch is thought to open and a number of pulses are lost (Coull, Vidal, Nazarian, & Macar, 2004; Zakay & Block, 1996). Consequently, durations are judged to be shorter in dual than in single temporal tasks.

However, in time estimation tasks, temporal judgment cannot be explained solely in terms of the functioning of an internal clock mechanism. Decision processes may also affect temporal judgments. However, as pointed out by Wearden and Grindrod (2003), these processes have generally been neglected in studies devoted to the perception of time. In the main, the few studies to examine this topic have manipulated participants' decisions by using payoffs or feedback in temporal

* Corresponding author. Address: Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive, CNRS (UMR 6024), Universités de Clermont, Université Blaise Pascal, 34 Avenue Carnot, 63037 Clermont-Ferrand, France.

E-mail address: Sylvie.Droit-Volet@univ-bpclermont.fr (S. Droit-Volet).

tasks (e.g., Brown, Newcomb, & Kahrl, 1995; Droit-Volet & Izaute, 2005, 2009; Franssen & Vandierendondck, 2002; Montare, 1985, 1988; Wearden & Grindrod, 2003). The results have generally shown that feedback increases the accuracy and reduces the variability of time estimates. This observation is explained in terms of the idea that feedback either improves the representation of durations in reference memory or modifies the decision criteria. In conditions which make temporal discrimination difficult, participants would adopt a more conservative decision criterion when feedback is provided than when it is not, thus improving their time discrimination. However, by modeling the temporal discrimination performance of children of different ages characterized by different levels of temporal memory representation, Droit-Volet (2002) showed that the decision processes are closely related to the representation of durations in memory. Thus, the participants who have a fuzzier memory representation of time are more conservative in their temporal decisions. In a temporal bisection task, in which participants have to categorize stimulus durations as more similar to a short or a long anchor duration, Droit-Volet and Izaute (2009) allowed their participants not to respond when they were not sure of the answer and the results showed that temporal judgments also depend on the feeling of knowing. In this study, the participants who were less confident in their knowledge were indeed more conservative in their decision to respond short or long. By providing feedback in temporal tasks, these different studies have therefore shown that the participants' temporal knowledge may influence their time judgment through decision processes. The question is: do participants possess general knowledge about their sense of time that affects their time judgments independently of the implemented experimental manipulation.

Knowledge about knowledge is referred to as metacognition (Koriat, 2007; Nelson, 1996). Studies of metacognition have shown that individuals are conscious of their cognitive ability in a specific domain, and that this consciousness directly affects their strategies and their performance (Kornell & Metcalfe, 2006; Son, 2004; Son & Kornell, 2009; Son & Metcalfe, 2000). For example, when people have to learn a list of items in a short period, they prefer to choose the easier rather than the difficult items. However, when a longer period is available to them, they prefer to choose the more difficult items. It is therefore their awareness of their level of knowledge about the items which determines their learning strategies as a function of context.

In line with the research reported above, our assumption is that, in their everyday lives, individuals have direct introspective access to the content or character of their experience of time (Lamotte, Chakroun, Droit-Volet, & Izaute, *in preparation*). They are thus aware both of their own sense of time and of the factors that may distort their experience of time (Wittmann & Paulus, 2007). Very few studies have adopted this metacognitive approach to time perception. Recently, however, Sackett, Meyvis, Nelson, Converse, and Sackett (2010) revealed that the enjoyment of a task depends directly on the belief that time is thought to pass quickly independently of the actual time elapsed. In this study, the subjects used the subjective time as a cue on the basis of which the task was judged to be more or less enjoyable. The metacognitive experience of the progress of time therefore acts as an input into metacognitive judgments (Efklides, 2006).

As far as time knowledge and time estimation *per se* are concerned, everyone has experienced the fact that time flies when performing an interesting activity (Danckert & Allman, 2005; London & Monell, 1974; Sackett et al., 2010). In other words, people are conscious that perceived time shortens when their attention is distracted away from time. Consequently, by using a temporal dual task paradigm, the purpose of the present study was to examine whether the attention-related time distortion in a dual task compared to a single temporal task differs as a function of individuals' beliefs concerning the extent to which time perception is distorted when attention is distracted away from its processing. In addition, we have tested the effect of sex in order to verify that this control factor did not modify the time judgments (Block, Hancock, & Zakay, 2000).

2. Method

2.1. Participants

Thirty-three undergraduate students (15 men, 18 women; mean age = 21.2 years, *SD* = 1.80) from Clermont University participated in this experiment in return for course credits.

2.2. Material

The participants were seated in a quiet room in the laboratory in front a PC that controlled the experimental events and recorded the responses via E-prime software. The stimulus to be timed was a blue rectangle (361 mm × 270 mm) presented in the center of the computer screen. In addition, the participants were asked to complete a time distortion metacognition questionnaire (TDM questionnaire) with a series of different items such as «*when I am sad, I feel I am being slower*», «*when I drink coffee or tea, I find that the time goes faster*» or «*when I am in pain, I feel I am being slower*» and a specific item on attention «*The more I focus attention on time, the slower time goes.*» (Lamotte et al., *in preparation*). The participants completed the entire questionnaire in order to disguise the goal of the study related to attentional time distortions. However, the only item that we took account of for our specific experiment using the dual-task paradigm was: «*The more I focus attention on time, the slower time goes.*» The participants answered on a 5-point scale from 1 (totally disagree) to 5 (totally agree).

The participants were asked to complete a verbal temporal estimation task and the TDM questionnaire. The questionnaire order was counterbalanced across subjects (i.e., given before the temporal task for half the participants and after the temporal task for the other half). In the verbal temporal task, the participants had to judge the stimulus duration in milliseconds

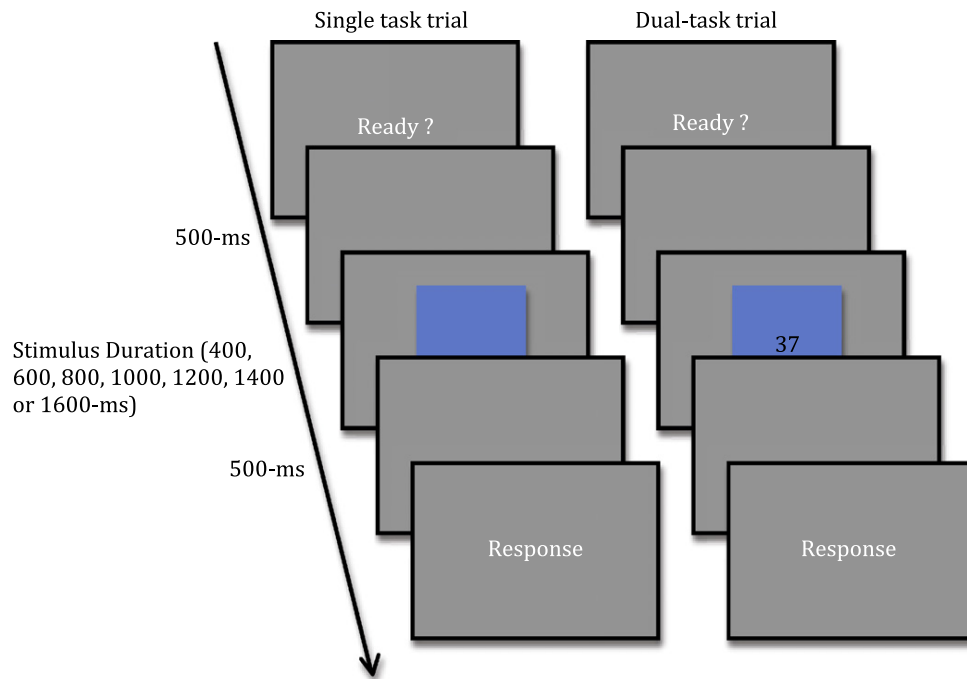


Fig. 1. Study design.

by giving their responses on the numeric keypad without being forced to make any particular estimate. They were nevertheless instructed that the stimulus durations were between 100 ms and 2000 ms and were reminded that 1000 ms = 1 s. There were 7 stimulus durations: 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 and 1600 ms. Two other durations (200, 1800 ms) were used during a preliminary demonstration phase which consisted of 8 trials, i.e. 4 for each duration. In the temporal task, each stimulus duration was presented in two conditions: a single-task condition and a dual-task condition (Fig. 1). In the single-task condition, the rectangle (stimulus) was presented alone. In the dual-task condition, the rectangle contained a series of digits presented in the center of the rectangle. The participants had to read this series of digits aloud backwards while simultaneously estimating the duration of the rectangle. The number of digits in the rectangle increased as a function of the stimulus duration from 2 to 4 as a function of the stimulus duration (2 for 400, 600 and 800-ms, 3 for 1000 and 1200-ms, 4 for 1400 and 1600-ms). Each number in the digit series was randomly chosen between 1 and 9 from one trial to another trial (e.g. 2 6, 8 3 or 3 7 for the series of 2 digits). At the beginning of one trial, the word «ready» appeared in the center of the computer screen. When the participants were ready, they started the trial by pressing on the space bar. 500-ms after the press bar, the rectangle was presented without (single task) or with the series of digits (dual task). When there were digits in the rectangle, the participants started and stopped the digit reading at the onset and the offset of the rectangle presentation, respectively. 500-ms after the end of the rectangle presentation, the word «response» appeared and the participants gave their response on the numeric keypad that ended the trial. The participants were therefore exposed to 9 blocks of 14 trials each (126 trials), i.e. 9 trials for each stimulus duration presented in the 2 experimental conditions.

3. Results

Two indexes of temporal estimation were used: (1) the mean accuracy and (2) the coefficient of variation. The mean accuracy corresponds to the difference between the estimated duration and the stimulus duration divided by the stimulus duration. An index value close to zero indicates that the stimulus duration is judged accurately while a value less than zero indicates that it is underestimated. The coefficient of variation is the ratio between the standard deviation and the mean duration. Analysis of variance (ANOVA) was performed for each index, with 2 between-subjects factors (sex and questionnaire order) and 2 within-subjects factors (task and stimulus duration), and with the score on the «attention» questionnaire mentioned above (TDM score), extracted from the TDM questionnaire, being used as covariate factor.

Fig. 2 presents the mean accuracy plotted against stimulus duration for the single and the dual task. The ANOVA on the mean accuracy revealed no significant effect of questionnaire order, $F(1,28) = .19$, $p = .67$. This indicates that the position at which the questionnaire was administered, i.e. before or after the temporal task, did not affect time estimation. There was also no significant effect of sex, $F(1,28) = 3.24$, $p = .08$. More interestingly, the ANOVA revealed a significant effect of task, $F(1,28) = 14.41$, $p = .001$. In line with the results of studies conducted using a dual-task paradigm, the stimulus durations

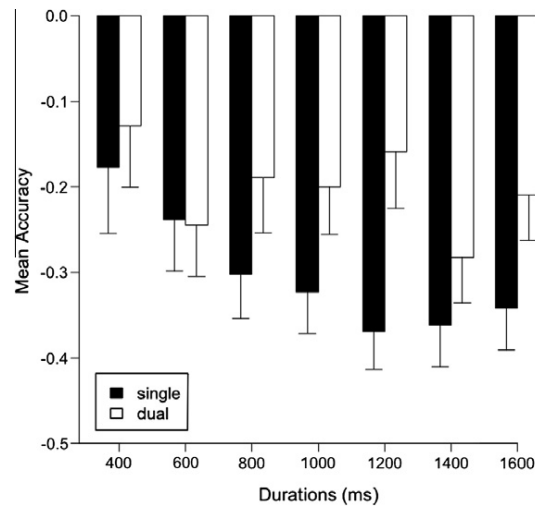


Fig. 2. Mean accuracy plotted against stimulus duration for the single and the dual temporal task.

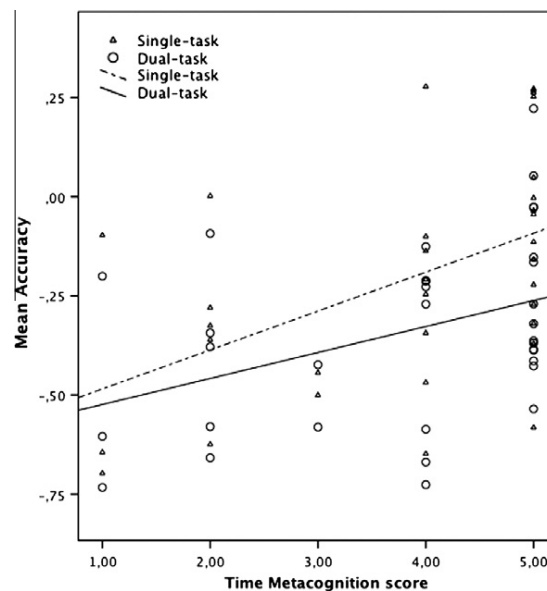


Fig. 3. Correlation between the time metacognition score and the mean accuracy for the single and the dual temporal task.

were underestimated more in the dual-task ($M = -.302$, $SD = .25$) than in the single-task condition ($M = -.202$, $SD = .29$). However, there was also a significant main effect of duration, $F(6, 168) = 6.10$, $p = .001$, as well as a significant task $\times$ duration interaction, $F(6, 138) = 5.61$, $p = .001$. Post-hoc Bonferroni tests revealed that the stimulus durations were systematically judged shorter in the dual than in the single task (all $ps < .05$), except for the two shortest stimulus durations (i.e., 400 and 600 ms).

More specifically, the ANOVA revealed a main effect of TDM score, $F(1, 28) = 5.83$, $p = .02$, and the TDM score just failed to interact significantly with the task, $F(1, 28) = 3.62$, $p = .07$. No other factor significantly interacted with the TDM score (all $ps > .05$). There was indeed a significant correlation between the TDM score and the mean accuracy for the two tasks collapsed together (Pearson correlation, $R = .42$, $p = .015$). Fig. 3 indicates the correlation between the TDM score and the mean accuracy for the single and the dual-task condition. There was a positive correlation between the TDM score and both the single, $R = .46$, $p = .007$, and the dual-task, $R = .34$, $p = .05$. In other words, the more the participants agreed with the idea that time is underestimated when attention is diverted away from it, the more accurate their temporal estimates were. However, this effect tended to be more pronounced in the single-task than in the dual-task condition.

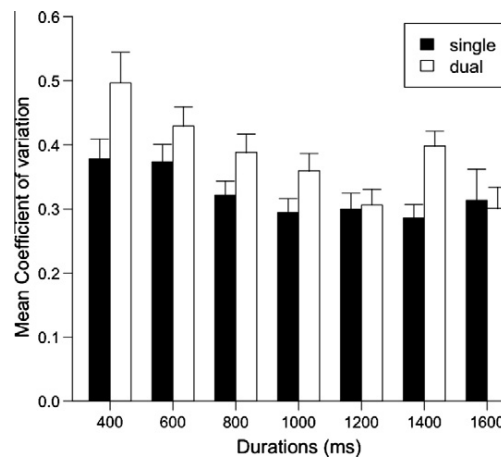


Fig. 4. Mean coefficient of variation plotted against stimulus duration for the single and the dual temporal task.

Moreover, we checked the correlations between temporal performance and the mean score to the TDM questionnaire on the whole included the series of different items (see method). As expected, there was no significant correlation between this general score and the mean accuracy neither for the single nor for the dual task (all p s > .05). There were only some significant correlations between the mean accuracy and the participants' response to some specific items : i.e., «when I am happy, I find time goes faster» (single task, $R = .46$, $p = .007$, dual task, $R = .43$, $p = .012$), «the more I am doing something difficult, the more faster time goes» (single task, $R = .46$, $p = .007$), «for most people, the action movies seems shorter than other movies» (single task, $R = .40$, $p = .04$), «for most people, difficulty tasks go faster» (Single task, $R = .47$, $p = .007$), «most of the people find that time longer when they are waiting» (dual-task, $R = .35$, $p = .04$), «I find time longer when I am waiting» (dual task, $R = .35$, $p = .05$). These different results confirmed that the better accuracy on our temporal task of laboratory was related to individual awareness of time distortions in certain contexts of everyday life.

The second ANOVA run on the coefficient of variation revealed no significant effect of questionnaire order, $F(1, 28) = 1.69$, $p = .20$. There was also no significant effect of TDM score, $F(1, 28) = .55$, $p = .46$, or any significant interaction involving this factor (all p s > .05). These results demonstrate that time distortion-related knowledge affected the magnitude of the distortion of the time estimates but not their variability (see Fig. 4). We only observed a significant effect of task, $F(1, 28) = 23.70$, $p = .0001$, and of duration, $F(6, 168) = 8.57$, $p = .001$, and the interaction between task and duration just failed to reach significance, $F(6, 168) = 2.36$, $p = .06$. This tends to indicate that the temporal estimates were more variable in the single than in the dual task and that temporal variability increased with the length of the stimulus duration. In addition, although there was no main effect of sex, $F(1, 28) = 1.04$, $p = .51$, the sex $\times$ duration interaction was significant, $F(6, 168) = 3.05$, $p = .007$. The Bonferroni tests suggest that temporal variability was greater in the women than the men but only for the two shortest stimulus durations ($p < .05$), with temporal variability being similar in both women and men for the other durations (all p s > .05).

4. Discussion

We often observe that our sense of time is mistaken, with time seeming to pass faster or slower than its objective measurement would indicate. In other words, in our everyday lives we experience how and why time flies or drags as a function of the situations we encounter. The original contribution of our study is the finding that the time judgments in a simple laboratory time estimation task with short durations were related to participants' individual consciousness of the way time fluctuates with attention in the everyday life. In other words, the temporal judgment of short durations is in part linked with individual subject's beliefs that «the more I focus on time, the slower time goes» derived from experiences of everyday life activities that are generally of longer duration of longer durations (waiting for bus, boring night party). More precisely, our results showed that the level of awareness of attentional time distortions was not associated with variations in the precision of temporal discrimination, the variability in time estimates remaining similar irrespective of the participants' level of temporal awareness. By contrast, it was connected with the magnitude of time distortions, with the temporal shortening effect being more reduced in participants with a greater level of temporal awareness. Our results did indeed reveal that the more aware the participants were of attention-related time distortions, the more accurate their estimations of stimulus durations were.

In line with the results of temporal studies using the dual-task paradigm (e.g., Block, Hancock, & Zakay, 2010; Brown, 1997; Grondin, 2010; Zakay, 1989), we found that stimulus durations were underestimated more in the dual task than in the single task condition, except in the case of the shortest durations (i.e., 400, 600 ms) which are processed automatically (Lewis & Miall, 2006). The attention-based internal clock models (Block & Zakay, 1996) explain this shortening effect for long durations in terms of the attentional resources required for their accurate processing. When attentional resources are consumed by the processing of other non-temporal information, a lower level of resources is available for the processing of time,

some pulses are lost, and time is judged shorter. However, the original feature of our study, which made use of a TDM questionnaire, was to show that the shortening did not depend only on a clock-related mechanism but also on the individuals' awareness of this temporal mechanism. Our results indeed showed a significant correlation between the time distortions in a temporal dual task and the subjective individual awareness of attentional time distortions. More precisely, our findings revealed that the shortening effect in a temporal dual task procedure decreased with the participants' increasing awareness that perceived time speeds up when we do not pay attention to time.

The role of participants' time knowledge in time judgments has been largely neglected in the literature, with psychologists hitherto being more interested in providing evidence of the existence of an internal clock mechanism in the brain which is able to account for the observation of accurate time measurements in humans. However, the present study suggests that the participants' awareness of subjective time distortions improve their time estimates in a dual-task paradigm. In other words, the judgment of short durations (ms) in an attentional laboratory task would be linked to individual beliefs that «the more I focus on time, the slower time goes». This awareness of attentional time distortions is derived from experiences of activities of everyday life whose durations are longer (multiple seconds) than those used in the laboratory tasks (ms). Nevertheless, the result of our study suggested that this general temporal awareness affects temporal judgments for short durations (ms), even if the mechanism involved in the processing of short durations are totally different from those involved in the feeling of passage of time. The impact of awareness of time as function of duration ranges to be estimated must be further investigated. Nevertheless this raised question: what role does this time awareness play in time judgments? In our study, metacognitive beliefs (knowing that divided attention will result in durations being underestimated) were correlated with more accurate verbal time estimations. In some memory learning studies, individuals' awareness of their cognitive capacities has been found to improve their performance because it causes them to use more efficient strategies (Dunlosky, Kubat-Silman, & Hertzog, 2003). For instance, Son and Kornell (2009) demonstrated that when people have to both manage their study activities and enhance their performance, they choose to study the easiest items first, but also allocate more study time to the more difficult items. Knowledge of attention-related time distortions may therefore influence time judgments by encouraging participants to increase their monitoring of their own attention and allocate more attention to time processing. This finding is consistent with the results obtained by Macar et al. (1994) who used an attention-sharing method in which the participants were asked to allocate various proportions of attention (i.e. 75% or 25%) to a time task. Indeed, controlled attention instructions produced temporal shortening effects in the same way as the dual task and distracter stimuli. Since our study did not reveal any effect of questionnaire order (before or after the temporal task), we can assume that our findings were due to the participants' individual strategies of attention monitoring based on their time knowledge which was activated by the experimental context.

In our study, the effect of the participants' awareness of time was observed not only in the dual task but also in the single task in which attention was focused on time. Contrary to our expectations, there was not a stronger correlation between the participants' awareness of the attention-time relation and their time judgments for the dual than for the single task. This is likely due to the fact that the participants were given the dual-task and the single-task trials in the same session (within subject condition) and not in two separate tasks. Consequently a general disposition related to time awareness would have been adopted during the session on the whole, and the participants would have not change their behavioral tendency from one to another trial. It would be nevertheless interesting to investigate in which specific condition the individual time awareness does not affect time judgments. Finally, in line with the assumptions set out above, we can suppose that, irrespective of conditions, the consciousness of time distortions leads participants to pay more attention to time processing when they are explicitly instructed to estimate time. A number of studies have indeed shown that the magnitude of the underestimation of time in dual tasks decreases with the increase of attentional control capacities (for a review, see Droit-Volet, 2011). It is also possible that participants who are aware of time distortions are more conservative in the criteria they use when estimating time. As stated in the introduction, children who are less confident in their time judgments are more conservative (Droit-Volet & Izaute, 2005, 2009). Finally, further studies are now required in order to try to identify the processes (attention vs. decision) involved in this time awareness effect on time judgments. Whatever the case, the awareness of time might allow participants to compensate for the effects of time distortions in explicit time judgments, in other words to fight against their natural tendency to distort time. Indeed, metacognitive studies have provided ample evidence that individuals tend to correct or discount the effects of some factors (Begg, Duft, Lalonde, Melnick, & Sanvito, 1989; Begg, Vinski, Frankovitch, & Holgate, 1991; Koriati, 1997).

Our study also raises the question of the inaccuracy of explicit temporal judgments in humans. This is the paradox identified by Droit-Volet and Gil (2009): why are our time estimates so inaccurate if we possess a sophisticated mechanism for measuring time? What clockmaker would keep such a clock? Another alternative hypothesis is to consider that there is no mechanism dedicated to the estimation of time (Wittmann, *in press*). According to Craig (2009), human judgments derive directly from our awareness of our self and body. Following this line of argument, grounded time theory (Droit-Volet, *in press*; Droit-Volet & Gil, 2009) suggests that when participants make explicit temporal judgments of new events for which they have not experienced any associated regular duration, their time judgments derive from the emotional and bodily states (sensation) experienced or reactivated during their interaction with the environment. Consequently, it seems possible that individuals who are more conscious of time distortions estimate time more accurately because they directly experience less time distortion than other people. However, there is no reason why time judgments should fully coincide with experienced time. It is therefore possible that the awareness of time distortions that results from their past experience of time may lead participants to compensate for the time distortions they experience, i.e., to recalibrate experienced time distortions in a way

that gives them a more objective appraisal of time. In sum, the study of the awareness of time and its effect on time judgments raises new questions and consequently opens up a new avenue of research.

Acknowledgment

This study was supported by a grant from the Agence Nationale de la Recherche (ANR) on Emotion(s), Cognition, Comportement (EMCO-2011) from France.

References

- Begg, I., Duft, S., Lalonde, P., Melnick, R., & Sanvito, S. (1989). Memory predictions are based on ease of processing. *Journal of Memory and Language*, 28, 610–632.
- Begg, I., Vinski, E., Frankovitch, L., & Holgate, B. (1991). Generating makes words memorable but so does effective reading. *Memory & cognition*, 19, 487–497.
- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2000). Sex differences in duration judgments: A meta-analytic review. *Memory & Cognition*, 28(8), 1333–1346.
- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychologica*, 134(3), 330–343.
- Block, R. A., & Zakay, D. (1996). Models of psychological time revisited. In H. Helfrich (Ed.), *Time and mind* (pp. 171–195). Kirland, WA: Hogrefe et Huber.
- Brannon, E. M., Suanda, S., & Libertus, K. (2007). Temporal discrimination increases in precision over development and parallels the development of numerosity discrimination. *Developmental Science*, 10(6), 770–777.
- Brown, S. W. (1997). Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception & Psychophysics*, 59(7), 1118–1140.
- Brown, S., Newcomb, D., & Kahl, K. (1995). Temporal-signal detection and individual differences in timing. *Perception*, 24, 525–538.
- Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303, 1506–1508.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel – now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 59–70.
- Danckert, J. A., & Allman, A.-A. A. (2005). Time flies when you're having fun: Temporal estimation and the experience of boredom. *Brain and Cognition*, 59, 236–245.
- Droit-Volet, S. (2002). Scalar timing in temporal generalization in children with short and long stimulus durations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55, 1193–1209.
- Droit-Volet, S. (2011). Child and Time. In A. Vatakis, A. Esposito, M. Giagkou, F. Cummins & G. Papdelis (Eds.), *Multidisciplinary aspects of time and time perception* (pp. 151–173). Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.
- Droit-Volet, S. (in press). What emotions tell us about Time. In D. Llyod & V. Arstila (Eds.), *Subjective Time: The philosophy, psychology, and neuroscience of temporality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The time–emotion paradox. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(525), 1943–1953.
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2005). The effect of feedback on timing in children and adults: The temporal generalization task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 58(3), 507–520.
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2009). Improving time discrimination in children and adults in a temporal bisection task: The effects of feedback and no forced choice on decision and memory processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(6), 1173–1188.
- Dunlosky, J., Kubat-Silman, A. K., & Hertzog, C. (2003). Training monitoring skills improves older adults' self-paced associative learning. *Psychology and Aging*, 18(2), 340–345.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational Research review*, 1, 3–14.
- Fortin, C., & Breton, R. (1995). Temporal interval production and processing in working memory. *Perception & Psychophysics*, 57(2), 203–215.
- Franssen, V., & Vandierendonck, A. (2002). Time estimation: Does the reference memory mediate the effect of knowledge of results? *Acta Psychologica*, 109(3), 239–267.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423, 52–77.
- 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.
- Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349–370.
- Koriat, A. (2007). Metacognition and consciousness. In P. D. Zelazo, M. Moscovitch, & E. Thompson (Eds.), *Cambridge handbook of consciousness* (pp. 289–325). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kornell, N., & Metcalfe, J. (2006). Study efficacy and the region of proximal learning framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(3), 609–622.
- Lamotte, M., Chakroun, N., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (in preparation). Development of a metacognitive approach of time perception: The time distortion metacognition questionnaire.
- Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2006). Remembering the time: A continuous clock. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(9), 401–406.
- London, H., & Monell, L. (1974). Cognitive manipulations of boredom. In H. London & R. Nisbett (Eds.), *Thought and feeling* (pp. 44–59). Chicago: Aldine.
- Macar, F., Grondin, S., & Casini, L. (1994). Controlled attention sharing influences time estimation. *Memory & Cognition*, 22(6), 673–686.
- Montare, A. (1985). Learning effects of knowledge of results upon time estimation. *Perceptual and Motor Skills*, 60(3), 871–877.
- Montare, A. (1988). Further learning effects of knowledge of results upon time estimation. *Perceptual and Motor Skills*, 66(2), 579–588.
- Nelson, T. O. (1996). Consciousness and metacognition. *American Journal of Psychology*, 51, 102–116.
- Provati, J., Rattat, A.-C., & Droit-Volet, S. (2011). Temporal bisection in 4-month-old infants. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 37(1), 108–113.
- Sackett, A. M., Meyvis, T., Nelson, L. D., Converse, B. A., & Sackett, A. L. (2010). You're having fun when time flies. *Psychological Science*, 21(1), 111–117.
- Son, L. K. (2004). Spacing one's study: Evidence for a metacognitive control strategy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(3), 601–604.
- Son, L. K., & Kornell, N. (2009). Simultaneous decisions at study: Time allocation, ordering, and spacing. *Metacognition and Learning*, 4(3), 237–248.
- Son, L. K., & Metcalfe, J. (2000). Metacognitive and control strategies in study-time allocation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(1), 204–221.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval. Implications for a model of the «internal clock». *Psychological Monographs*, 77(13), 1–31.
- VanMarle, K., & Wynn, K. (2006). Six-month-old infants use analog magnitudes to represent duration. *Developmental Science*, 9(5), 41–49.
- 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.
- Wearden, J. H., & Grindrod, R. (2003). Manipulating decision processes in the human scalar timing system. *Behavioural Processes*, 61, 47–56.
- Wittmann, M. (in press). Embodied time: The experience of time, the body, and the self. In V. Arstila, D. Lloyd (Eds.), *Subjective time: The philosophy, psychology and neuroscience of temporality*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Wittmann, M., & Paulus, M. P. (2007). Decision making, impulsivity and time perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(1), 7–12.

Zakay, D., & Block, R. A. (1996). The role of attention in time estimation processes. *Time, Internal Clocks and Movement*, 115, 143–164.

Zakay, D. (1989). Subjective and attentional resource allocation: An integrated model of time estimation. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), *Time and human cognition* (pp. 365–397). Amsterdam: North-Holland.

ERRATUM

An error appeared in two graphs (**Fig. 2.** Mean accuracy plotted against stimulus duration for the single and the dual temporal task. and **Fig. 4.** Mean coefficient of variation plotted against stimulus duration for the single and the dual temporal task) in the previous article. Colours are reversed. The corrected legends are thus: dual task in black bars and single task in white bars.

4.3. The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time.



The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time

S. Droit-Volet*, M. Lamotte, M. Izaute*

Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, CNRS, Clermont-Ferrand, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 November 2014

Revised 19 February 2015

Accepted 24 February 2015

Available online xxxx

Keywords:

Time

Emotion

Awareness

Consciousness

Timing

ABSTRACT

This study examined how the awareness of emotion-related time distortions modifies the effect of emotion on time perception. Before performing a temporal bisection task with stimulus durations presented in the form of neutral or emotional facial expressions (angry, disgusted and ashamed faces), some of the participants read a scientific text providing either correct or incorrect information on the emotion–time relationship. Other participants did not receive any information. The results showed that the declarative knowledge allowed the participants to regulate (decrease) the intensity of emotional effects on the perception of time, but did not trigger temporal effects when the emotional stimuli did not automatically induce emotional reactions that distorted time.

© 2015 Elsevier Inc. All rights reserved.

1. Introduction

The last decade has seen a huge growth in research into the effect of emotions on the perception of time, and especially that of the emotional facial expressions currently used for measuring people's emotions (for a recent review, see Droit-Volet, Fayolle, Lamotte, & Gil, 2013). Most of the studies that have used facial expressions as emotional stimuli have employed the temporal bisection task (e.g., Doi & Shinohara, 2009; Droit-Volet, Brunot, & Niedenthal, 2004; Gil, Niedenthal, & Droit-Volet, 2007; Tipples, 2008, 2011). In this task, participants are trained to recognize a short and a long standard duration. They are then presented with comparison durations, including the two standards and intermediate stimulus durations. Their task is to judge whether these comparison durations are more similar to the short or the long anchor duration. However, in studies involving emotions, the standard durations are presented in the form of a neutral stimulus (pink oval), while the comparison durations are presented as emotional stimuli, namely faces expressing different emotions. The results systematically show that the bisection functions shift toward the left, with a lowering of the bisection point (BP) (i.e., point of subjective equality), for faces expressing high-arousal emotions (i.e., anger, fear) compared to neutral faces, with the result that participants respond long more often for emotional facial expressions than for neutral expressions, even though both are presented for the same duration. Consequently, the perception of negative high-arousal emotional stimuli has been demonstrated to produce distortions in time judgment consistent with a lengthening effect.

This lengthening effect has been explained in terms of the perception of negative high-arousal emotional stimuli which increases the level of activation of the central nervous system and thus causes a speeding up of the internal clock system underlying the representation of time. According to the internal clock models, which are the models most frequently invoked

* Corresponding authors at: Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive, CNRS (UMR 6024), Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, 34 avenue Carnot, 63037 Clermont-Ferrand, France.

E-mail addresses: sylvie.droit-volet@univ-bpclermont.fr (S. Droit-Volet), marie.izaute@univ-bpclermont.fr (M. Izaute).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2015.02.021>

1053-8100/© 2015 Elsevier Inc. All rights reserved.

in order to account for behavioral data (Gibbon, 1977; Gibbon, Church, & Meck, 1984; Treisman, 1963), the subjective measurement of durations depends on the number of pulses emitted by a pacemaker-like clock system and accumulated during the stimulus duration to be timed. When the clock runs faster, more pulses are accumulated and time is judged to last longer. The speeding-up of the internal clock system in threatening conditions would result from an automatic survival mechanism which prepares the organism to act as quickly as possible when confronted with a potential danger, e.g. to attack or flee when faced with an aggressive person (Droit-Volet & Meck, 2007). Indeed, there is ample evidence that threatening situations automatically trigger innate defense responses in both humans and animals (LeDoux, 1998, 2000). In threatening conditions, individuals are therefore ready to act quickly because their internal clock runs faster and they experience the passage of time as lasting longer than normal. However, human time judgments in an emotional context cannot be reduced to an automatic process of action readiness. As suggested by theories of the appraisal of emotion, the behavioral expression of emotions also depends on people's cognitive appraisal of their emotional state and of the events that have induced this emotional state (Lazarus, 1991; Scherer, 2001). Introspective awareness of an emotional reaction that is too intense for a given situation can, for example, lead individuals to reduce the behavioral expression of emotion (Sanders & Scherer, 2009).

The aim of the present study was to examine how the declarative knowledge of emotion-related time distortions modulates the effect of emotional stimuli on time perception. No study of the role of individual awareness of emotion-related time distortions has investigated the effect of emotion on the judgment of time. However, a recent study has examined how subjects' awareness of the fluctuation of the passage of time in their everyday lives affects their time judgments in a laboratory situation (Lamotte, Izaute, & Droit-Volet, 2012). In this study, the participants were required to estimate stimulus durations in a single temporal task and a dual-task in which they had to process both temporal and non-temporal information. The results replicated those found in numerous studies and showed that the stimulus durations were judged shorter in the dual-task than in the single temporal task (e.g., Coull, Vidal, Nazarian, & Macar, 2004; Fortin, Rousseau, Bourque, & Kirouac, 1993; Macar, Grondin, & Casini, 1994). However, the extent of this shortening effect was smaller in the participants who were more conscious of being subject to time distortions in their everyday lives. In this study, the degree of consciousness was assessed through subjects' responses to the statement "the more I focus attention on time, the slower time goes". The results thus revealed a significant correlation between agreement with this statement and temporal accuracy: The more the participants agreed with the statement, the smaller the distortion of their time judgments in the dual-task was. Based on metacognitive studies, the authors argued that the participants' individual knowledge of time distortion caused them to monitor the attentional resources they allocated to time processing. The participants thus developed a cognitive control strategy allowing them to compensate for their tendency to shorten time when they performed a secondary non-temporal task. In conclusion, people's individual consciousness of their temporal abilities also contributes to their time judgments.

In the emotion-related domain, no studies have investigated the effect of individual knowledge on the perception of time. Using an extensive series of questions, Lamotte, Chakroun, Droit-Volet, and Izaute (2014) assessed individuals' explicit knowledge and beliefs about factors that may affect how time is perceived. Factorial analyses allowed the authors to extract two discriminant factors: one related to attention and the other to emotion. However, as far as emotion was concerned, there was individual variability in the consciousness of time distortions in the presence of happiness and sadness, but not in response to the high-arousal emotions of anger or fear, even though these emotions have a considerable impact on time perception. As reported above, this may be due to the temporal effects produced by these basic emotions, which derive directly from automatic unconscious mechanisms. Consequently, to examine the effect of individual knowledge of emotion-related time distortions, we decided to compare angry faces and neutral faces, and to manipulate the knowledge provided to the participants before they performed the temporal bisection task. To do this, we provided some of the participants with a text which they had to read before performing the temporal task and which contained either correct or incorrect information about the effect of emotion on time perception. More specifically, the text stated that the perception of an angry face produces a lengthening of time (true information) or a shortening of time (false information) compared to that of a neutral face. Certain other participants did not receive any information. Our hypothesis was that declarative knowledge of emotion-related time distortions would modulate the basic effects of emotional stimuli on the perception of time in bisection.

2. Experiment 1

2.1. Method

2.1.1. Participants

Fifty-two women students ($M = 19.35$, $SD = 1.37$) from Blaise Pascal University (Clermont-Ferrand, France) took part in this study in return for course credits after signing a consent form to participate in the experiment.

2.1.2. Materials

The participants were tested individually in a quiet room in the laboratory of the Psychology department. They were seated in front of a PC computer that controlled the experiment and recorded the data via an E-prime program (1.2. Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). They gave their responses by pressing the *D* ("Short") and *K* ("Long") keys on the computer keyboard and the button-press assignment was counterbalanced across subjects. The stimuli to be timed were an oval with a mottled texture (white, gray, black) in the training phase and the faces of 3 different women in the testing

phase, all presented at the center of the computer screen against a black background. These faces were taken from a validated set of facial expressions (Ekman & Friesen, 1976). Two emotional expressions were used: an intense expression of anger and a neutral expression.

2.1.3. Procedure

Participants were randomly assigned to one of the 3 groups as a function of the information received before performing the temporal bisection task: true information, no information, and false information. In the true information group, a text informed participants that, according to time research, angry faces cause a subjective lengthening of time in humans, with the result that the presentation time of angry faces tends to be overestimated compared to that of neutral faces. In the false information group, the text wrongly informed the participants that angry faces cause a subjective shortening of time, with the result that the presentation time of angry faces tends to be underestimated compared to that of neutral faces. In the no-information group, the participants did not read any text before the temporal bisection task.

In all the experimental groups, the participants were given a temporal bisection task consisting of a training and a testing phase. In the training phase, the short (400-ms) and the long (1600-ms) standard duration was presented five times each, in a random order, in the form of an oval and the participants were trained to press the corresponding button on the keyboard to respond “Short” or “Long”. In the testing phase, they were presented with 7 comparison durations which took the form of facial expressions. Two of these were identical to the short and the long standard (400, 1600-ms) and five had intermediate values (600, 800, 1000, 1200 and 1400-ms). The participants had to judge whether these comparison durations were more similar to the short or to the long standard duration. Each participant was given 126 trials, i.e. 9 trials for each of the 2 emotional expressions (neutral vs. anger) for the 7 comparison durations. The 9 trials consisted of 3 trials for the 3 different women. The trials were randomly presented within each block of 42 trials (3 women $\times$ 2 emotions $\times$ 7 durations) and the inter-trial interval was between 1 and 2 s.

In addition, after the bisection task, the participants assessed the arousal level of the angry and neutral expressions of the 3 different female faces using the 9-point scale of the Self-Assessment Manikin (SAM) (Lang, Bradley, & Cuthbert, 2008). The presentation duration of the facial expressions was at the mid-point between the short and the long standard durations, i.e. 600 ms. In each group, the participants therefore rated 6 different emotional stimuli presented in a random order (3 faces $\times$ 2 emotions).

2.2. Results

Fig. 1 shows the proportion of “long” responses ($p(\text{long})$) plotted against the comparison durations for the neutral and the angry facial expressions in the 3 information groups (true information, no-information and false information). An examination of Fig. 1 shows that the psychophysical functions were shifted toward the left, consistent with a lengthening effect, for the angry faces compared to the neutral faces, except in the false information group. This finding was confirmed by the statistical analyses run on the Bisection Point (BP). Statistical analyses were initially run on $p(\text{long})$ but are not reported because they provided results similar to those obtained for the BP. The BP is the point of subjective equality at which the stimulus duration is judged long as often as it is short ($p(\text{long}) = .50$). This temporal parameter was derived from the significant fit of the individual data with the pseudo-logistic function which provided good fits for the bisection data in the different conditions. A second parameter, the Weber Ratio (WR), was also calculated. This is the difference limen ($(D(p(\text{long}) = .75) - D(p(\text{long}) = .25))/2$), divided by the BP. It is an index of time sensitivity: The lower the WR, the steeper the psychophysical function and the higher the sensitivity to time.

However, the statistical analyses on the WR (Table 1) did not reveal any significant effect (all $p > .05$). In line with the results of numerous studies of emotions (for reviews, see Droit-Volet, 2013; Droit-Volet et al., 2013), this indicated that the perception of emotional facial expressions did not change the sensitivity to time. In contrast, the ANOVA run on the BP with faces as within-subjects factor and information as between-subject factor revealed a significant main effect of faces, $F(1, 49) = 4.58$, $p = .04$, $\eta_p^2 = .09$, while the main effect of information, $F(2, 49) = 0.45$, $p = .64$, and the faces $\times$ information interaction, $F(2, 49) = 1.89$, $p = .16$, did not reach significance. This suggests that the BP was systematically lower for the angry than for the neutral faces. The emotion-related lengthening effect on the perception of time thus tended to emerge with the omnibus analysis of variance using 3 information conditions whose 2 conditions with lengthening-based instructions. However, as suggested by several researchers in statistics (Furr & Rosenthal, 2003; Judd, 2000; Rosenthal & Rosnow, 1985), in order to evaluate our theoretical predictions efficiently (a priori hypothesis), we decided to run a one-way ANOVA on BP for each information groups taken separately. The analyses revealed that the difference in the BP between the neutral and the emotional faces, $F(1, 17) = 5.55$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .25$, was significant in the no-information and the true information conditions, $F(1, 16) = 8.31$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .34$. Nevertheless, the differences in the BP between the neutral and the emotional faces did not reach significance between these two conditions, although the leftward shift of the bisection function seemed to be greater in the true information than in the no-information condition ($p > .05$). In addition, in the false condition, in which the participants received incorrect information about the effect of emotion on time perception, the significant difference in the BP between the neutral and the angry faces was no longer observed, $F(1, 16) = 0.07$, $p = .81$.

The ANOVA on the subjective assessment of the arousal level (Self-Assessment Manikin) induced by the perception of faces confirmed a significant main effect of faces (Angry faces: $M = 5.54$, $SE = .25$; Neutral faces: $M = 2.56$, $SE = .16$, $F(1, 48) = 114.87$, $p = .0001$, $\eta_p^2 = .71$), whereas the effect of information and the information $\times$ faces interaction failed to reach

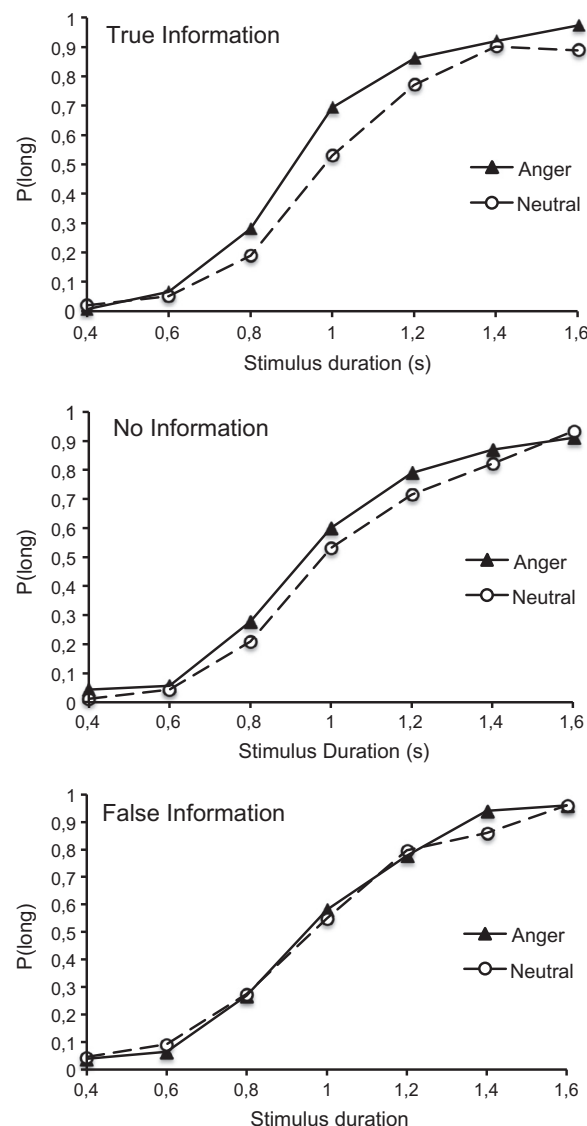


Fig. 1. Proportion of long responses ($p(\text{long})$) plotted against stimulus durations (s) for the angry and the neutral facial expressions when the participants received true information, no-information or false information.

significance (all $p > .05$). Consequently, in each information condition, the angry faces were always judged to be more arousing than the neutral faces.

In summary, the results of Experiment 1 suggest that the effect of emotional faces (angry faces) on the perception of time tended to emerge in all experimental conditions. However, when the participants received information that contradicted observed behavior, the emotional effect did not reach significance. The false information thus suppressed/reduced the time distortion initially induced by the emotional stimuli. Our results also suggest that this knowledge is not in itself capable of producing a time distortion in bisection. Indeed, the incorrect information did not produce a temporal effect on time judgment in the opposite direction (shortening) to that originally observed in the no-information condition. Although the participants received information indicating that the perception of angry faces produces a shortening effect, they did not judge the period of presentation of the angry faces to be shorter than that of the neutral faces. Consequently, explicit information about the nature of the emotional effect on time perception seems to modulate the basic emotional effect on time judgment, rather than produce an effect by itself. In order to verify the role of false information in time judgments, we decided to conduct a second experiment examining the effect of different types of false information on the time judgment of faces expressing different emotions: namely anger, disgust and shame. As confirmed by Experiment 1, the facial

Table 1

Mean and standard error of bisection points and Weber ratios for the neutral and anger faces in the groups receiving true information, no-information and false information.

	Bisection point		Weber ratio	
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
<i>True information</i>				
Neutral	975	43.25	0.17	0.11
Anger	903	40.61	0.14	0.06
<i>No-information</i>				
Neutral	1014	42.03	0.17	0.12
Anger	953	39.47	0.18	0.11
<i>False information</i>				
Neutral	934	43.25	0.19	0.16
Anger	945	40.61	0.16	0.09

expression of anger produces a lengthening effect in the no-information context. Some studies have found that, in contrast to the expression of anger, the perception of disgusted and ashamed faces did not produce lengthening effects on the perception of time in bisection (Droit-Volet & Meck, 2007; Gil & Droit-Volet, 2011a,b). Consequently, in order to examine whether explicit information can produce a temporal effect that is not dependent on the task (emotional context), two opposing types of false information were given to the participants. For the angry and the disgusted faces judged as arousing, the participants were informed that the perception of angry/disgusted faces shortens time estimates (shortening effect), and, for the ashamed faces judged as non-arousing, that the perception of shameful faces lengthens time estimates (lengthening effect). Our hypotheses was that the false information would only have a significant effect on time judgment when the perception of emotional faces originally produced a time distortion in the no-information condition, i.e., in the case of the angry faces but not the disgusted and the ashamed faces.

3. Experiment 2

3.1. Participants

One hundred and nineteen new female students ($M = 19.77$, $SD = 1.52$) from Blaise Pascal University participated in this experiment in return for a course credit and after signing a consent form.

3.1.1. Material and procedure

The material and the procedure were the same as those used in Experiment 1, except for the emotional material to be timed which took the form of faces expressing 4 different emotions: anger, disgust, shame and a neutral emotion. The angry and disgusted faces were selected from Ekman's battery (Ekman & Friesen, 1976) and the ashamed faces from that compiled by Beaupré and Hess (2005) as also used in Gil and Droit-Volet's study (2011b). The participants were assigned to the angry ($N = 40$), the disgust ($N = 39$) or the shame ($N = 40$) group. In each group, there were two sub-groups of participants that differed as a function of the information received (false information vs. no-information). In the false information group, the text incorrectly informed the participants that ashamed/disgusted/angry faces cause a subjective lengthening/shortening/shortening of time, so that ashamed/disgusted/angry faces tend to be overestimated/underestimated/underestimated compared to neutral faces. In the no-information groups, the participants did not read any text before performing the temporal bisection task.

3.2. Results

Fig. 2 shows the bisection functions for the anger, disgust and shame groups when the participants received no information or false information. Overall Analyses of Variance were performed on BP and WR with two between-subjects factor (emotional group, information group) and one within-subjects factor (emotional faces vs. neutral faces). The BP and WR were derived from the significant fits of individual data obtained with the pseudo-logistic function (Table 2). As in Experiment 1, the analyses on WR did not show any significant effect (all $p > .05$), suggesting that sensitivity to time remained constant in the different experimental conditions. More interestingly, the ANOVA on BP revealed a 3-way interaction between emotional group, information group and faces, $F(2, 113) = 5.58$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .09$, with a significant main effect of faces, $F(1, 113) = 6.55$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .06$. Subsequently, an ANOVA was run on BP for each emotional group taken separately. For the anger group, there was a significant main effect of faces, $F(1, 38) = 9.98$, $p = .003$, $\eta_p^2 = .21$, and a significant faces $\times$ information interaction, $F(1, 38) = 12.25$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .24$, with the main effect of information being non-significant ($p > .05$). This interaction indicated that the difference in the BPs between the angry and the neutral faces was significant in the no-information group, $t(19) = 5.98$, $p = .001$, whereas it did not reach significance in the false information group, $t(19) = 0.21$, $p = .84$. Unlike the anger group, for the disgust group and the shame group there were no significant main effects of faces ($F(1, 37) = .39$,

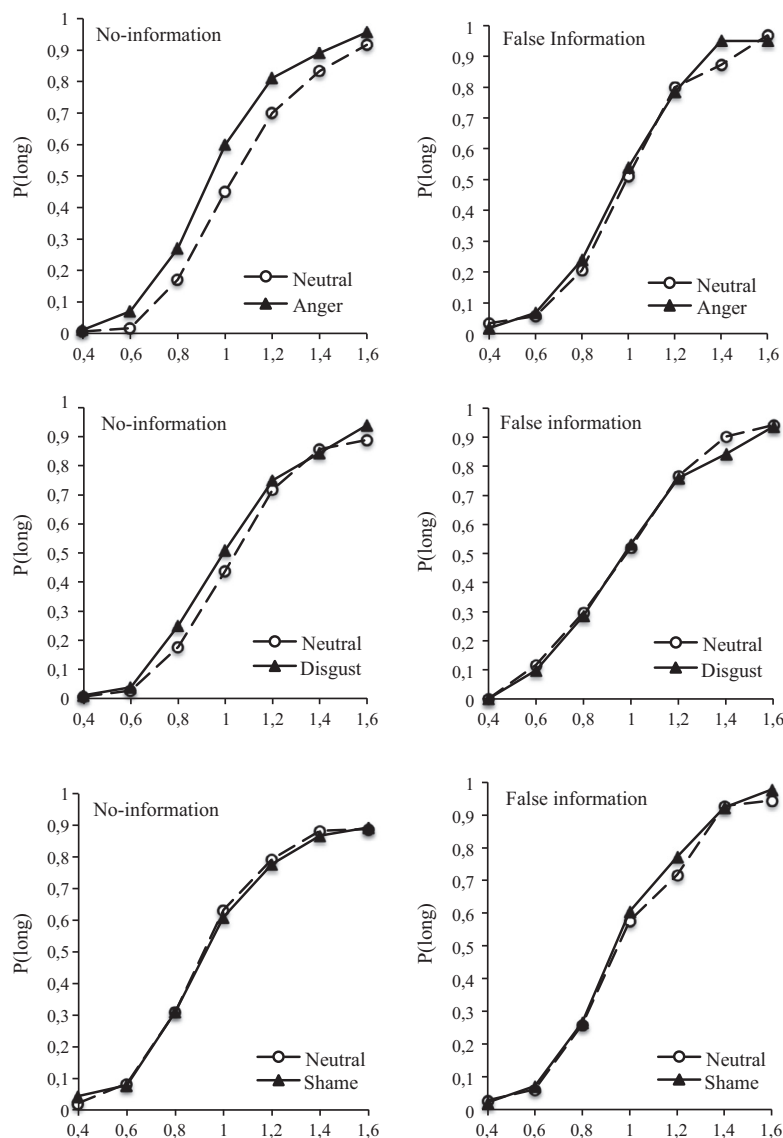


Fig. 2. Proportion of long responses ($p(\text{long})$) plotted against stimulus durations (s) for the neutral and the emotional facial expressions (anger, disgust and shame) when the participants received no-information or false information.

$F(1,38) = .64$, respectively) or information group ($F(1,37) = .99$, $F(1,38) = .25$), and no significant interaction involving these two factors ($F(1,37) = .74$, $F(1,38) = 2.87$) (all, $p > .05$).

The ANOVA on the self-assessment Manikin scores for arousal with the faces and the information as factors showed that the participants judged the disgusted faces to be more arousing than the neutral faces (5.02 vs. 2.95), regardless of information condition (only a significant main effect of faces, $F(1,37) = 39.19$, $p = .0001$, $\eta_p^2 = .52$), whereas the ashamed faces were judged to be as low arousing as the neutral faces (3.43 vs. 3.23) (all effects, $p > .05$). To summarize, the results of Experiment 2 confirmed that explicit information that described an erroneous relationship between time and emotion reduced the temporal effect that was automatically produced by emotional faces in the no-information condition (anger groups), but was not powerful enough to produce either a shortening or lengthening temporal effect when no emotional effect was originally observed in the no-information condition (disgust and shame groups).

4. General discussion

The present study examined how declarative knowledge modulates the effect of emotional stimuli (facial expression) on time judgments in a bisection task. First of all, the results found in the no-information groups replicated those found in

Table 2

Mean and standard error of bisection points and Weber ratios in the anger, the disgust and the shame condition for the neutral and emotional faces in the no-information and the false information group.

	Bisection point		Weber ratio	
	M	SE	M	SE
Condition: Neutral-anger				
<i>No-information</i>				
Neutral	1063	38.2	0.17	0.02
Anger	923	38.6	0.18	0.02
<i>False information</i>				
Neutral	1010	38.2	0.17	0.02
Anger	1017	38.6	0.13	0.02
Condition: Neutral-disgust				
<i>No-information</i>				
Neutral	1024	34.2	0.16	0.01
Disgust	985	42.8	0.17	0.02
<i>False information</i>				
Neutral	953	35.0	0.19	0.02
Disgust	959	43.9	0.21	0.02
Condition: Neutral-shame				
<i>No-information</i>				
Neutral	921	36.7	0.20	0.02
Shame	936	38.1	0.22	0.03
<i>False information</i>				
Neutral	974	36.7	0.16	0.02
Shame	932	38.1	0.15	0.03

numerous studies showing a lengthening of perceived durations in response to negative high-arousal emotional stimuli compared to neutral stimuli. Indeed, the psychophysical function in bisection was shifted toward the left and the BP was significantly lower for the angry faces than for the neutral faces. Even though emotional reactions are always a difficult material to work with (Fayolle & Droit-Volet, 2014), this finding indicates that the distortion of time in response to the effect of a high-arousal emotion is robust.

More interestingly, our results revealed the important role played by declarative knowledge in the effect of emotional stimuli on the judgment of time. Indeed, when the participants were told either that the perception of angry faces produces a lengthening effect (true information) or that it leads to a shortening effect (false information), the effects of corresponding facial expression on the judgment of time were amplified and reduced, respectively. Nevertheless, in our study, the down-regulation of emotional effects on time perception seemed to be more significant than their up-regulation. As expected, our results were thus entirely consistent with the appraisal theories of emotion, which hold that an individual's focus on affect and/or emotional context may change his or her expression of emotion (for a review, see Grandjean & Scherer, 2009). However, our results also demonstrated that the declarative knowledge modulated, i.e. reduced, the emotional effects on the perception of time, but did not trigger a temporal effect. Indeed, in Experiment 1, the false information about a shortening effect reduced the lengthening effect originally observed in the no-information condition, with the result that the significant temporal difference between the angry and the neutral faces was no longer observed. However, this false information did not lead to a shortening effect consistent with the description of emotion–time relationships presented in the information text seen by the participants. Similarly, in Experiment 2, the false information about a shortening effect in the case of disgusted faces and a lengthening effect in the case of ashamed faces did not result in any effect, either shortening or lengthening, on time judgments. In particular, in the no-information group, these emotional facial expressions did not spontaneously induce an emotional reaction that significantly altered the judgment of time in bisection (see also, Droit-Volet & Meck, 2007; Gil & Droit-Volet, 2011a,b). To summarize, when emotional effects automatically occurred in response to emotional stimuli (angry faces), knowledge modified the intensity of this effect on the perception of time. However, when emotional effects did not automatically occur in response to emotion stimuli, the declarative knowledge did not cause this effect to emerge. Consequently, our study demonstrates that declarative knowledge seems to regulate rather than trigger the effects of emotional stimuli on time judgment. In other words, emotional knowledge inhibits and, to a lesser extent, enhances the emotional effects on the perception of time, but is not in itself able to generate a temporal effect. Overall, our results are consistent with appraisal models of emotion that argue that although emotions are triggered by emotional stimuli, cognitive appraisal nevertheless permits a certain flexibility in emotional responses (Grandjean & Scherer, 2009). As explained by Scherer (2001), the role of conscious processes lies in the cognitive regulation of emotion.

We can thus assume that the internal clock system speeds up automatically in response to the perception of threatening stimuli (Droit-Volet et al., 2013). However, the question that can be raised now is: at what level of time processing does cognitive regulation act to modify the distortion of time triggered by emotion? Fig. 3 illustrates different hypotheses. In his attentional theory, Zakay (1992) referred to the level of relevance and importance of time in a given context. His idea is that the level of temporal relevance will increase the level of temporal awareness which should, in turn, modify the amount of

attention devoted to time. This interpretation therefore supports the idea that temporal awareness acts as an attentional control. If this is indeed the case, we can assume that participants pay less attention to emotional stimuli that are considered as less relevant. This is the case, for example, of an angry friend whose anger has less of an effect on you when you consider him or her to be completely hysterical. The significance of his/her anger in terms of behavior is thus reduced. A first hypothesis (panel 1, Fig. 3) is therefore that participants divert attention away from the emotional stimuli and try, for example, to ignore their hysterical friend. According to the internal clock models, attention acts at an early stage of time processing via an attentional gate mechanism or an attention-controlled switch that connects the pacemaker-like system to the accumulator (Lejeune, 1998; Thomas & Weaver, 1975; Zakay & Block, 1996, 1998). Following this line of argument, Lamotte et al. (2012) explained that participants' knowledge of their subjective time distortions leads them to use attention monitoring strategies that reduce these time distortions in an experimental context. We can therefore assume that, when people allocate fewer attentional resources to emotional stimuli that are considered as less significant, the attentional gate between the pacemaker and the accumulator is less open and that the number of pulses entering the accumulator is therefore reduced.

However, the control of attention can also act at a later stage of time processing, i.e. not before but after the accumulator. The volume of pulses produced by an automatic acceleration of the internal clock rate in a threatening situation could thus automatically enter the accumulator (Droit-Volet, 2013). The second hypothesis (panel 2, Fig. 3) is therefore that the control of attention consists in inhibiting, or erasing, in memory the temporal content that automatically enters the accumulator.

The third hypothesis is that judging emotional stimuli to be irrelevant reduces the level of arousal induced by these emotional stimuli, which in turn reduces the speed of the internal clock (panel 3, Fig. 3). This approach considers that the participants themselves down-regulate the physiological reactions induced by the emotional stimuli. In a recent study, Peira, Fredrikson, and Pourtois (2014) showed that healthy participants can efficiently use detectable biofeedback (heart rate) to reduce their emotional reactions in response to visual emotional stimuli. In the domain of timing, Meissner and Wittmann (2011) measured participants' awareness of heart rate by asking them to attend to their own heartbeats and count them silently. These authors found that the more aware subjects were of their heartbeat, the more accurately they performed in a duration reproduction task. In sum, it is possible that the participants used bodily information to consciously down-regulate their emotional reaction, thus attenuating the speeding-up of the internal clock. In the theories of embodied time it has been suggested that the self-awareness of bodily information contributes to time judgment (e.g., Craig, 2009; Droit-

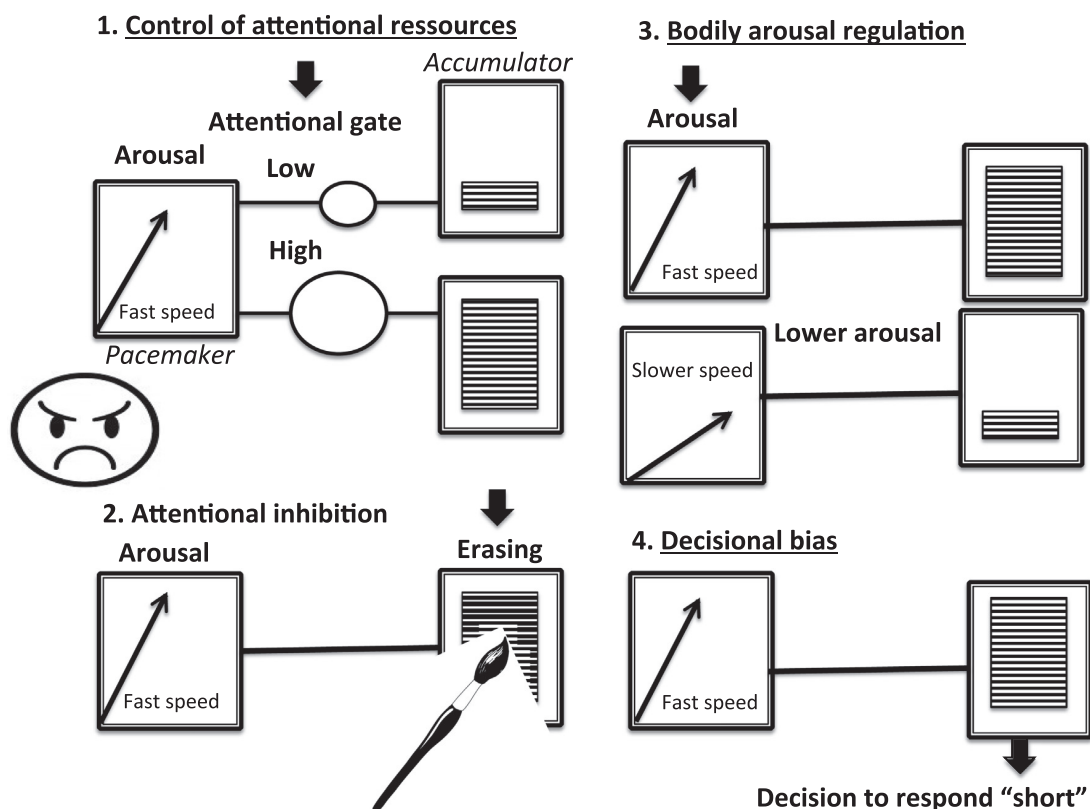


Fig. 3. Hypotheses about the level of time processing at which cognitive regulations act to modify the distortion of time triggered by emotion: (1) control of attentional resources, (2) attention inhibition, (3) bodily arousal regulation and (4) decisional bias.

Please cite this article in press as: Droit-Volet, S., et al. The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time. *Consciousness and Cognition* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2015.02.021>

Volet, 2014; Droit-Volet & Gil, 2009; Droit-Volet et al., 2013; Wittmann, 2014). However, in our study, the scores on the self-assessment of arousal level in response to the perception of angry faces did not change with the nature (false or true) of the explicit information received.

A fourth hypothesis relates to decision-making bias. This holds that participants would respond “short” more often because they are aware of their tendency to respond long in emotional conditions. Such a tendency would mask the lengthening effect at the behavioral level. However, the modeling of individual bisection data demonstrates that changes in decisional processes only affect the proportion of responses in the middle of the bisection curve, i.e. in the case of “ambiguous” durations when the participants do not know whether the durations are more similar to the short or the long standard (Droit-Volet & Wearden, 2001; Wearden & Jones, 2013). In particular, this bias in the middle of the psychophysical functions was not observed in our false information groups.

Finally, there is a series of hypotheses concerning the mechanisms that mediate the effects of knowledge on emotion-induced time distortions that require the conduction of further experiments before they can be validated. Regardless of the mechanisms involved, the original contribution of our study is to reveal the important role of temporal awareness in determining the extent of subjective time dilation under the effect of emotion.

Acknowledgments

The authors would like to thank Laëticia Bartomeuf who collected data from the students as research assistant. This study was funded by Grants from the National Agency of Research (ANR) in France (ANR-11-EMCO-01201) and a Grant (TIMESTORM) from the European Commission, Horizon 2010 research and innovation action (H2020-FETPROACT-2014-641100).

References

- Beaupré, M. G., & Hess, U. (2005). Cross-cultural emotion recognition among Canadian ethnic groups. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 26, 355–370.
- Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303, 1506–1508.
- 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 of London, B Biological Science*, 364, 1933–1942.
- Doi, H., & Shinohara, K. (2009). The perceived duration of emotional face is influenced by the gaze direction. *Neuroscience Letters*, 457, 97–100.
- Droit-Volet, S. (2013). Time perception, emotions and mood disorders. *Journal of Physiology – Paris*, 107(4), 255–264.
- Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. M. (2004). Perception of the duration of emotional events. *Cognition Emotion*, 18, 849–858.
- Droit-Volet, S., Fayolle, S., Lamotte, M., & Gil, S. (2013). Time, emotion and the embodiment of timing. *Timing and Time Perception*, 1–30.
- Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The time-emotion paradox. *Journal of Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1943–1953.
- Droit-Volet, S. (2014). What emotions tell us about time. In D. Llyod & V. Arstila (Eds.), *Subjective Time: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Temporality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our time perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 1(12), 504–513.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2001). Temporal bisection in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 142–159.
- Ekman, P., & Friesen, W. (1976). *Pictures of Facial Affect*. Palo Alto, CA, USA: Consulting Psychologist Press.
- Fayolle, S. L., & Droit-Volet, S. (2014). Time perception and dynamics of facial expressions of emotions. *PLoS ONE*, 9(5), e97944. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0097944>.
- Fortin, C., Rousseau, R., Bourque, & Kirouac, E. (1993). Time estimation and concurrent non-temporal processing: Specific interference from short-term-memory demands. *Perception & Psychophysics*, 53, 536–548.
- Furr, R. M., & Rosenthal, R. (2003). Evaluating theories efficiently: The nuts and bolts of contrast analysis. *Understanding Statistics*, 2(1), 45–67.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84, 279–325.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. In J. Gibbon & L. Allan (Eds.), *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423: *Timing and Time Perception* (pp. 52–77). New York: New York Academy of Sciences.
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011a). Time perception in response to ashamed faces in children and adults. *Scandinavian Journal of Psychology*, 52, 138–145.
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011b). How do emotional facial expressions influence our perception of time? In S. Masmoudi, D. Yan Dai, & A. Naceur (Eds.), *Attention, Representation, and Human Performance. Integration of Cognition, Emotion and Motivation*, London. Taylor & Francis: Psychology Press.
- Gil, S., Niedenthal, P., & Droit-Volet, S. (2007). Anger and temporal perception in children. *Emotion*, 7, 219–225.
- Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2009). Théorie de l'évaluation cognitive et dynamique des processus émotionnels. In D. Sanders & K. R. Scherer (Eds.), *Traité de psychologie des émotions* (pp. 41–77). Paris: Dunod.
- Judd, C. M. (2000). Everyday data analysis in social psychology: Comparison of linear models. In H. T. Reis & C. M. Judd (Eds.), *Handbook of Research Methods in Social and Personality Psychology* (pp. 370–392). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lamotte, M., Chakroun, N., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2014). Metacognitive questionnaire on time: Feeling of passage of time. *Timing and Time Perception*, 1–21.
- Lamotte, M., Izaute, M., & Droit-Volet, S. (2012). The consciousness of time distortions and their effect on time judgment: A metacognitive approach. *Consciousness and Cognition*, 21, 835–842.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2008). International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical report A-8*. Gainesville, FL: University of Florida.
- Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. New York: Oxford University Press.
- LeDoux, J. E. (1998). Fear and the brain: Where have we been, and where are we going? *Biological Psychiatry*, 44(12), 1229–1238.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- Lejeune, H. (1998). Switching or gating? The attentional challenge in cognitive models of psychological time. *Behavioural Processes*, 44, 127–145.
- Macar, F., Grondin, S., & Casini, L. (1994). Controlled attention sharing influences time estimation. *Memory and Cognition*, 22, 673–686.
- Meissner, K., & Wittmann, M. (2011). Body signals, cardiac awareness, and the perception of time. *Biological Psychology*, 86, 289–297.
- Peira, N., Fredrikson, M., & Pourtois, G. (2014). Controlling the emotional heart: Heart rate biofeedback improves cardiac control during emotional reactions. *International Journal of Psychophysiology*, 91(3), 225–231.
- Rosenthal, R., & Rosnow, R. L. (1985). *Contrast analysis: Focused comparisons in the analysis of variance*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Sanders, D., & Scherer, K. R. (2009). *Traité de psychologie des émotions*. Paris: Dunod.
- Scherer, K. R. (2001). Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. In K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (Eds.), *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*. New-York: Oxford University Press.

Please cite this article in press as: Droit-Volet, S., et al. The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time. *Consciousness and Cognition* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2015.02.021>

- Thomas, E. A. C., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception and Psychophysics*, 17, 363–367.
- Tipples, J. (2008). Negative emotionality influences the effects of emotion on time perception. *Emotion*, 8, 127–131.
- Tipples, J. (2011). When time stands still: Fear-specific modulation of temporal bias due to threat. *Emotion*, 11, 74–80.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the “internal clock”. *Psychological Monographs*, 77, 1–13.
- Wearden, J. H., & Jones, L. A. (2013). Explaining between-group differences in performance on timing tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(1), 179–199.
- Wittmann, M. (2014). Embodied time: The experience of time, the body, and the self. In V. Arstila & D. Lloyd (Eds.), *Subjective time: The philosophy, psychology and neuroscience of temporality* (pp. 507–523). Cambridge, MA: MIT Press.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1998). New perspectives on prospective time estimation. In V. DeKeyser, G. d'Ydewalle, & A. Vandierendonck (Eds.), *Time and the dynamic control of behavior* (pp. 129–141). Hogrefe and Huber: Göttingen.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1996). The role of attention in time estimation processes. In M. A. Pastor & J. Artieda (Eds.), *Time, Internal Clocks and Movement* (pp. 143–164). Amsterdam: Elsevier.
- Zakay, D. (1992). On prospective time estimation, temporal relevance and temporal uncertainty. In F. Macar, V. Pouthas, & W. J. Freedman (Eds.), *Time Action and Cognition* (pp. 109–117). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

4.4. High metacognitive sensitivity to time

High metacognitive sensitivity to time

Lamotte¹, M., Droit-Volet¹, S., & Izaute^{1*}, M.

¹. Université Clermont Auvergne, CNRS (UMR 6024), Clermont-Ferrand

*Corresponding authors: Marie Izaute or Sylvie Droit-Volet, Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive (LAPSCO), CNRS, UMR 6024, Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, 34 avenue Carnot, 63037, Clermont-Ferrand, France.

Marie.Izaute@univ-bpclermont.fr; Sylvie.DROIT-VOLET@univ-bpclermont.fr.

Acknowledgments

This work was supported by a grant (TIMESTORM) from the European Commission, Horizon 2020 research and innovation action (H2020-FETPROACT-2014). We should like to thank Sophie Monceau and Laetitia Barthomeuf who collected the data and Mickaël Berthon from CATECH (<http://lapsco.univ-bpclermont.fr/catech/>) for his technical support.

Abstract

This study addressed the metacognition of time. Metacognition refers to knowledge about one's own cognitive abilities and the control and monitoring processes involved in the regulation of behaviours. The aim of this study was to examine the monitoring processes, i.e. the assessment of the correctness of responses, in the judgment of time. Participants were given a temporal discrimination task (temporal generalization) with different degrees of difficulty and different ranges of durations. In addition, after each temporal judgment, the participants had to rate their level of confidence in the accuracy of their temporal judgment. Our results showed that the time judgments were very accurate, even though temporal accuracy decreased as temporal difficulty increased. In addition, the participants were able to assess the correctness of their time judgments accurately, regardless of the duration ranges. However, a hard-easy effect was observed, accompanied by a level of overconfidence (overestimation of correct responses) in the more difficult condition, and especially in the case of the durations that were longer rather than shorter than the standard duration.

Keywords: Time, Timing, Metacognition, Confidence Level

Introduction

What people know about time and their own ability to measure time necessarily influences their time judgements. For example, time seems to slow down when we are bored and to fly when we are happy. Adopting a metacognitive approach, Lamotte, Izaute and Droit-Volet (2012) showed that people who are more conscious of being subject to such time distortions are more accurate in their time judgments. Sackett, Meyvis, Nelson, Converse and Sackett (2010) also showed that the belief that time flies during enjoyable events has an impact on the hedonic assessment of experienced situations. This is why Lamotte et al. (2012) argued in favor of the importance of studying the metacognition of time. Metacognition refers to humans' metacognitive abilities, that is, what they "know" about their cognition and the extent to which this knowledge is valid (Droit-Volet, Lamotte, & Izaute, 2015). Theoretical and empirical analyses of the cognitive processes involved in these metacognitive abilities distinguish between two separate but related processes: monitoring and control (Nelson & Narens, 1994). The monitoring mechanism is used to subjectively assess the correctness of potential responses, while the control mechanism involves all the elements that modify the participant's behaviour, for example allocating a given time to one's studies, volunteering or withholding an answer, continuing an action, or spending time searching for known information.

However, to date very few studies have been performed on the metacognition of time (Droit-Volet et al., 2015). This is largely due to the history of studies on time perception, the initial purpose of which was to propose a timing model that could account for the accuracy of time judgments in animals (rats or pigeons). In 1977, Gibbon thus proposed a timing model according to which time judgments are accurate in animals because they possess an automatic mechanism for measuring time, i.e. an internal clock. This mechanism consists of a pacemaker-accumulator system that provides the raw material for the representation of time: a

number of pulses emitted by a pacemaker and accumulated during the stimulus to be timed. However, Gibbon and his colleagues were aware that there is not only a single source of noise in time judgment, i.e. the clock mechanism itself, but several sources of noise, namely also in the memory and decision processes (Gibbon, Church, & Meck, 1984; Gibbon & Church, 1984). They therefore extended the internal clock system by adding two secondary cognitive systems. The first was a system for maintaining temporal information in memory (memory system), and the second a system for comparing encoded durations (D) with standard durations (sD) stored in long-term memory (decision system). This decision system has not been the subject of any significant study in human beings. Some researchers have nevertheless tried to define the type of decision rule used and determine whether it is based on differences or ratios between the current duration and the remembered standard duration (Allan, 1998; Wearden & Ferrara, 1996). Other authors have examined the role of control processes in the strategic regulation of temporal judgment accuracy (Wearden & Grindrod, 2003) or in time judgments with feedback (Droit-Volet & Izaute, 2005, 2009).

Finally, the low level of interest shown in the role of decision processes in time judgment could be related to the fact that most healthy people have a high metacognitive sensitivity to time. For example, in a temporal discrimination task, Droit-Volet and Izaute (2009) allowed their participants to respond “I don’t know” and found that adults produced few “I don’t know” responses when time discrimination was easy for the anchor stimulus durations. It is possible that individual differences in metacognitive estimates may only be observed in temporal conditions in which time discrimination is difficult, for instance when the ratio between the durations is too small or when long durations (> 2 s) are used. The aim of the present study was consequently to examine the metacognitive monitoring of time in a temporal task using different degrees of time discrimination difficulty and different duration ranges.

In metacognitive research, metacognitive monitoring refers to a participant's subjective reports about his or her introspection, which are expressed in the form of metacognitive judgments. Metacognitive judgments can be expressed retrospectively: a person who has provided an answer can retrospectively express a confidence level (CL). This indicates the degree of certainty in the correctness of the answer. The metacognitive approach thus makes it possible to measure metacognitive accuracy, i.e., the correspondence between the metacognitive judgments and the answer (e.g. measure of temporal judgment). Many studies on confidence judgment have found an overconfidence bias in responses, indicating that the participants often overestimate the likelihood of responding correctly (e.g. Baranski & Petrusic, 1994, 1995, 1999; Fischhoff & MacGregor, 1982). However, this overconfidence bias changes as a function of task difficulty. When the task is easy, it decreases toward an underestimation, with judgments being more accurate than expected. By contrast, when the task is more difficult, the bias increases and produces an overestimation of response accuracy associated with lower performance (Baranski & Petrusic, 1994, 2003). Consequently, when task difficulty increases and leads to a fall in performance, the decrease in the judgment of confidence is insufficient to prevent response accuracy from being overestimated (Schneider & Laurion, 1993; Schneider, 1995). In metacognitive studies, this effect is referred to as the "hard-easy" effect (Lichtenstein & Fischhoff, 1977; Nelson, Leonesio, Landwehr, & Narens, 1986). There is thus a direct link between task difficulty and overconfidence bias.

In our metacognitive monitoring study on time perception, the participants were therefore given a temporal generalization task in which they had to judge whether comparison durations were similar to or different from a previously learnt standard duration. However, in our temporal task, after each temporal response (trial-by-trial), the participants had to rate their confidence in the accuracy of their response on a scale going from 0 to 100 %. In addition, different degrees of time discrimination difficulty (easy, intermediate, difficult) were

tested with 3 different ratios between the longest (*L*) and the shortest (*S*) comparison durations (*L:S*): 7:1, 3:1, 5:3. For each ratio, three duration ranges were also tested, including short durations of hundreds of milliseconds and longer durations of several seconds. Our hypothesis was that the subjects would have high metacognitive sensitivity to time, i.e. would produce accurate confidence judgments, but that this sensitivity to time would decrease as temporal difficulty increased.

Method

Participants

After signing a written consent form, sixty undergraduate psychology students ($M = 20.81$, $SD = 4.20$) from Blaise Pascal University (Clermont-Ferrand, France) took part in this study in return for course credits.

Materials

The participants were tested individually in a quiet room in the laboratory of the department of psychology. They were seated in front of a computer that controlled the experiment and recorded the responses via E-prime software. The stimulus to be timed was a neutral sound (“bip”) delivered binaurally using calibrated headphones. For the time estimation task, participants pressed the “*M*” and the “*D*” keys on the computer keyboard for the “same” and the “different” response, with adhesive tape indicating the response type. The press-button assignment was counterbalanced across participants. As suggested by Koriatic (2011), after each time response, a confidence scale (0 - 100) appeared on the screen and participants indicated how confident they were in their answer on an 11-point scale (0 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100).

Procedure

The participants were randomly assigned to one of the 3 experimental groups as a function of duration ranges. For (1) the short duration range, the participants were given a standard duration (sD) of 0.6 s. For (2) the intermediate duration range, they were given a sD of 2.4 s, i.e. 4 times greater than 0.6 s, and (3) for the long duration range, (long-range) the sD was 9.6 s, i.e. 4 times greater than 2.4 s.

In each duration range condition, the participants performed a temporal generalization task involving three successive series of tests. Each of these series examined a specific ratio between the longest (L) and the shortest (S) stimulus durations ($L:S$) (level of difficulty). The series presentation order was randomly selected. We used an easy (7:1), an intermediate (3:1) and a difficult ratio (5:3). Table 1 presents the stimulus durations used for each ratio in each duration range group.

[Insert Table 1 here]

The temporal generalization task was similar for all ratios and duration conditions. The participants initially heard the standard duration five times. They were then given 10 blocks of 9 randomly presented trials each: one trial for each of the six comparison durations (i.e., shorter or longer than the sD), and 3 for the comparison duration similar to sD . Each trial started when the participant pressed the space bar on the computer keyboard. The stimulus to be timed was then displayed after a random interval of between 200 and 500 ms. When the stimulus stopped, the participant had to give two successive responses, the first on his/her time judgment and the second on his/her confidence judgment. For the time judgment, the participants read the following question on the computer screen “Is this duration similar to or different from the standard duration?”. They thus had to judge whether comparison durations shorter, longer or equal to sD were similar to or different from sD by pressing the corresponding key: ‘same’ or ‘different’. For the confidence judgement, the participants read

the question “How sure are you of your answer?”, and answered by pressing one of the 11 keys assigned to the confidence intervals from 0 to 100 %.

Results

Temporal judgment

Figure 1 shows the proportion of “same” responses ($p(\text{same})$) plotted against the comparison duration divided by sD – referred to as the relative duration – for each ratio (easy, intermediate, difficult) and each duration range. The temporal generalization gradients appeared to peak at the standard duration in all ratio conditions, although they tended to flatten as temporal discrimination difficulty increased, especially for the longest duration range.

[Insert here Figure 1]

A first general analysis of variance (ANOVA) was performed on $p(\text{same})$, with the ratio and the comparison duration as within-subjects factor, and the duration range as between-subjects factor. This ANOVA found significant main effects for the range, $F(2, 57) = 3.29$, $p < .05$, the ratio $F(2, 114) = 87.19$, $p < .001$, and the comparison duration, $F(6, 342) = 69.18$, $p < .001$. Two significant interactions were also found: duration X ratio, $F(12, 684) = 8.00$, $p < .001$, and duration X range $F(6, 342) = 2.45$, $p < .05$ ¹. No other interactions were significant (all $ps > .05$). These results suggest that the generalization gradients changed as a function of the ratio and the duration range, becoming flatter as the $L:S$ ratio decreased, on one hand, and as the duration range increased, on the other hand.

To further analyse the shape of the generalization gradients as a function of the duration ranges and ratios, we calculated two indexes: (1) the peak and (2) the width of the generalization gradient. The peak of the generalization gradient is the comparison duration giving rise to the highest $p(\text{same})$ (Hinton & Rao, 2004). The width is the width of the

temporal generalization gradient at half of its maximum height (Full Width at Half Maximum, FWHM). These two measures were obtained by fitting each participant's generalization gradient with the "log normal (amplitude)" function from the PeakFit program (PeakFit Version 4.12 for Windows) (for the same procedure, see Cocenas-Silva, Bueno, Doyère, & Droit-Volet, 2014; Cocenas-Silva, Bueno, & Droit-Volet, 2013).

The ANOVA on the peak of the generalization gradient showed a significant main effect of range, $F(2, 57) = 1147.01$, $p < .001$, but no significant effect of ratio or other significant effects (all $ps > .05$). Consequently, the peak value increased with the duration range (0.6-s sD : $M = 0.643$, $ES = 0.145$; 2.4-s sD : $M = 2.455$, $ES = 0.15$; 9.6-s sD : $M = 10.072$, $ES = 0.148$, Bonferroni tests, all $p < .05$), thus revealing high temporal discrimination accuracy. Indeed, when the peak value was divided by the sD , we found no significant main effects of the duration range (0.6-s sD : $M = 1.07$, $ES = 0.02$; 2.4-s sD : $M = 1.02$, $ES = 0.025$; 9.6-s sD : $M = 1.04$, $ES = 0.025$) or the ratio (Easy: $M = 1.05$, $ES = 0.03$; Intermediate: $M = 1.06$, $ES = 0.02$; Difficult: $M = 1.03$, $ES = 0.02$), and no significant interaction (all $ps < .05$), with the values always being close to 1.

By contrast, the ANOVA on the FWHM revealed significant main effects of range, $F(2, 57) = 181.03$, $p < .001$, and ratio, $F(2, 114) = 18.28$, $p < .001$, as well as a significant ratio X range interaction, $F(4, 114) = 11.34$, $p < .001$. As shown in Figure 2, the full width at half maximum (FWHM) was larger for the longest durations (9.6-s sD) than for the other durations (0.6-s and 2.4-s sD) (Bonferroni, $p < .05$) indicating a higher variability in temporal performance, while no difference was obtained between these two shorter duration ranges ($p > .05$). The FWHM was also lower more narrow for the difficult than for the easy and the intermediate ratios ($p < .05$). No difference in the FWHM was observed between the easy and intermediate ratios ($p > .05$). However, as suggested by the significant ratio X range interaction, the decrease in variability in temporal performance (FWHM) with increasing

discrimination difficulty was greater for the longest durations than the shortest durations.

[Insert here Figure 2]

Metacognitive monitoring

Temporal judgment and confidence judgment: absolute accuracy of confidence judgment.

As suggested by several researchers (Koriat & Bjork, 2005, 2006; Koriat, 1997; Tauber & Rhodes, 2010; Thuaire, 2013; Zimmerman & Kelley, 2010), the absolute accuracy of confidence judgments can be examined by comparing the temporal judgments, based on the proportion of correct responses (i.e. “same” response for *sD* and “different” response for the other comparison durations), with the mean of the scores on the confidence scale going from 0 to 100 %. Consequently, an ANOVA was conducted with a new within-factor, called “measure”, with two levels (temporal judgment and confidence judgment), added to the 3 factors previously tested: ratio, comparison duration and duration range. This ANOVA showed a main effect of ratio, $F(2, 114) = 101.75$, $p < .001$, indicating a fall-off in performance with decreasing *L:S* ratio (Easy: $M = 77.01$, $ES = 1.28$; Intermediate: $M = 70.29$, $ES = 1.15$; Difficult: $M = 60.70$, $ES = 1.31$, for all comparisons with the Bonferroni test, $p < .05$). However, there was a significant ratio x comparison duration interaction, $F(12, 684) = 9.70$, $p < .001$, showing that performance systematically decreased as the difficulty of the temporal task increased (Bonferroni tests, all $ps < .05$), except in the case of the comparison durations similar to the standard duration ($ps > .05$), and for *D3* and *D5* between the intermediate and the easy condition, and between the intermediate and the difficult condition, respectively. The ANOVA also found significant main effects of comparison duration, $F(6, 342) = 61.04$, $p < .001$, and duration range, $F(2, 57) = 3.27$, $p < .05$. This last significant effect was due to the participants’ performance, which tended to be lower only for the longest (9.4-s *sD*: $M = 66.67$, $ES = 1.83$) compared to the intermediate

duration range (2.4-s sD : $M = 73.07$, $ES = 1.87$), with no difference being observed between the longest and the shortest duration range (0.6-s sD : $M = 68.17$, $ES = 1.78$). Of more interest for the purpose of our research, there was no main effect of measure ($p > .05$), whereas the measure $\times$ ratio, $F(2, 114) = 8.30$, $p < .01$, and the measure $\times$ comparison duration, $F(6, 342) = 13.02$, $p < .001$, interactions reached significance. In addition, there were significant two-way interactions: measure $\times$ comparison duration $\times$ ratio, $F(12, 456) = 2.42$, $p < .05$, and measure $\times$ comparison duration $\times$ duration range $F(6, 228) = 3.05$, $p < .05$. All other interactions failed to reach significance (all $ps > .05$).

To gain a better understanding of these significant interactions, post-hoc analyses were performed using the Bonferroni test. A post-hoc analysis of the measure $\times$ comparison duration $\times$ ratio interaction (Figure 3) revealed that, whatever the ratio, when the comparison duration was the standard duration, the participants were always able to judge their temporal judgment accurately, as the lack of difference in $p(\text{responses})$ between temporal judgment and confidence judgment for sD (all $ps > .05$) demonstrates. By contrast, for the other comparison durations, shorter or longer than sD , the accuracy of the participants' confidence judgments decreased as discrimination difficulty increased, with the result that the difference between their confidence scores and their temporal judgments increased. In fact, for the difficult ratio, the participants always overestimated their temporal judgments (overconfidence), i.e. they did so for all comparison durations ($M_{D3/TJ} = 50.41$, $M_{D3/CJ} = 61.18$, $p < .01$; $M_{D5/TJ} = 43.83$, $M_{D5/CJ} = 63.17$, $p < .001$; $M_{D6/TJ} = 48.89$, $M_{D6/CJ} = 64.38$, $p < .01$; $M_{D7/TJ} = 55.98$, $M_{D7/CJ} = 67.89$, $p < .01$), except for the shortest comparison duration, for which they underestimated the accuracy of their temporal judgments (underconfidence). However, the metacognitive accuracy of perceived time improved when the temporal task became easier, with a confidence bias being observed on only 3 out of 7 comparison durations for the intermediate ratio (3:1 ratio) and 2 out of 7 for the easy ratio (7:1 ratio). In addition, at these

two levels of temporal difficulty, temporal judgment was always overestimated for comparison durations longer than the standard duration (Easy ratio: $M_{D5/TJ} = 56.49$, $M_{D5/CJ} = 66.25$; Intermediate ratio: $M_{D5/TJ} = 42.36$, $M_{D5/CJ} = 63.90$, $p < .001$; $M_{D6/TJ} = 59.42$, $M_{D6/CJ} = 68.76$, all $ps < .05$) and underestimated for those shorter than the standard duration (Easy ratio: $M_{D2/TJ} = 84.14$, $M_{D2/CJ} = 85.75$, $p < .01$; Intermediate ratio: $M_{D1/TJ} = 92.90$, $M_{D1/CJ} = 87.21$, $p < .05$; $M_{D2/TJ} = 85.72$, $M_{D2/CJ} = 76.98$, $p < .01$).

[Insert here Figure 3]

The post-hoc analysis on the measure X comparison duration X duration range interaction (Figure 4) showed that the participants accurately judged their temporal performance for all duration ranges from a few hundred milliseconds to several seconds. They only significantly overestimated the accuracy of their temporal judgments (overconfidence) in the short duration range condition for the two comparison durations just longer than the standard duration ($M_{D5/JT} = 36.19$, $M_{D5/CJ} = 65.62$, $p < .001$; $M_{D6/TJ} = 50.64$, $M_{D6/CJ} = 70.22$, $p < .01$). For the longest duration range, they underestimated the accuracy of their temporal judgments for the shortest comparison duration ($M_{D1/CTJ} = 88.50$, $M_{D1/CJ} = 81.17$, $p < .05$).

[Insert here Figure 4]

Relative correspondence between the accuracy of temporal judgments and accuracy of confidence judgments: Gamma coefficient

The absolute accuracy of confidence judgment is obtained by comparing the proportion of correct responses with the mean of the scores on the confidence scale. This absolute measure of the correspondence between response and judgment can be complemented by a relative measure of correspondence or resolution. Resolution, or discrimination accuracy (Yaniv, Yates, & Smith, 1991), refers to the accuracy in monitoring the relative temporal judgment of different time trials. We thus calculated the gamma

coefficient. This measures the consistency with which the participants gave a higher confidence judgment for correct temporal judgments compared to their consistency in giving lower confidence judgments for incorrect temporal judgments (Bacon & Izaute, 2009; Nelson, 1984). The Goodman-Kruskal gamma coefficient allows investigators to rate the relative accuracy of metacognitive judgments in evaluating performance. This Gamma coefficient is an alternative to the measures used in signal detection theory (Nelson, 1984). Nelson (1984) compared eight quantitative measures of the accuracy of estimate predictions and concluded that the Goodman-Kruskal gamma seems to be the best measure of association. The gamma coefficient is calculated as follows $(\text{sum of agreements} - \text{sum of disagreements}) / (\text{sum of agreements} + \text{sum of disagreements})$. The values of the gamma coefficient can range from 1.0 (full agreement between confidence level and the answer provided) to -1.0 (complete disagreement between the confidence level rating and the answer).

An ANOVA was performed on this gamma coefficient with the ratio as within-subjects factor and the duration range as between-subjects factor. There was no effect of duration range, $F(2, 55) = .972, p > .05$, indicating that the duration values did not affect the Gamma coefficient. Only a significant main effect of ratio was found, $F(2, 110) = 48.32, p < .001$. Post-hoc analysis with the Bonferroni test demonstrated that the accuracy of confidence judgment progressively decreased as temporal discrimination difficulty increased, being better for the easy than for either the intermediate or the difficult ratio, and for the intermediate than for the difficult ratio ($M_{\text{easy}} = .53, M_{\text{intermediate}} = .37, M_{\text{difficult}} = .14$, all p s $< .05$).

Discussion

Studies of time perception have shown the high accuracy of time judgment in both humans and animals (for a review, Lejeune & Wearden, 2006; Wearden & Lejeune, 2008).

The present study replicated these results in humans in a temporal generalization task, showing orderly generalization gradients that peaked at the standard duration for different duration ranges, from 600 ms to about 9 s. This is consistent with the results of studies that have used the temporal generalization task in human adults (e.g., Droit-Volet, Clément, & Wearden, 2001; Wearden, Denovan, Fakhri, & Haworth, 1997; Wearden, 1992). However, when the ratio between durations decreased from 7:1 to 3:1 and then 2:1, the generalization gradients flattened, with nevertheless a more narrow width indicating a decrease in the variability of temporal performance, even though the generalization gradients always peaked at the *sD*. However, the originality of our study was to test metacognitive monitoring of time perception by examining the degree of correspondence between the accuracy of temporal judgment and the participants' confidence judgment.

Our results on the metacognitive judgment of time demonstrated that our adult participants exhibited a high metacognitive sensitivity to time, as indicated by the lack of difference between the proportion of correct responses and the mean scores on the confidence scale (absolute accuracy of confidence judgment), as well as by the relative accuracy indicated by the correspondence between the confidence judgments and temporal judgments (relative accuracy of confidence judgment, Gamma coefficient). In other words, the participants' confidence judgments corresponded to their temporal judgments in a temporal generalization task. The magnitude of the confidence level was similar to the proportion of correct responses. We replicated the finding of subjective confidence accuracy, observing a higher confidence level for correct answers and a lower confidence level for incorrect answers (Koriat, 2012). In future studies, it will nevertheless be important to verify this finding by using other temporal tasks that involve forms of temporal judgment other than the "similarity" judgment, such as a temporal categorization in temporal bisection task, or a verbal judgment in verbal estimation task. Whatever the case may be, our results suggest that healthy

participants are extremely conscious of their ability to process time. This is consistent with the findings of other studies which have shown that participants are aware of different contexts that can produce subjective time distortions (emotional and attentional distraction), and that this awareness leads them to use adjustment strategies to improve their time performance (Droit-Volet et al., 2015; Lamotte et al., 2012, 2014). It is also consistent with the results of metacognitive studies that have shown that participants are able to improve their performance after being asked to make metacognitive judgments. For instance, they allocate study time to items that require this based on the assessment of their difficulty (Metcalf & Kornell, 2003) or judgment of learning (JOL, Metcalf & Kornell, 2005). In addition, our results showed that this metacognitive sensitivity to time occurred to an equal extent for different duration lengths ranging from a few hundred milliseconds to several seconds. Indeed, in our study, the duration range did not increase the discrepancy between the confidence judgment and temporal judgment, as demonstrated by the results on both the gamma coefficient and the absolute accuracy of the confidence judgment. As regards the duration ranges, overconfidence in temporal performance was observed only for the comparison durations just longer than the sD (i.e., 0.75 and 0.9-s) in the shortest duration range. Therefore, the increase in duration length did not change the accuracy of confidence judgement.

Finally, our results revealed that the individual confidence level only changed as a function of the difficulty of the temporal task as induced by the reduction in the ratio between the durations. Consequently, in the domain of time perception, as in other domains (memory, general knowledge, visual perception), there is a “hard-easy” effect in confidence judgment (Schneider & Laurion, 1993; Schneider, 1995). As regards the hard effect associated with the overestimation of temporal judgment accuracy, this effect applied, in our study, to participants who had a high degree of confidence in their judgments of the incorrect temporal

responses in the difficult condition (5:3 ratio) (except for the comparison durations similar to sD). The participants did indeed indicate a high confidence level despite the significant decline in their temporal performance, i.e. the increased production of incorrect responses. The overconfidence bias observed in different cognitive tasks (Lichtenstein & Fischhoff, 1977; Nelson et al., 1986) was thus replicated in the case of time perception. As regards the easy effect, however, lower judgments of confidence in the accuracy of responses for easy items were not systematically observed in the easiest temporal condition used in our study, in which the ratio was 7:1. This was due to the responses on the comparison durations, which differed depending on whether these were shorter or longer than the standard duration. Indeed, an underestimation of the ability to produce correct responses was obtained in our study for some comparison durations shorter than the standard duration ($D2$ for the easy and intermediate ratio, and $D1$ for the intermediate and difficult ratio), but never for comparison durations longer than the standard duration, even in the easiest temporal discrimination task.

According to models of timing, participants are more likely to confuse comparison durations that are longer than the sD than those that are shorter by the same amount, thus producing a rightward asymmetry in the generalization gradient (Wearden, 1993, 2004). Wearden (1993, 2004) explained this rightward asymmetry in the generalization gradient with reference to the comparison rule used by participants at decision level. This is manifested as the absolute difference between the comparison duration (D) and the standard duration divided by the comparison duration: $\text{abs}(sD - D)/D$. With this comparison rule, the 750-ms stimulus duration is thus more similar to the 600-s sD than the 450-ms stimulus duration is (0.2 vs. 0.33). However, beyond the fact that this rule provides a good fit with the generalization data observed in human adults, it seems to be arbitrarily defined. Moreover, to account for their results in rats, Church and Gibbon (1982) proposed another rule – $\text{abs}(sD - D)/sD$ – which produces a symmetrical generalization gradient (0.25 vs. 0.25). Although it is

difficult to determine the exact comparison rule implemented by participants, our data highlighted an overconfidence on correct responses associated with comparison durations longer than the sD . This suggests the existence of a less conservative decisional threshold for these durations. Droit-Volet (2002) demonstrated the existence of a direct relation between temporal knowledge and decision parameters. In particular, in a generalization task, the children who had a lower sensitivity to time exhibited a lower temporal bias toward long responses for the comparison duration longer than sD because they were less confident in their responses, and therefore more conservative. By contrast, the adults, who had a higher sensitivity to time, were more confident of producing correct temporal responses, and were therefore less conservative and more likely to produce a bias toward long responses. Consequently, an over-confidence for correct responses in the case of comparison durations longer than the sD related to increase of variability in representation of durations with their length (scalar property) can account for the rightward-shift generalization gradient rather than a specific comparison rule involving to divide the difference between D and sD by D and not by sD .

Overall, our study highlights the important role of knowledge about our own ability to process time in different contexts and its influence on time judgment. Metacognitive sensitivity to time has been neglected in the studies on time perception, despite the fact that it plays an important role in the adjustment strategies involved in time judgment, even though these do not affect the fundamental properties of time.

References

- Allan, L. G. (1998). The influence of the scalar timing model on human timing research. *Behavioural Processes*, 44(2), 101–117. doi:10.1016/S0376-6357(98)00043-6
- Bacon, E., & Izaute, M. (2009). Metacognition in schizophrenia: processes underlying patients' reflections on their own episodic memory. *Biological Psychiatry*, 66(11), 1031–7. doi:10.1016/j.biopsych.2009.07.013
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1994). The calibration and resolution of confidence in perceptual judgments. *Perception & Psychophysics*, 55(4), 412–428. doi:10.3758/BF03205299
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1995). On the calibration of knowledge and perception. *Canadian Journal of Experimental Psychology = Revue Canadienne de Psychologie Experimentale*, 49(3), 397–407.
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1999). Realism of confidence in sensory discrimination. *Perception & Psychophysics*, 61(7), 69–83. doi:10.3758/BF03206939
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (2003). Adaptive decision processes in perceptual comparisons: effects of changes in the global difficulty context. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 29(3), 658–674. doi:10.1037/0096-1523.29.3.658
- Church, R. M., & Gibbon, J. (1982). Temporal generalization. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 8(2), 165–186.
- Cocenas-Silva, R., Bueno, J. L. O., Doyère, V., & Droit-Volet, S. (2014). Memory consolidation for duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(7), 1–14. doi:10.1080/17470218.2013.863375
- Cocenas-Silva, R., Bueno, J. L. O., & Droit-Volet, S. (2013). Emotion and long-term memory for duration: resistance against interference. *Behavioural Processes*, 97, 6–10. doi:10.1016/j.beproc.2013.03.010
- Droit-Volet, S. (2002). Scalar timing in temporal generalization in children with short and long stimulus durations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55, 1193–1209. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/psych/pqja/2002/00000055/00000004/art00009>
- Droit-Volet, S., Clément, A., & Wearden, J. H. (2001). Temporal generalization in 3- to 8-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(3), 271–88. doi:10.1006/jecp.2001.2629
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2005). The effect of feedback on timing in children and adults: the temporal generalization task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 58(3), 507–20. doi:10.1080/02724980443000025
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2009). Improving time discrimination in children and adults in a temporal bisection task: the effects of feedback and no forced choice on decision and memory processes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(6), 1173–88. doi:10.1080/17470210802384180
- Droit-Volet, S., Lamotte, M., & Izaute, M. (2015). The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time. *Consciousness and Cognition*, 38, 155–164. doi:10.1016/j.concog.2015.02.021
- Fischhoff, B., & MacGregor, D. (1982). Subjective Confidence in Forecasts. *Journal of Forecasting*, 1, 155–172.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84(3), 279–325. doi:10.1037//0033-295X.84.3.279
- Gibbon, J., & Church, R. M. (1984). Sources of variance in an information processing theory of timing. In H. Roitblat, T. Bever, & H. Terrace (Eds.), *Animal cognition* (Lawrence E.,

- pp. 465–488). London.
- 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. doi:10.1111/j.1749-6632.1984.tb23417.x
- Hinton, S. C., & Rao, S. M. (2004). “One-thousandone ... one-thousandtwo ...”: Chronometric counting violates the scalar property in interval timing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(1), 24–30. doi:10.3758/BF03206456
- Koriat, A. (1997). Monitoring one’s own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349–370. doi:10.1037//0096-3445.126.4.349
- Koriat, A. (2011). Subjective Confidence in Perceptual Judgments: A Test of the Self-Consistency Model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 117–139. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096344511600088>
- Koriat, A. (2012). The Self-Consistency Model of Subjective Confidence. *Psychological Review*, 119(1), 80–113. doi:10.1037/a0025648
- Koriat, A., & Bjork, R. a. (2005). Illusions of competence in monitoring one’s knowledge during study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(2), 187–94. doi:10.1037/0278-7393.31.2.187
- Koriat, A., & Bjork, R. A. (2006). Illusions of competence during study can be remedied by manipulations that enhance learners’ sensitivity to retrieval conditions at test. *Memory & Cognition*, 34(5), 959–972. doi:10.3758/BF03193244
- Lamotte, M., Chakroun, N., Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2014). Metacognitive Questionnaire on Time : Feeling of the passage of time. *Timing & Time Perception*, 2(3), 339–359. doi:10.1163/22134468-00002031
- Lamotte, M., Izaute, M., & Droit-Volet, S. (2012). Awareness of time distortions and its relation with time judgment: A metacognitive approach. *Consciousness and Cognition*, 21(2), 835–842.
- Lejeune, H., & Wearden, J. H. (2006). Scalar properties in animal timing: conformity and violations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 59(11), 1875–908. doi:10.1080/17470210600784649
- Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. (1977). Do those who know more also know more about how much they know? *Organizational Behavior and Human Performance*, 20, 159–183. doi:10.1016/0030-5073(77)90001-0
- Metcalf, J., & Kornell, N. (2003). The dynamics of learning and allocation of study time to a region of proximal learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(4), 530–42. doi:10.1037/0096-3445.132.4.530
- Metcalf, J., & Kornell, N. (2005). A Region of Proximal Learning model of study time allocation. *Journal of Memory and Language*, 52(4), 463–477. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749596X04001330>
- Nelson, T. O. (1984). A comparison of current measures of the accuracy of feeling-of-knowing predictions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 109–33. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6544431>
- Nelson, T. O., Leonesio, R. J., Landwehr, R. S., & Narens, L. (1986). A comparison of three predictors of an individual’s memory performance: the individual’s feeling of knowing versus the normative feeling of knowing versus base-rate item difficulty. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(2), 279–287. doi:10.1037/0278-7393.12.2.279
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*. (pp. 1–25). Cambridge, MA, US: The MIT Press. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=1994-97967->

- 001&lang=fr&site=eds-live
- Sackett, A. M., Meyvis, T., Nelson, L. D., Converse, B. A., & Sackett, A. L. (2010). You're having fun when time flies: the hedonic consequences of subjective time progression. *Psychological Science*, 21(1), 111–7. doi:10.1177/0956797609354832
- Schneider, S. L. (1995). Item difficulty, discrimination, and the confidence-frequency effect in a categorical judgment task. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 61(2), 148–167.
- Schneider, S. L., & Laurion, S. K. (1993). Do we know what we've learned from listening to the news? *Memory & Cognition*, 21(2), 198–209. doi:10.3758/BF03202733
- Tauber, S. K., & Rhodes, M. G. (2010). Metacognitive errors contribute to the difficulty in remembering proper names. *Memory (Hove, England)*, 18(5), 522–532. doi:10.1080/09658211.2010.481818
- Thuaire, F. (2013). *Les processus d'évaluation et de régulation de l'apprentissage : psychopathologie cognitive de la schizophrénie et études préliminaires auprès de participants sains*.
- Wearden, J. H. (1992). Temporal generalization in humans. *Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Processes*, 18(2), 134–144. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=5247869>
- Wearden, J. H. (1993). Decisions and memories in human timing. *Psychologica Belgica*, 33(2), 241–253.
- Wearden, J. H. (2004). Decision processes in models of timing. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64(3), 303–17. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15283474>
- Wearden, J. H., Denovan, L., Fakhri, M., & Haworth, R. (1997). Scalar timing in temporal generalization in humans with longer stimulus durations. *Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Processes*, 23(4), 502–511. doi:10.1080/027249997393655
- Wearden, J. H., & Ferrara, A. (1996). Stimulus Range Effects in Temporal Bisection by Humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology B*, 49(1), 24–45. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8901385>
- Wearden, J. H., & Grindrod, R. (2003). Manipulating decision processes in the human scalar timing system. *Behavioural Processes*, 61(1-2), 47–56. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12543482>
- Wearden, J. H., & Lejeune, H. (2008). Scalar properties in human timing: Conformity and violations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(4), 569–587. doi:10.1080/17470210701282576
- Yaniv, I., Yates, J. F., & Smith, J. E. K. (1991). Measures of discrimination skill in probabilistic judgment. *Psychological Bulletin*, 110(3), 611–617. doi:10.1037/0033-2909.110.3.611
- Zimmerman, C. A., & Kelley, C. M. (2010). "I'll remember this!" Effects of emotionality on memory predictions versus memory performance. *Journal of Memory and Language*, 62(3), 240–253. doi:10.1016/j.jml.2009.11.004

Foot notes

¹ A Greenhouse-Geisser correction was used as sphericity is not assumed.

Figure captions

Figure 1. Proportion of "Same" responses plotted against stimulus duration for the three difficulty levels (easy, intermediate and difficult) corresponding to three ratios between the shortest and the longest comparison duration (7:1; 3:1 and 5:3), for the short (0.6-s standard duration), the intermediate (2.4-s standard duration) and the long (9.6-s standard duration) duration range.

Figure 2. Means and standard errors for the FWHM (full width at half maximum) of individual generalisation gradients in the three ratio conditions (easy, intermediate, difficult) and the three range conditions (0.6-s, 2.4-s and 9.6-s *sD*).

Figure 3. Mean proportion of responses for the temporal performance and the confidence judgment for the different comparison durations (*sD* = standard duration) for the easy, intermediate and difficult ratios.

Figure 4. Mean proportion of responses for the temporal performance and the confidence judgment scale for the different comparison durations (*sD* = standard duration) in the three duration range conditions (0.6-s, 2.4-s and 9.6-s *sD*).

Table 1

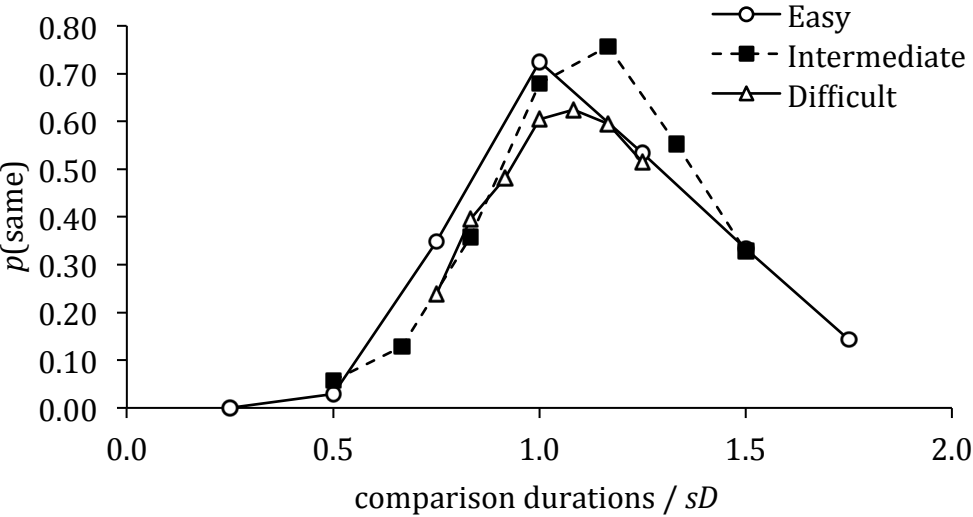
Comparison durations for each ratio in each range condition

	Comparison durations (s)						
	D1	D2	D3	sD	D5	D6	D7
0.6-s standard duration							
Easy	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05
Intermediate	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
Difficult	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
2.4-s standard duration							
Easy	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20
Intermediate	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60
Difficult	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
9.6-s standard duration							
Easy	2.40	4.80	7.20	9.60	12.00	14.40	16.80
Intermediate	4.80	6.40	8.00	9.60	11.20	12.80	14.40
Difficult	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40	11.20	12.00

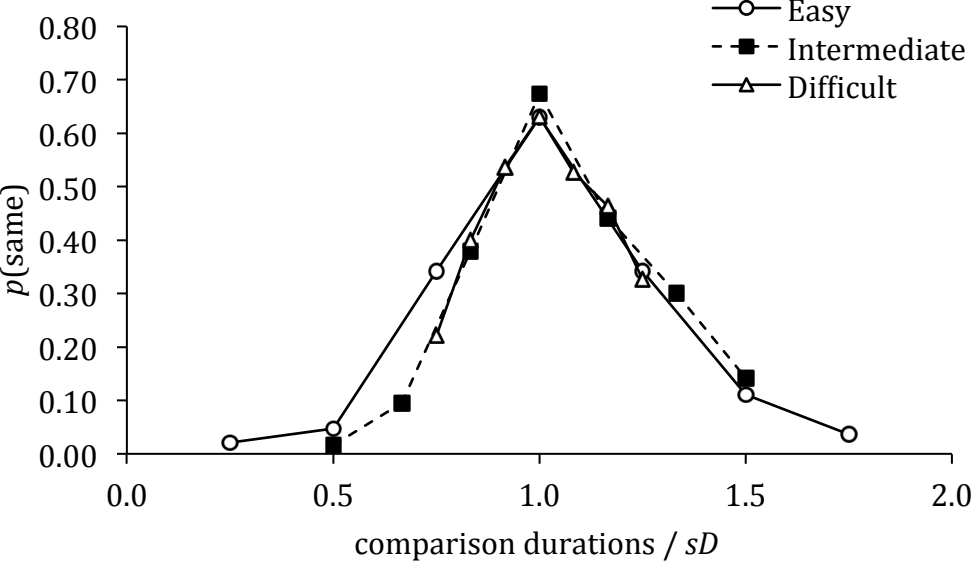
Note. The standard duration appeared in bold.URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/pqje>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

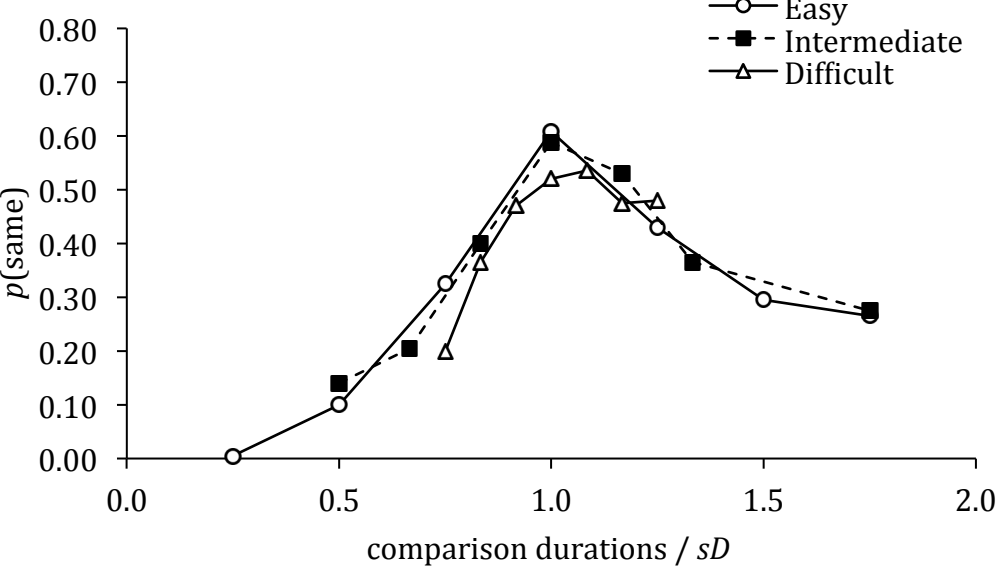
0.6-s standard duration

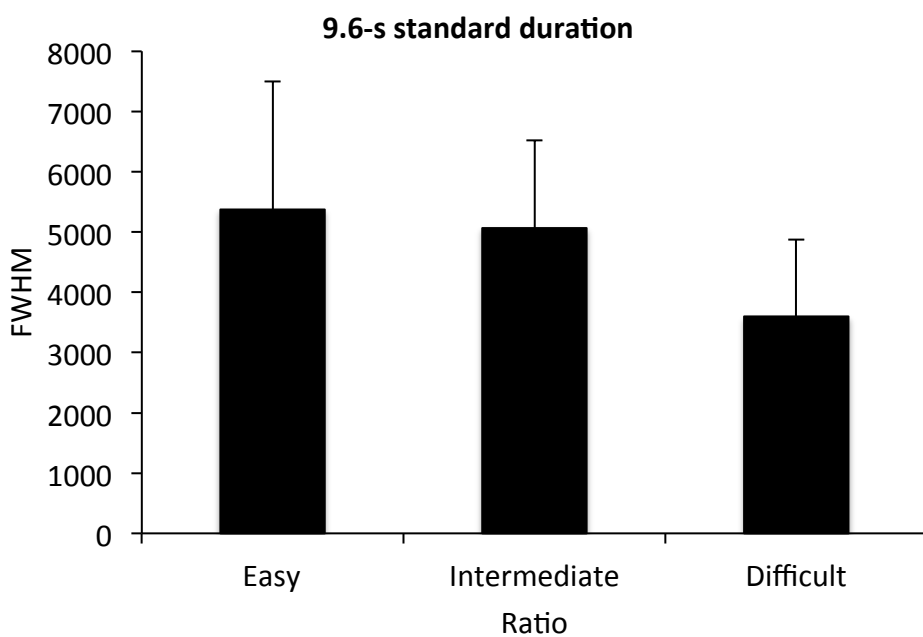
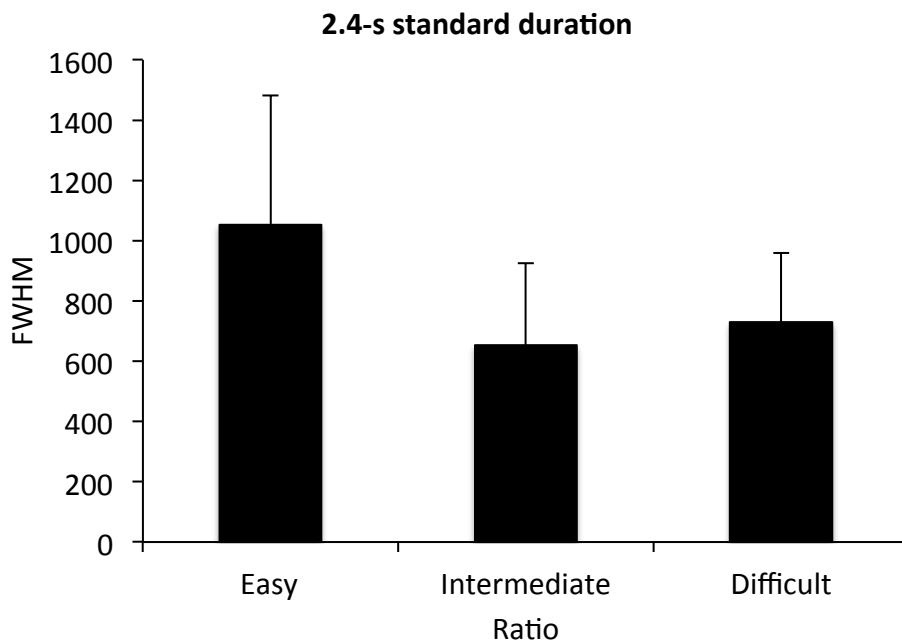
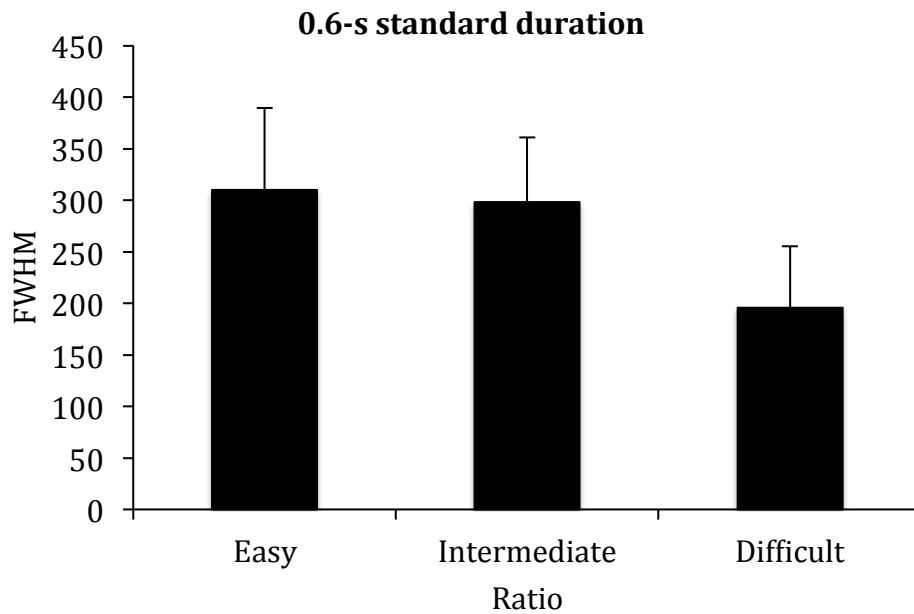


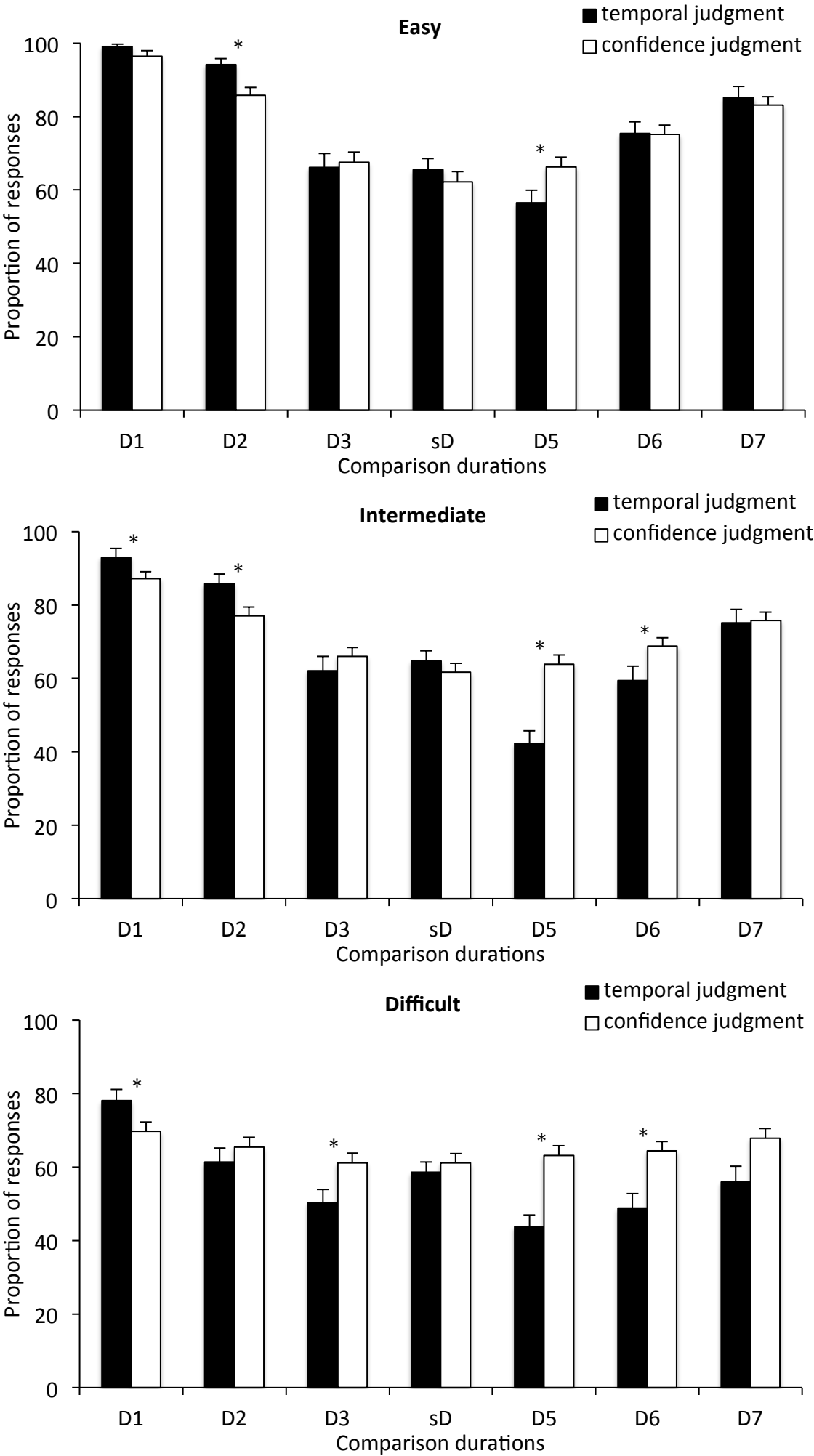
2.4-s standard duration

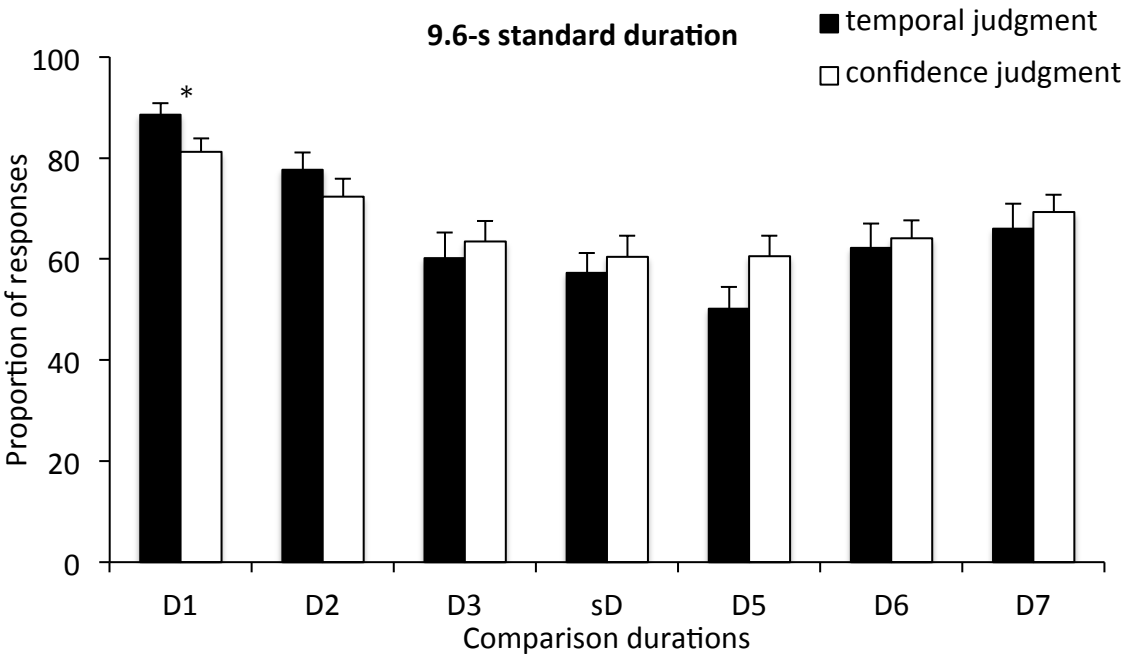
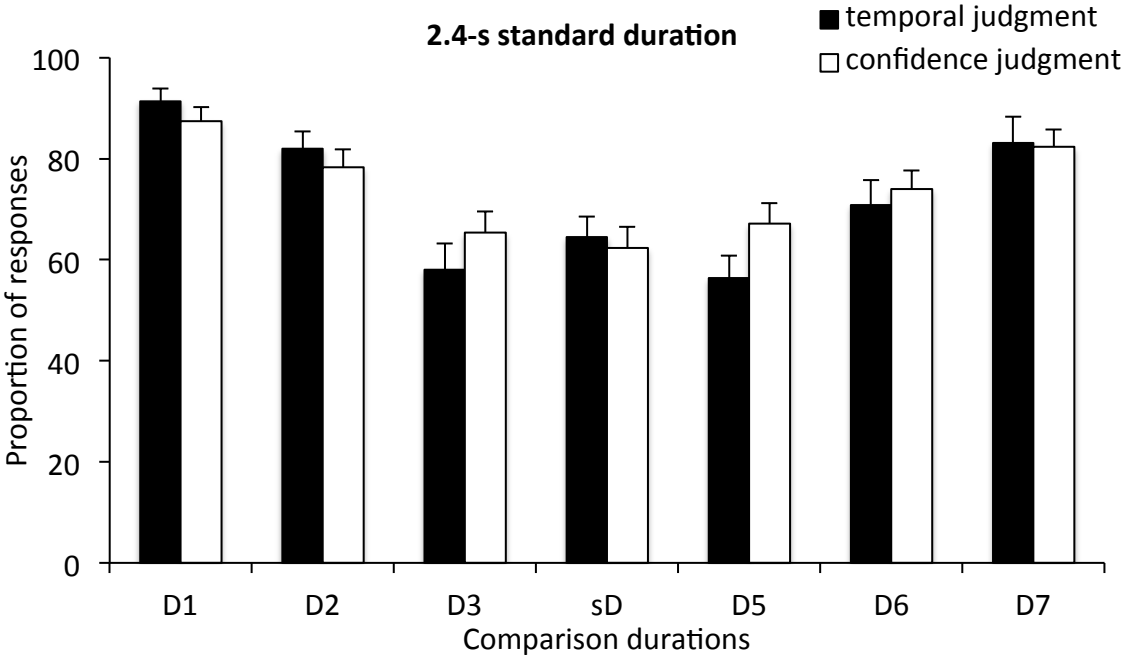
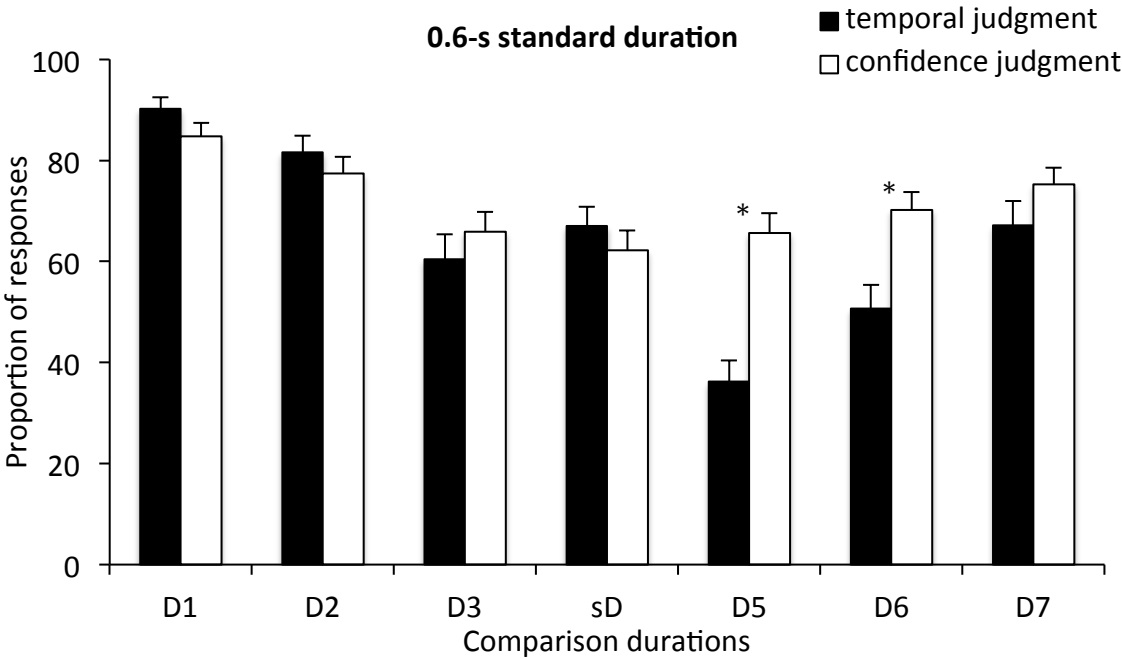


9.6-s standard duration









DISCUSSION GENERALE

Le but de ce travail de thèse était d'appliquer l'approche métacognitive à la perception du temps. Nous avons formulé l'hypothèse qu'il existerait des connaissances sur les distorsions temporelles et que ces connaissances seraient utilisées lors des jugements temporels. De plus, nous souhaitons explorer, par le biais des jugements métacognitifs, les processus décisionnels qui sont impliqués dans le jugement du temps. Dans un premier temps, nous allons revenir sur les résultats obtenus aux tâches temporelles dans les études 2, 3 et 4. Ensuite, nous discuterons le rôle des connaissances et de la conscience sur les performances à des tâches d'évaluation temporelle (Etudes 1, 2 et 3). Enfin, nous terminerons en faisant le point sur les processus métacognitifs impliqués, mis en œuvre dans les études 2, 3 et 4 et la manière dont ils peuvent influencer la perception du temps. Afin d'illustrer notre démarche nous adapterons la représentation schématique du modèle de la métacognition de Nelson et Narens (1990) pour rendre compte des résultats obtenus dans les travaux sur la métacognition appliquée aux jugements temporels.

Le niveau objet correspond au niveau de l'évaluation temporelle (Figure 14). Nous avons donc utilisé des tâches classiquement utilisées dans les études sur la perception du temps dans trois de nos études (Etudes 2, 3 et 4). Comme nous l'avons décrit dans le chapitre 1, plusieurs tâches peuvent être utilisées afin d'étudier les capacités temporelles de l'individu. Dans ce travail de thèse, nous avons diversifié notre approche en utilisant trois tâches, l'une spécifique à l'homme, l'estimation temporelle verbale (Etude 2), et deux adaptées des tâches utilisées chez l'animal, la tâche de bissection (Etude 3) et la tâche de généralisation (Etude 4). Les résultats obtenus dans ces trois tâches ont répliqué les données observées classiquement dans la littérature. Les participants sont précis pour estimer des durées, quelle que soit la tâche

considérée. Toutefois, l'attention, les émotions et la difficulté provoquent des distorsions des jugements temporels.

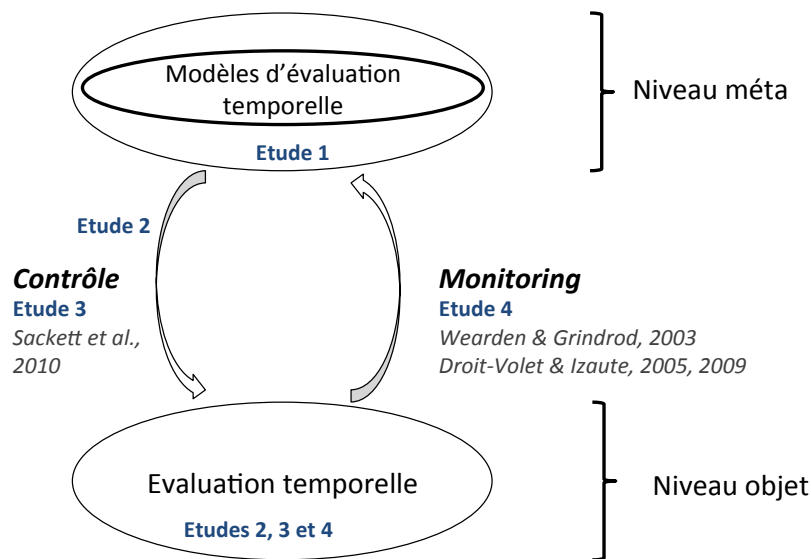


Figure 14. Représentation schématique de la métacognition de la perception du temps adaptée du modèle de Nelson et Narens (1990) intégrant les recherches sur la métacognition de la perception du temps (en italique les recherches antérieures à nos travaux ; en bleu, les recherches présentées dans le présent document).

Ainsi, dans la tâche d'estimation temporelle verbale, les participants de l'étude 2 devaient estimer en unités conventionnelles de mesure du temps, la durée de stimuli présentés visuellement dans une condition de simple tâche temporelle et dans une condition de double tâche. Les participants ont été capables d'estimer avec précision les durées présentées. Néanmoins, ils ont sous-estimé la durée des stimuli dans la condition de double tâche comparativement à la simple tâche. En d'autres termes, lorsque les participants ont, simultanément à la tâche temporelle, réalisé une autre tâche, la durée leur est apparue comme plus courte que la même durée dans la condition simple, où elle était traitée seule. Ces résultats sont similaires à ce qui avait déjà été montré dans de nombreuses études (ex. Coull et al., 2004; Gautier & Droit-Volet, 2002; Zakay, 2005) confortant l'idée selon laquelle le fait de détourner l'attention du traitement de l'information temporelle conduit à un effet de raccourcissement subjectif du temps. Les résultats que nous avons obtenus dans l'étude 3 ont

également reproduit ceux d'études précédentes qui ont montré que l'émotion de colère, comparativement à un visage neutre, provoque un allongement subjectif du temps sans modification de la sensibilité temporelle (Droit-Volet, et al., 2013; Droit-Volet, 2013b). En outre, de même que Gil et Droit-Volet (2011a, 2011b), nous n'avons observé aucun effet de l'expression faciale de dégoût sur les jugements temporels. En revanche, en ce qui concerne l'émotion de honte, nous n'avons pas retrouvé de sous-estimation contrairement à ce qu'avaient observé Gil et Droit-Volet (2011b). En outre, les résultats de l'étude 4 ont répliqué ceux obtenus chez l'adulte avec la tâche de généralisation. Le gradient de généralisation forme un pic autour de la valeur de la durée standard et ce, dans les trois gammes de durées. Toutefois, un aplatissement du gradient de généralisation, c'est-à-dire un élargissement de sa largeur bien qu'il forme toujours un pic autour du standard, a été observé avec l'accroissement de la difficulté c'est-à-dire avec la diminution du ratio. Cet élargissement qui aplatit le gradient de généralisation a déjà été observé chez l'adulte (Droit-Volet & Zélanti, 2013). Ceci traduit une baisse de la précision temporelle avec la difficulté de telle sorte que l'augmentation de la difficulté conduit à une diminution de la sensibilité au temps c'est-à-dire à ce que la capacité à discriminer avec précision les durées diminue lorsque les durées deviennent plus difficiles à distinguer les unes des autres (diminution du ratio), en particulier pour les durées les plus longues.

Partant des recherches menées sur la perception du temps, nous avons fait l'hypothèse qu'il existait des connaissances partagées sur les distorsions temporelles. Notre hypothèse subséquente était que ces connaissances pouvaient permettre à l'individu de réguler la manière dont il percevait le temps en situation. Afin de tester ces deux hypothèses, nous avons mis au point trois études. La première étude (Etude 1) avait pour objectif d'identifier les connaissances relatives aux facteurs à l'origine des distorsions temporelles. Les deux

autres études (Etudes 2 et 3), quant à elles, visaient à vérifier si la conscience du passage du temps permettait la régulation des conduites temporelles.

Pour vérifier l'hypothèse de l'existence de connaissances sur la perception du temps, nous avons réalisé une série de trois expériences. La première nous a permis de mettre en évidence les facteurs responsables de distorsions temporelles dont les individus sont conscients. A partir des 106 items différents présentés aux participants, 24 items significatifs ont été extraits se répartissant sur deux sous-échelles. La première sous-échelle concerne les connaissances que les individus possèdent sur leurs propres distorsions temporelles (échelle « Soi »). La seconde porte sur les connaissances des individus relatives aux distorsions temporelles subies par les autres (échelle « Autrui »). Dans ces deux sous-échelles, deux facteurs ont été identifiés : l'un relatif à l'« Attention » (8 items) et l'autre à l'« Emotion » (4 items). Pour les émotions, seules deux émotions ont été identifiées, celles de joie et de tristesse. En dépit de la littérature abondante concernant l'influence d'autres émotions sur la perception du temps, les participants ne semblent conscients que des effets émotionnels de la joie et de la tristesse sur leur jugement temporel. Une explication possible est que les distorsions temporelles dues aux émotions de colère ou de peur sont dues à des processus inconscients et automatiques, notamment le niveau d'éveil (« arousal »). Comme nous l'avons déjà mentionné, l'émotion de colère provoque un allongement subjectif du temps en lien avec une augmentation du niveau d'éveil tandis que le dégoût conduit à un raccourcissement subjectif du temps du fait d'une diminution du niveau d'éveil. Le caractère automatique de ces effets émotionnels ne permettrait donc pas aux individus d'en prendre conscience. Néanmoins, comme nous le verrons dans la troisième étude de ce travail, il est possible, par des informations données explicitement, d'amener les individus à modifier l'amplitude de leur jugement temporel pour des stimuli émotionnels tels que la colère. En outre, le test de la

validité concurrente a démontré que les femmes seraient plus conscientes des distorsions temporelles que les hommes et ce, quelle que soit la sous-échelle considérée.

La deuxième expérience avait une visée confirmatoire dont le but était de valider la structure factorielle issue de l'étude précédente. Pour ce faire, un nouvel échantillon de participants, étudiants en sciences humaines et sociales et en sciences du sport, a répondu aux 24 items extraits du questionnaire précédent. Les résultats de l'analyse confirmatoire conduite sur les deux sous-échelles (Soi et Autrui) ont montré que, concernant l'échelle « Soi », notre modèle à deux facteurs (Attention et Emotion) était celui qui s'adaptait le mieux aux données. En revanche, concernant l'échelle « Autrui », notre modèle à deux facteurs ne s'adaptait pas mieux aux données que celui à un seul facteur. Ceci tend à montrer que les connaissances des participants sur les distorsions temporelles d'autrui ne sont pas fiables. Cependant, comme c'est le cas en métamémoire où les individus ont tendance à avoir de meilleures connaissances du fonctionnement de leur propre mémoire que de celles d'autrui (Jameson et al., 1993), il est peut-être plus facile de savoir quels sont les facteurs qui influencent ses propres jugements temporels que ceux d'autrui. En effet, l'analyse de la validité concurrente a confirmé que les participants étaient plus conscients de ce qui affectait leur propre perception du temps que celle d'autrui. En outre, la possibilité de distinguer les hommes et les femmes sur la base de leur connaissance s'est vérifiée : les femmes apparaissant comme plus conscientes des facteurs influençant leur propre perception du temps que les hommes.

Dans un troisième temps, nous avons souhaité vérifier la validité conceptuelle de notre questionnaire. Un troisième échantillon de participants a donc répondu à notre questionnaire ainsi qu'à quatre autres questionnaires afin de tester la validité convergente et la validité discriminante. Les résultats ont montré que notre questionnaire présentait des corrélations avec le questionnaire de Zimbardo et al. (ZTPI, 1999) mesurant l'orientation temporelle et avec le questionnaire de Davis (IRI, 1980) mesurant l'empathie. De manière intéressante,

nous avons relevé que les différences dans les connaissances sur les distorsions temporelles sont liées à la capacité à se projeter dans le temps (dimension orientation vers le futur du ZTPI). Autrement dit, notre questionnaire mesure effectivement le concept du temps. De plus, si les connaissances sur ses propres distorsions temporelles sont reliées aux sous-échelle de l'IRI permettant de mesurer la détresse et l'empathie, les connaissances concernant autrui sont, quant à elles, associées à la capacité à se projeter dans des personnages de fictions c'est-à-dire la capacité à s'identifier à ces personnages. Par ailleurs, de manière congruente avec une validité discriminante, notre questionnaire n'est pas une mesure indirecte de la dépression (Radloff, 1977) ou de l'anxiété (Spielberger et al., 1983) dans le sens où il n'y avait pas de relation entre notre questionnaire et ces deux échelles. En résumé, nous pouvons dire que, par le biais du questionnaire de métacognition sur le temps (MQT) que nous avons élaboré, nous avons pu identifier les connaissances explicites des individus sur certains des facteurs qui altèrent leur jugement du temps.

Néanmoins, alors que de nombreux facteurs ont été mis en évidence comme étant source de distorsions temporelles dans les recherches sur la perception du temps, notre questionnaire a mis en lumière que les individus ne sont conscients que d'un nombre limité de facteurs, en l'occurrence, de l'effet de l'attention et des émotions. En outre, il s'agit de connaissances explicites, conscientes, qui résultent d'une introspection individuelle et qui sont différentes des connaissances implicites, inconscientes. Finalement, l'automaticité de nombreux effets sur les jugements temporels, tels que ceux liés à l'augmentation du niveau d'éveil par la température corporelle ou à des stimuli répétés (ex. train de clicks), peut expliquer que les distorsions temporelles n'atteignent pas un niveau de conscience suffisant pour être explicitées par les individus dans un questionnaire. Afin d'étudier dans quel contexte la conscience des distorsions temporelles automatiques émerge et si celle-ci permet

une régulation des jugements temporels nous avons poursuivi avec deux études complémentaires (Etude 2 et Etude 3).

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressées au facteur Attention du MQT. Après avoir répondu au questionnaire, les participants réalisaient une tâche d'estimation temporelle verbale dans deux conditions d'attention : une condition de simple tâche temporelle et une condition de double tâche. Les résultats ont permis de mettre en évidence une corrélation positive entre le fait d'avoir des connaissances sur l'impact de l'attention sur la perception du temps et la performance temporelle. En l'occurrence, les participants les plus conscients des distorsions temporelles dues à l'attention sont également les plus précis dans leurs estimations temporelles, tant en simple qu'en double tâche, bien que la performance en double tâche soit inférieure à celle en simple tâche. Néanmoins, devant le caractère corrélationnel de l'étude, nous ne pouvions conclure sur la causalité du lien entre les connaissances et la performance.

C'est pourquoi, dans les deux expériences de l'étude 3, nous avons manipulé les connaissances accessibles aux participants à travers des textes donnant une information correcte, incorrecte ou aucune information. Nous nous sommes intéressées, cette fois-ci, aux distorsions temporelles dues aux émotions, deuxième facteur mis en évidence dans le MQT. La première expérience de l'étude 3 a permis de montrer, dans une tâche de bissection temporelle, que l'effet de l'émotion de colère sur la perception du temps pouvait être régulé par la connaissance rendue accessible aux participants. Ainsi, on a remarqué un accroissement de l'allongement subjectif lorsque l'information donnée va dans le sens de la distorsion « naturelle », automatique. En revanche, l'information erronée, selon laquelle la colère provoque un raccourcissement subjectif du temps, a réduit l'effet de l'émotion (différence neutre-colère) sur la perception du temps. La deuxième expérience avait pour but de vérifier si l'information explicite pouvait produire un effet indépendant de l'effet de l'émotion de telle

sorte que la connaissance en tant que telle produirait un allongement ou un raccourcissement subjectif du temps. Comme les émotions de colère et de dégoût provoquent un haut niveau d'éveil qui se traduit, pour la colère, par un allongement subjectif du temps (Droit-Volet et al., 2013) l'information erronée donnée aux participants consistait à dire que ces émotions provoquent un raccourcissement subjectif. La honte, quant à elle, ne provoque pas d'éveil et, par conséquent, ne produit pas d'allongement subjectif du temps (Gil & Droit-Volet, 2011b). L'information erronée était donc que la honte conduit à un effet d'allongement subjectif du temps. Cette seconde expérience a confirmé le fait que l'information explicite erronée réduit l'effet émotionnel automatique sur la perception temporelle observé avec la colère. En revanche, elle ne peut faire apparaître un effet qui n'existe pas naturellement, dans le cas de la honte et du dégoût. Par conséquent, le rôle des connaissances serait de réguler, de contrôler l'amplitude des distorsions temporelles provoquées naturellement par certaines émotions. Ce contrôle, cette régulation se ferait par le biais des processus métacognitifs.

Nous en arrivons donc aux processus métacognitifs qui entrent en jeu dans les jugements temporels et à la manière dont ils peuvent permettre leur régulation. Trois des études décrites dans ce travail de thèse (Etudes 2, 3 et 4) nous ont permis d'étudier cette question. Ainsi l'étude 2, dans laquelle nous avons mesuré la conscience que les individus avaient de l'effet de l'attention sur la perception du temps, nous a permis de montrer que des variations dans le niveau de conscience étaient associées à des variations dans la précision des jugements temporels. Ceci va dans le sens d'une régulation descendante, « top-down », de l'information, du niveau méta vers le niveau objet par le biais de mécanismes de Contrôle qui amènent les individus à modifier leurs jugements temporels selon la conscience qu'ils ont de l'effet de l'attention sur la perception du temps. De plus, dans l'étude 3, nous avons mis en évidence un effet de la connaissance explicite sur les jugements temporels produits. Ceci traduit une activité métacognitive générale avec la mise en jeu à la fois du Monitoring et du

Contrôle. Les connaissances explicites données aux participants sont traitées par le Monitoring qui va les intégrer aux modèles contenus au méta-niveau. Puis, le Contrôle informe le niveau objet sur les jugements à produire en les adaptant aux nouvelles informations. De cette façon, les jugements temporels sont régulés dans le sens d'une réduction de l'effet naturel de l'émotion. Néanmoins, la régulation par les processus métacognitifs n'est pas suffisante pour obtenir des effets émotionnels sur les jugements temporels lorsque ces effets n'existent pas dans les conditions naturelles. En effet, si le Monitoring a permis de réduire voire de faire disparaître l'effet « naturel » de l'émotion de colère, il n'a pas été capable de faire apparaître un effet émotionnel qui n'existe pas naturellement.

Par ailleurs, dans l'étude 4, le recours aux jugements de certitude pour évaluer la précision des jugements temporels a fait apparaître que les individus sont capables de jugements métacognitifs globalement précis pour les durées standard. Néanmoins, on a relevé également l'apparition d'un manque de confiance pour l'évaluation des durées plus courtes que le standard et d'un excès de confiance pour l'évaluation des durées plus longues que le standard. Une première explication pourrait être l'effet « hard-easy » avec une sous-confiance en la performance pour les items faciles et sur-confiance progressive en la performance avec l'accroissement de la difficulté des items tel qu'il a été observé par Baranski et Petrusic (1994, 1995, 1999). Ces derniers avaient observé cet effet tant dans des tâches de connaissances générales que dans des tâches perceptives. Cependant, bien que les jugements de certitude aient décru avec l'augmentation de la difficulté, ce n'est pas le cas pour les durées supérieures au standard dans le ratio le plus difficile. Dans ce cas, alors que les performances à la tâche temporelle ont baissé, tout se passe comme si les participants n'étaient pas parvenus à estimer cette baisse de performance par une diminution correspondante de la certitude. Les recherches sur la perception du temps ont montré que la

variation dans les processus décisionnels semblaient n'avoir que peu d'influence sur la précision des jugements temporels. Les individus seraient capables de juger de manière précise la qualité de leurs jugements temporels mais la sensibilité métacognitive au temps diminuerait avec l'augmentation de la difficulté des jugements temporels à produire. Dans le « Self-Consistency » modèle, Koriat (2012) a proposé l'existence d'un principe de consensus qui postule que la confiance dans la réponse est associée à un consensus interindividuel, une constance intra-individuelle, sur la réponse plutôt qu'à son caractère correct. Par conséquent, il est possible que la sur-confiance observée dans le ratio difficile pour les durées supérieures au standard soit due au fort consensus sur les réponses « même », erronées, c'est-à-dire sur la fréquence élevée de ces réponses parmi les participants, ce consensus les conduisant à un excès de confiance.

CONCLUSION

Quelques chercheurs se sont intéressés à l'influence des croyances relatives au sentiment de passage du temps sur l'évaluation de situations. Ils ont également cherché à étudier la manière dont les feedbacks modifient les critères de décisions donc la précision des jugements temporels. Néanmoins, aucun n'a étudié de manière systématique la métacognition de la perception du temps. Dans ce travail, nous avons donc cherché à intégrer les données issues des recherches sur la perception du temps à un modèle adapté du modèle métacognitif de Nelson et Narens (1990). Pour ce faire, nous avons réalisé quatre études. La première étude (3 expériences) avait pour objectif de vérifier s'il existait une certaine conscience ou des connaissances sur le sentiment de passage du temps. Aussi, nous avons développé et validé un questionnaire mesurant les connaissances des individus sur leur sentiment de passage du temps. Ces connaissances se divisent en deux facteurs. Un premier facteur que nous avons appelé « Attention » concerne l'influence de l'attention sur le sentiment de passage du temps. Le second facteur, nommé « Emotion », porte sur les effets des émotions sur la perception du temps. Par ailleurs, comme en métacognition, il est apparu que les individus sont plus conscients de ce qui affecte leur propre sentiment de passage du temps que de ce qui affecte celui d'autrui. Ces connaissances sur le temps peuvent être assimilées en modèles de l'évaluation temporelle. Ainsi, au même titre que les connaissances sur le fonctionnement de la mémoire, ces modèles prennent place au niveau méta du modèle métacognitif de Nelson et Narens (1990).

Les études 2 (1 expérience), 3 (2 expériences) et 4 (1 expérience), quant à elles, étaient destinées à étudier si les processus métacognitifs (Contrôle et Monitoring) permettaient de réguler les jugements temporels. Les études 2 et 3 avaient ainsi pour objectif d'étudier l'effet de la conscience et des connaissances sur les jugements temporels en tant que tels. Autrement

dit, nous faisons l'hypothèse que le Contrôle métacognitif permettrait une régulation des jugements temporels produits au niveau objet. Nous avons ainsi mis en évidence que la conscience du rôle de l'attention sur la perception du temps était associée à de meilleures performances à une tâche temporelle faisant varier l'attention accordée au traitement de l'information temporelle. De plus, l'apport de connaissances sur les distorsions temporelles émotionnelles, lorsque celles-ci existent dans des conditions « naturelles », permet de réduire voire de faire disparaître ces distorsions. En revanche, les connaissances erronées concernant des distorsions temporelles émotionnelles qui n'existent pas en conditions naturelles ne permettent pas au Contrôle métacognitif de les faire apparaître. Par conséquent, nos résultats suggèrent que le Contrôle métacognitif doit être pris en compte, notamment par le biais des connaissances préalables de l'individu sur son sentiment de passage du temps, lorsque l'on s'intéresse aux jugements temporels.

Enfin, dans l'étude 4, nous avons montré que le Monitoring intervenait également lors de la production de jugements temporels. En effet, les individus sont capables d'estimer, par le biais de jugements de certitude, relativement précisément si leurs jugements temporels sont corrects. Néanmoins, ces jugements de certitude, qui sont le reflet du processus de monitoring, deviennent moins précis avec l'augmentation de la difficulté à produire les jugements temporels.

Pris dans leur ensemble, ces recherches nous permettent donc de conclure que tenir compte des processus métacognitifs dans les recherches sur la perception du temps apparaît pertinent pour ce champ de recherche. En effet, d'une part, les individus possèdent des connaissances sur le sentiment de passage du temps (modèles concernant « la perception du temps » situés au niveau méta). Ces connaissances peuvent avoir un effet direct sur leur sentiment de passage du temps par le biais du processus de Contrôle. Les informations contenues au niveau méta influencent les comportements d'évaluation du temps produits au

niveau objet. D'autre part, les jugements temporels produits au niveau objet sont susceptibles d'être traités par le processus de Monitoring donc d'apporter à leur tour des informations au niveau méta. Ces flux continus d'informations entre les niveaux méta et objet permettent donc la régulation des jugements temporels au niveau objet et la mise à jour des modèles de l'évaluation du temps au niveau méta.

Par ailleurs, ce travail ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Par exemple, il est possible que les enfants et les personnes âgées aient une conscience du temps différente de la population que nous avons étudiée ici, les jeunes adultes. Or, les jugements métacognitifs étant également variables avec l'âge, il est envisageable que le développement métacognitif influence la perception du temps. Ainsi, le fait d'intégrer les recherches sur la perception du temps dans un modèle métacognitif présenterait également l'avantage d'aborder d'une nouvelle manière des questions classiques relatives à la perception du temps.

BIBLIOGRAPHIE

- Allan, L. G. (1979). The perception of time. *Perception & Psychophysics*, 26(5), 340–354.
doi:10.3758/BF03204158
- Allan, L. G. (1998). The influence of the scalar timing model on human timing research. *Behavioural Processes*, 44(2), 101–117. doi:10.1016/S0376-6357(98)00043-6
- Allan, L. G., & Gibbon, J. (1991). Human Bisection at the Geometric Mean. *Learning and Motivation*, 22, 39–58.
- Allman, M. J., & Meck, W. H. (2012). Pathophysiological distortions in time perception and timed performance. *Brain : A Journal of Neurology*, 135(3), 656–77.
doi:10.1093/brain/awr210
- Anderson, C. A., & Lindsay, J. J. (1998). The development, perseverance, and change of naive theories. *Social Cognition*, 16(1), 8–30.
- Bacon, E., Huet, N., & Danion, J.-M. (2011). Metamemory knowledge and beliefs in patients with schizophrenia and how these relate to objective cognitive abilities. *Consciousness and Cognition*, 20(4), 1315–26. doi:10.1016/j.concog.2011.02.017
- Bacon, E., & Izaute, M. (2009). Metacognition in schizophrenia: processes underlying patients' reflections on their own episodic memory. *Biological Psychiatry*, 66(11), 1031–7. doi:10.1016/j.biopsych.2009.07.013
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1994). The calibration and resolution of confidence in perceptual judgments. *Perception & Psychophysics*, 55(4), 412–428.
doi:10.3758/BF03205299
- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1995). On the calibration of knowledge and perception. *Canadian Journal of Experimental Psychology = Revue Canadienne de Psychologie Experimentale*, 49(3), 397–407.

- Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1999). Realism of confidence in sensory discrimination. *Perception & Psychophysics*, 61(7), 69–83. doi:10.3758/BF03206939
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *The Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 577–609; discussion 610–660.
- 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. doi:10.1016/j.bandc.2006.03.003
- Bech, P. (1975). Depression: Influence of Time Estimation and Time Experience. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 51(1), 42–50. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1975-31937-001>
- Bergson, H. (1888). *Essai sur les données immédiates de la conscience*. Retrieved from http://classiques.uqac.ca/classiques/bergson_henri/essai_conscience_immediate/essai_conscience.pdf
- Bergson, H. (1907). *L' évolution créatrice*. Paris: Presses universitaires de France.
- Blewett, A. E. (1992). Abnormal Subjective Time Experience in Depression. *British Journal of Psychiatry*, 161, 195–200. Retrieved from <http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/1355690/reload=0;jsessionid=DCE5C4BCF32D08229A42660EE051DA77>
- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychologica*, 134(3), 330–43. doi:10.1016/j.actpsy.2010.03.006
- Block, R. A., Zakay, D., & Hancock, P. A. (1998). Human aging and duration judgments: a meta-analytic review. *Psychology and Aging*, 13(4), 584–96. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9883459>
- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: a meta-analysis. *The*

- Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(5), P223–P233. doi:10.1093/geronb/60.5.P223
- Boucheron, C. (1995). Version française du M.I.A. (Metamemory in Adulthood). *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 45(3), 163–170. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=2900227>
- Brown, A. L. (1978). Knowing when, where and how to remember: a problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 77–165). Mahwah, NJ, US: Erlbaum.
- Brown, S. W. (1985). Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms. *Perception & Psychophysics*, 38(2), 115–124. Retrieved from <http://www.springerlink.com/content/m20v3182jq430875/>
- Brown, S. W. (1997). Attentional resources in timing: interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception & Psychophysics*, 59(7), 1118–40. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9360484>
- Brown, S. W., Newcomb, D. C., & Kahrl, K. G. (1995). Temporal-signal detection and individual differences in timing. *Perception*, 24(5), 525 – 538. doi:10.1068/p240525
- Burle, B., & Casini, L. (2001). Dissociation between activation and attention effects in time estimation: implications for internal clock models. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 27(1), 195–205. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11248933>
- Casini, L., & Macar, F. (1997). Effects of attention manipulation on judgments of duration and of intensity in the visual modality. *Memory & Cognition*, 25(6), 812–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9421567>
- Cataloglu, E., & Ates, S. (2014). The effects of cognitive styles on naïve impetus theory application degrees of pre-service science teachers. *International Journal of Science and*

Mathematics Education, 12, 699–719.

- Catania, A. C. (1970). Reinforcement schedules and psychophysical judgments: A study of some temporal properties of behavior. In W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules* (pp. 1–42). New York, NY, USA: Appleton Century Crofts.
- 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. doi:10.1016/j.jesp.2007.04.014
- Chambon, M., Gil, S., Niedenthal, P. M., & Droit-Volet, S. (2005). Psychologie sociale et perception du temps : l'estimation temporelle des stimuli sociaux et émotionnels. *Psychologie Française*, 50, 167–180. doi:10.1016/j.psfr.2004.10.008
- Cheng, R.-K., MacDonald, C. J., & Meck, W. H. (2006). Differential effects of cocaine and ketamine on time estimation: Implications for neurobiological models of interval timing. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 85, 114–122. doi:10.1016/j.pbb.2006.07.019
- Church, R. M., & Deluty, M. Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3(3), 216–228. doi:10.1037//0097-7403.3.3.216
- Church, R. M., & Gibbon, J. (1982). Temporal generalization. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 8(2), 165–186.
- Cocenas-Silva, R., Bueno, J. L. O., & Droit-Volet, S. (2012). Temporal memory of emotional experience. *Memory & Cognition*, 40(2), 161–7. doi:10.3758/s13421-011-0145-5
- Cocenas-Silva, R., Bueno, J. L. O., & Droit-Volet, S. (2013). Emotion and long-term memory for duration: resistance against interference. *Behavioural Processes*, 97, 6–10. doi:10.1016/j.beproc.2013.03.010
- Comte, A. (1842). *Cours de philosophie positive (1re et 2e leçon)*. Retrieved from http://classiques.uqac.ca/classiques/Comte_auguste/cours_philo_positive/cours_philo_po

- Coslett, H. B., Wiener, M., & Chatterjee, A. (2010). Dissociable neural systems for timing: evidence from subjects with basal ganglia lesions. *PloS One*, 5(4), e10324. doi:10.1371/journal.pone.0010324
- Costermans, J., Lories, G., & Ansay, C. (1992). Confidence level and feeling of knowing in question answering: The weight of inferential processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(1), 142–150. doi:10.1037/0278-7393.18.1.142
- Coull, J. T., Cheng, R.-K., & Meck, W. H. (2011). Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology : Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 36(1), 3–25. doi:10.1038/npp.2010.113
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (2008). Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 137–44. doi:10.1016/j.conb.2008.07.011
- Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303(5663), 1506–8. doi:10.1126/science.1091573
- Darwin, C. (1872). *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou La lutte pour l'existence dans la nature*. (A. Costes, Ed.). Paris: Ancienne Librairie Schleicher.
- Davis, M. H. (1980). A Multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10, 85–104. doi:10.1037/0022-3514.44.1.113
- Descartes, R. (1881). *Discours de la méthode et Première méditation*. Paris: Librairie Germer Baillière et Cie. Retrieved from <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5492304r>
- Dews, P. B. (1969). Studies on responding under fixed-interval schedules of reinforcement:

- the effect on the pattern of responding of changes in requirements at reinforcement. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 12(2), 191–199.
- Dews, P. B. (1970). The theory of fixed interval responding. In W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules* (pp. 43–61). New York: Appleton Century Crofts.
- Dews, P. B. (1978). Studies on responding under fixed-interval schedules of reinforcement: II. The scalloped pattern of the cumulative record. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 29(1), 67–75. doi:10.1901/jeab.1978.29-67
- Dixon, R. A., & Hulstsch, D. F. (1983). Structure and development of metamemory in adulthood. *Journal of Gerontology*, 38(6), 682–688. doi:10.1093/geronj/38.6.682
- Dixon, R. A., Hulstsch, D. F., & Hertzog, C. (1988). The Metamemory in Adulthood (MIA) questionnaire. *Psychopharmacology Bulletin*, 24(4), 671–688. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3249770>
- Doyère, V., & Brown, B. L. (2014). Preamble to the Special Issue “Subjective Duration”: A Renaissance in Timing. *Timing & Time Perception*, 2, 291–303. doi:10.1163/22134468-00002033
- Droit-Volet, S. (2011). Child and Time. In A. Vatakis, A. Esposito, M. Giagkou, F. Cummins, & G. Papdelis (Eds.), *Time and Time Perception* (pp. 151–172). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Droit-Volet, S. (2013a). Time perception in children: A neurodevelopmental approach. *Neuropsychologia*, 51(2), 220–234. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.023
- Droit-Volet, S. (2013b). Time perception, emotions and mood disorders. *Journal of Physiology*, 107(4), 255–264. doi:10.1016/j.jphysparis.2013.03.005
- Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. M. (2004). Perception of the duration of emotional events. *Cognition and Emotion*, 18(6), 849–858.
- Droit-Volet, S., & Clément, A. (2005). Time perception in children and adults: Effects of

- discontinuous and continuous signal. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, 23(3), 229–248.
- Droit-Volet, S., Clément, A., & Wearden, J. H. (2001). Temporal generalization in 3- to 8-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(3), 271–88. doi:10.1006/jecp.2001.2629
- Droit-Volet, S., Fayolle, S., & Gil, S. (2015). Emotion and time perception in children and adults: the effect of task-difficulty. *Timing & Time Perception*.
- Droit-Volet, S., Fayolle, S., Lamotte, M., & Gil, S. (2013). Time, Emotion and the Embodiment of Timing. *Timing & Time Perception*, 1(11a), 99–126. doi:10.1163/22134468-00002004
- Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The time-emotion paradox. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1525), 1943–53. doi:10.1098/rstb.2009.0013
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2005). The effect of feedback on timing in children and adults: the temporal generalization task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 58(3), 507–20. doi:10.1080/02724980443000025
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2009). Improving time discrimination in children and adults in a temporal bisection task: the effects of feedback and no forced choice on decision and memory processes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(6), 1173–88. doi:10.1080/17470210802384180
- Droit-Volet, S., & Rattat, A.-C. (2007). A further analysis of time bisection behavior in children with and without reference memory: the similarity and the partition task. *Acta Psychologica*, 125(2), 240–56. doi:10.1016/j.actpsy.2006.08.003
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2003). Les modèles d'horloge interne en psychologie du temps. *L'année Psychologique*, 103(4), 617–654. doi:10.3406/psy.2003.29656

- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2007). Speeding up an internal clock in children? Effects of visual flicker on subjective duration. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology B*, 55(3), 193–211. doi:10.1080/0272499014300025
- Droit-Volet, S., Wearden, J. H., & Zélanti, P. S. (2015). Cognitive abilities required in time judgment depending on the temporal tasks used: A comparison of children and adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1–8. doi:10.1080/02699931.2011.628301
- Droit-Volet, S., & Zélanti, P. S. (2013). Development of time sensitivity: duration ratios in time bisection. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 66(4), 671–86. doi:10.1080/17470218.2012.712148
- Droit-Volet, S., Zélanti, P. S., Dellatolas, G., Kieffer, V., El Massioui, N., Brown, B. L., ... Grill, J. (2013). Time perception in children treated for a cerebellar medulloblastoma. *Research in Developmental Disabilities*, 34(1), 480–94. doi:10.1016/j.ridd.2012.09.006
- Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. USA: SAGE Publications, Inc.
- Dunlosky, J., & Nelson, T. O. (1992). Importance of the kind of cue for judgments of learning (JOL) and the delayed-JOL effect. *Memory & Cognition*, 20(4), 374–380. doi:10.3758/BF03210921
- Effron, D. A., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2006). Embodied temporal perception of emotion. *Emotion*, 6(1), 1–9. doi:10.1037/1528-3542.6.1.1
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational Research Review*, 1, 3–14. doi:10.1016/j.edurev.2005.11.001
- Efklides, A., Papadaki, M., Papantoniou, G., & Kiosseoglou, G. (1997). Effects of cognitive ability and affect on school mathematics performance and feelings of difficulty. *American Journal of Psychology*, 110(2), 225–259. Retrieved from

[http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsgao&AN=edsgcl.20377200
&lang=fr&site=eds-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsgao&AN=edsgcl.20377200&lang=fr&site=eds-live)

- Efklides, A., & Petkaki, C. (2005). Effects of mood on students' metacognitive experiences. *Learning and Instruction, 15*(Feelings and Emotions in the Learning Process), 415–431. doi:10.1016/j.learninstruc.2005.07.010
- Ekman, P. (1984). Expression and the Nature of Emotion. In K. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to emotion* (pp. 319–343). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ekman, P. (1993). Facial expression and Emotion. *American Psychologist, 48*(4), 384–392.
- Faure, A., Es-Seddiqi, M., Brown, B. L., Nguyen, H. P., Riess, O., von Hörsten, S., ... Doyère, V. (2013). Modified impact of emotion on temporal discrimination in a transgenic rat model of Huntington disease. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 7*(September), 130. doi:10.3389/fnbeh.2013.00130
- Fayolle, S., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2015). Fear and time: Fear speeds up the internal clock. *Behavioural Processes, 120*, 135–140. doi:10.1016/j.beproc.2015.09.014
- Fischhoff, B., & MacGregor, D. (1982). Subjective Confidence in Forecasts. *Journal of Forecasting, 1*, 155–172.
- Flavell, J. H. (1979a). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist, 34*(10), 906–911. doi:10.1037/0003-066X.34.10.906
- Flavell, J. H. (1979b). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist, 34*(10), 906–911.
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1975). Metamemory. In *83rd Annual Meeting of the American Psychological Association* (p. 66). Chicago.
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In R. V. J. Kail & J. W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (Erlbaum., pp. 3–33).

Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Fraisse, P. (1946). Contribution à l'étude du rythme en tant que forme temporelle. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 39, 283–304.
- Fraisse, P. (1948). Étude Comparée De La Perception Et De L'Estimation De La Durée Chez Les Enfants Et Les Adultes. *Enfance*, 1(3), 199–211. doi:10.3406/enfan.1948.1083
- Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps*. Presses universitaires de France. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2042/30484>
- François, M. (1927). Contribution à l'étude du sens du Temps. La température interne comme facteur de variation de l'appréciation subjective des durées. *L'année Psychologique*, 28(1), 186–204. Retrieved from http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/psy_0003-5033_1927_num_28_1_6412
- Franssen, V., & Vandierendonck, A. (2002). Time estimation: does the reference memory mediate the effect of knowledge of results? *Acta Psychologica*, 109(3), 239–67. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11881902>
- Gautier, T., & Droit-Volet, S. (2002). Attention and time estimation in 5- and 8-year-old children: a dual-task procedure. *Behavioural Processes*, 58(1-2), 57–66. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11955771>
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84(3), 279–325. doi:10.1037//0033-295X.84.3.279
- Gibbon, J. (1986). The Structure Of Subjective Time: How Time Flies. *Psychology of Learning and Motivation*, 20, 105–135. doi:10.1016/S0079-7421(08)60017-1
- Gibbon, J. (1991). Origins of scalar timing. *Learning and Motivation*, 22(1-2), 3–38. doi:10.1016/0023-9690(91)90015-Z
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the*

- New York Academy of Sciences*, 423, 52–77. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6588812>
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2009). Time perception, depression and sadness. *Behavioural Processes*, 80(2), 169–76. doi:10.1016/j.beproc.2008.11.012
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011a). “Time flies in the presence of angry faces”... depending on the temporal task used! *Acta Psychologica*, 136(3), 354–62. doi:10.1016/j.actpsy.2010.12.010
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011b). Time perception in response to ashamed faces in children and adults. *Scandinavian Journal of Psychology*, 52(2), 138–145. doi:10.1111/j.1467-9450.2010.00858.x
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2012). Emotional time distortions: the fundamental role of arousal. *Cognition & Emotion*, 26(5), 847–862. doi:10.1080/02699931.2011.625401
- Gil, S., Niedenthal, P. M., & Droit-Volet, S. (2007). Anger and time perception in children. *Emotion*, 7(1), 219–25. doi:10.1037/1528-3542.7.1.219
- Goodman, L. A., & Kruskal, W. H. (1954). Measures of Association for Cross Classifications. *Journal of the American Statistical Association*, 49(268), 732–764.
- Grimaldi, P., Lau, H., & Basso, M. a. (2015). There are things that we know that we know, and there are things that we do not know we do not know: Confidence in Decision-Making. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 55, 88–97. doi:10.1016/j.neubiorev.2015.04.006
- 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. doi:10.3758/APP.72.3.561
- Grondin, S. (2012). Violation of the scalar property for time perception between 1 and 2 seconds: evidence from interval discrimination, reproduction, and categorization.

- Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 38(4), 880–90. doi:10.1037/a0027188
- Gu, B.-M., van Rijn, H., & Meck, W. H. (2015). Oscillatory multiplexing of neural population codes for interval timing and working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 48, 160–185. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.10.008
- Hart, J. T. (1965). Memory and the Feeling-of-Knowing. *Journal of Educational Psychology*, 56(4), 208–216.
- Hart, J. T. (1966). Methodological note on feeling-of-knowing experiments. *Journal of Educational Psychology*, 57(6), 347–349. doi:10.1037/h0023915
- Hart, J. T. (1967). Second-try recall, recognition, and the memory-monitoring process. *Journal of Educational Psychology*, 58(4), 193–197. doi:10.1037/h0024908
- Hart, J. T. (1971). *Remembering - Memory Searching and Memory Checking*.
- Hicks, R. E., & Miller, G. W. (1976). Transfer of Time Judgments as a Function of Feedback. *The American Journal of Psychology*, 89(2), 303. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsjsr&AN=edsjsr.10.2307.1421413&lang=fr&site=eds-live>
- Hoagland, H. (1933). The physiological control of judgments of duration: evidence for a chemical clock. *Journal of General Psychology*, 9, 267–287. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1934-02890-001>
- Hoffer, A., & Osmond, H. (1962). The relationship between mood and time perception. *Psychiatric Quarterly Supplement*, 36(1), 87–92. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1965-02637-001>
- Huet, N. (1999). Assessment device of metacognition involved in a working situation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24(3), 243–251. doi:10.1016/S0169-8141(98)00032-8

- James, W. (1891). *The principles of psychology* (Vol. 1). London: Macmillan.
doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Jameson, A., Nelson, T. O., Leonesio, R. J., & Narens, L. (1993). The Feeling of Another Person's Knowing. *Journal of Memory and Language*. doi:10.1006/jmla.1993.1017
- Janet, P. (1877). Une illusion d'optique interne. *Revue Philosophique de La France et de l'Etranger*, 3, 497–502.
- Kluwe, R. H. (1987). Executive decisions and regulation of problem solving. In F. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, Motivation, and Understanding* (pp. 31–64). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Koriat, A. (1993). How Do We Know That We Know? The Accessibility Model of Feeling of Knowing. *Psychological Review*, 100(4), 609–639. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033295X02003559>
- Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349–370. doi:10.1037//0096-3445.126.4.349
- Koriat, A. (2007). Metacognition and consciousness. In P. D. Zelazo, M. Moscovitch, & E. Thompson (Eds.), *The Cambridge handbook of consciousness* (pp. 289–325). New York, NY, US: Cambridge University Press. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/2007-09928-011>
- Koriat, A. (2012). The Self-Consistency Model of Subjective Confidence. *Psychological Review*, 119(1), 80–113. doi:10.1037/a0025648
- Koriat, A., & Bjork, R. a. (2005). Illusions of competence in monitoring one's knowledge during study. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 31(2), 187–94. doi:10.1037/0278-7393.31.2.187
- Koriat, A., & Bjork, R. A. (2006). Illusions of competence during study can be remedied by

- manipulations that enhance learners' sensitivity to retrieval conditions at test. *Memory & Cognition*, 34(5), 959–972. doi:10.3758/BF03193244
- Koriat, A., & Goldsmith, M. (1996). Monitoring and control processes in the strategic regulation of memory accuracy. *Psychological Review*, 103(3), 490–517. doi:10.1037/0033-295X.103.3.490
- Koriat, A., Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. (1980). Reasons for Confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(2), 107–18. doi:10.1037/0278-7393.6.2.107
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings. Tech. Report.*
- Le Ny, J.-F., & Denhière, G. (1974). Le rôle du sentiment de savoir dans un apprentissage de connaissances. *Le Travail Humain*, 37(1), 23–34. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Lejeune, H. (1998). Switching or gating? The attentional challenge in cognitive models of psychological time. *Behavioural Processes*, 44(2), 127–145. doi:10.1016/S0376-6357(98)00045-X
- Lejeune, H. (2000). Prospective timing, attention and the switch A response to “Gating or switching? Gating is a better model of prospective timing” by Zakay. *Behavioural Processes*, 52, 71–76. doi:10.1016/S0376-6357(00)00136-4
- Lejeune, H., & Wearden, J. H. (2009). Vierordt's The Experimental Study of the Time Sense (1868) and its legacy. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(6), 941–960. doi:10.1080/09541440802453006
- Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. (1980). Training for calibration. *Organizational Behavior and Human Performance*, 26(2), 149–171. doi:10.1016/0030-5073(80)90052-5
- Livesey, A. C., Wall, M. B., & Smith, A. T. (2007). Time perception: Manipulation of task difficulty dissociates clock functions from other cognitive demands. *Neuropsychologia*,

45(2), 321–331. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.033

- Macar, F., Grondin, S., & Casini, L. (1994). Controlled attention sharing influences time estimation. *Memory & Cognition*, 22(6), 673–686. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7808276>
- Macar, F., & Vitton, N. (1989). Effect of learning on production of duration in variable motor conditions. *Acta Psychologica*, 72(3), 247–261. doi:10.1016/0001-6918(89)90032-2
- Malapani, C., Deweer, B., & Gibbon, J. (2002). Separating storage from retrieval dysfunction of temporal memory in Parkinson's disease. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(2), 311–322. doi:10.1162/089892902317236920
- Malapani, C., Rakitin, B., Levy, R., Meck, W. H., Deweer, B., Dubois, B., & Gibbon, J. (1998). Coupled temporal memories in Parkinson's disease: a dopamine-related dysfunction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(3), 316–331. doi:10.1162/089892998562762
- Mariné, C., & Huet, N. (1998). Techniques d'évaluation de la métacognition. I Les mesures indépendantes de l'exécution de tâches. II Les mesures dépendantes de l'exécution de tâches. *L'année Psychologique*, 98(4), 711–742. doi:10.3406/psy.1998.28566
- Matell, M. S., & Meck, W. H. (2000). Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. *BioEssays*, 22, 94–103. doi:10.1002/(SICI)1521-1878(200001)22:1<94::AID-BIES14>3.0.CO;2-E
- Matell, M. S., & Meck, W. H. (2004). Cortico-striatal circuits and interval timing: Coincidence detection of oscillatory processes. *Cognitive Brain Research*, 21, 139–170. doi:10.1016/j.cogbrainres.2004.06.012
- Mazzoni, G., & Nelson, T. O. (1995). Judgments of learning are affected by the kind of encoding in ways that cannot be attributed to the level of recall. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 21(5), 1263–1274. doi:10.1037/0278-

- McCormack, T., Brown, G. D. A., Maylor, E. A., Darby, R. J., & Green, D. (1999). Developmental changes in time estimation: comparing childhood and old age. *Developmental Psychology*, 35(4), 1143–55. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10442882>
- Meck, W. H. (1986). Affinity for the dopamine D2 receptor predicts neuroleptic potency in decreasing the speed of an internal clock. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 25(6), 1185–1189. doi:10.1016/0091-3057(86)90109-7
- Meck, W. H., & Church, R. M. (1984). Simultaneous temporal processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10(1), 1–29.
- Miall, C. (1989). The Storage of Time Intervals Using Oscillating Neurons, 371(Jeffress 1948), 359–371.
- Montare, A. (1985). Learning effects of knowledge of results upon time estimation. *Perceptual and Motor Skills*, 60(3), 871–877. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4022735>
- Montare, A. (1988). Further learning effects of knowledge of results upon time estimation. *Perceptual and Motor Skills*, 66(2), 579–588. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3399338>
- Morson, S. M., Moulin, C. J. A., & Souchay, C. (2015). Selective deficits in episodic feeling of knowing in ageing: a novel use of the general knowledge task. *Acta Psychologica*, 157, 85–92. doi:10.1016/j.actpsy.2015.02.014
- Msetfi, R. M., Murphy, R. A., & Kornbrot, D. E. (2012). The effect of mild depression on time discrimination. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(4), 632–645. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17470218.2011.608908>

- Muller, T., & Nobre, A. C. (2014). Perceiving the passage of time: neural possibilities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1326(1), 60–71. doi:10.1111/nyas.12545
- Neault, S., & Baillargeon, J. (1988). Questionnaire sur la métamémoire. The Metamemory in Adulthood Instrument. Traduction et adaptation française.
- Nelson, T. O. (1984). A comparison of current measures of the accuracy of feeling-of-knowing predictions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 109–33. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6544431>
- Nelson, T. O. (1996a). Consciousness and Metacognition. *American Psychologist*, 51, 102–116. doi:10.1037/0003-066X.51.2.102
- Nelson, T. O. (1996b). Gamma is a Measure of the Accuracy of Predicting Performance on One Item Relative to Another Item, not of the Absolute Performance of an Individual Item Comments on Schraw. *Applied Cognitive Psychology*, 10(3), 257–260. doi:10.1002/(SICI)1099-0720(199606)10:3<257::AID-ACP400>3.0.CO;2-9
- Nelson, T. O., Kruglanski, A. W., & Jost, J. T. (1998). Knowing thyself and others: Progress in metacognitive social psychology. In V. Y. Yzerbyt, G. Lories, B. Dardenne, V. Y. (Ed) Yzerbyt, G. (Ed) Lories, & B. (Ed) Dardenne (Eds.), *Metacognition: Cognitive and social dimensions*. (pp. 69–89). Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psych&AN=1999-08001-004&lang=fr&site=eds-live>
- Nelson, T. O., Leonesio, R. J., Landwehr, R. S., & Narens, L. (1986). A comparison of three predictors of an individual's memory performance: the individual's feeling of knowing versus the normative feeling of knowing versus base-rate item difficulty. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(2), 279–287. doi:10.1037/0278-7393.12.2.279

- Nelson, T. O., & Narens, L. (1980). A new technique for investigating the feeling of knowing. *Acta Psychologica*, 46(1), 69–80. doi:10.1016/0001-6918(80)90060-8
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A Theoretical Framework and New Findings. *Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125–173. doi:doi:10.1016/S0079-7421(08)60053-5
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*. (pp. 1–25). Cambridge, MA, US: The MIT Press. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=1994-97967-001&lang=fr&site=eds-live>
- Niedenthal, P. M., Krauth-Gruber, S., & Ric, F. (2008). *Comprendre les émotions: perspectives cognitives et psycho-sociales*. Wavre, Belgique: Mardaga.
- Nobre, A. C., & Coull, J. T. (2010). *Attention and Time*. (A. C. Nobre & J. T. Coull, Eds.). Oxford University Press.
- Orduña, V., Hong, E., & Bouzas, A. (2007). Interval bisection in spontaneously hypertensive rats. *Behavioural Processes*, 74(1), 107–11. doi:10.1016/j.beproc.2006.10.013
- Penton-Voak, I. S., Edwards, H., Percival, A., & Wearden, J. H. (1996). Speeding up an internal clock in humans? Effects of click trains on subjective duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 22(3), 307–320. doi:10.1037/0097-7403.22.3.307
- Perlmutter, M. (1978). What Is Memory Aging the Aging Of? *Developmental Psychology*, 14(4), 330–45. Retrieved from <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/detail?accno=EJ218092>
- Provasi, J., Rattat, A.-C., & Droit-Volet, S. (2011). Temporal bisection in 4-month-old infants. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 37(1), 108–

113. doi:10.1037/a0019976

- Radloff, L. (1977). The CESD-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurement*, 1, 385–401.
- Rammsayer, T. (1990). Temporal discrimination in schizophrenic and affective disorders: Evidence for a dopamine-dependent internal clock, *International Journal of Neuroscience*, Informa Healthcare. *International Journal of Neuroscience*, 53(2-4), 111–120. Retrieved from <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/00207459008986593>
- Rattat, A.-C., & Droit-Volet, S. (2001). Variability in 5- and 8-year-olds' memory for duration: An interfering task in temporal bisection. *Behavioural Processes*, 55(2), 81–91. doi:10.1016/S0376-6357(01)00168-1
- Rattat, A.-C., & Droit-Volet, S. (2005). La mémoire à long terme des durées : fonctionnement et développement. *Psychologie Française*, 50(1), 99–116. doi:10.1016/j.psfr.2004.10.006
- Sackett, A. M., Meyvis, T., Nelson, L. D., Converse, B. A., & Sackett, A. L. (2010). You're having fun when time flies: the hedonic consequences of subjective time progression. *Psychological Science*, 21(1), 111–7. doi:10.1177/0956797609354832
- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27(5), 763–776.
- Schneider, B. A. (1969). A two-state analysis of fixed-interval responding in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12(5), 677–687. doi:10.1901/jeab.1969.12-677
- Sévigny, M.-C., Everett, J., & Grondin, S. (2003). Depression, attention, and time estimation. *Brain and Cognition*, 53(2), 351–353. doi:10.1016/S0278-2626(03)00141-6
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: an experimental analysis* (Appleton-C.). Oxford, England.

- Smith, J. G., Harper, D. N., Gittings, D., & Abernethy, D. (2007). The effect of Parkinson's disease on time estimation as a function of stimulus duration range and modality. *Brain and Cognition*, 64(2), 130–143. doi:10.1016/j.bandc.2007.01.005
- Souchay, C., Moulin, C. J. A., Clarys, D., Taconnat, L., & Isingrini, M. (2007). Diminished episodic memory awareness in older adults: evidence from feeling-of-knowing and recollection. *Consciousness and Cognition*, 16(4), 769–84. doi:10.1016/j.concog.2006.11.002
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). Manual for the state-trait anxiety inventory. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Sunderland, A., Harris, J. E., & Baddeley, A. D. (1983). Do laboratory tests predict everyday memory? A neuropsychological study. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22(3), 341–357. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022537183902293>
- Tauber, S. K., & Rhodes, M. G. (2010). Metacognitive errors contribute to the difficulty in remembering proper names. *Memory (Hove, England)*, 18(5), 522–532. doi:10.1080/09658211.2010.481818
- Thönes, S., & Oberfeld, D. (2015). Time perception in depression: A meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 175, 359–372. doi:10.1016/j.jad.2014.12.057
- Thuair, F. (2013). *Les processus d'évaluation et de régulation de l'apprentissage : psychopathologie cognitive de la schizophrénie et études préliminaires auprès de participants sains*.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval. Implications for a model of the "internal clock." *Psychological Monographs: General and Applied*, 77(13), 1–31. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5877542>
- Treisman, M., Cook, N., Naish, P. L. N., & Maccrone, J. K. (1994). The internal clock:

- electroencephalographic evidence for oscillatory processes underlying time perception (English). *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A. Human Experimental Psychology*, 47(2), 241–289. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fcs&AN=4048822&lang=fr&sitelink=eds-live>
- Treisman, M., Faulkner, A., & Naish, P. L. N. (1992). On the relation between time perception and the timing of motor action: evidence for a temporal oscillator controlling the timing of movement. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A. Human Experimental Psychology*, 45(2), 235–263. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fcs&AN=5428720&lang=fr&sitelink=eds-live>
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705–743.
- Tulving, E., & Madigan, S. a. (1970). Memory and Verbal Learning. *Annual Review of Psychology*, 21(1), 437–484. doi:10.1146/annurev.ps.21.020170.002253
- Van der Linden, M., Wyns, C., Coyette, F., Von Frenckell, R., & Seron, X. (1989). *Un questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire QAM [A memory auto-assessment questionnaire]*. Bruxelles, Editest.
- Vierordt, K. (1868). *Der Zeitsinn nach Versuchen* (Laupp.). Tübingen, Germany.
- Wearden, J. H. (1991a). Do humans possess an internal clock with scalar timing properties? *Learning and Motivation*, 22(1-2), 59–83. doi:10.1016/0023-9690(91)90017-3
- Wearden, J. H. (1991b). Human performance on an analogue of an internal bisection task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. B. Comparative and Physiological Psychology*, 43(1), 59–81. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fcs&AN=19467340&lang=fr&site=eds-live>

- Wearden, J. H. (1992). Temporal generalization in humans. *Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Processes*, 18(2), 134–144. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=5247869>
- Wearden, J. H., & Grindrod, R. (2003). Manipulating decision processes in the human scalar timing system. *Behavioural Processes*, 61(1-2), 47–56. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12543482>
- Wearden, J. H., & Lejeune, H. (2008). Scalar properties in human timing: Conformity and violations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(4), 569–587. doi:10.1080/17470210701282576
- Wearden, J. H., & Penton-Voak, I. S. (1995). Feeling the heat: body temperature and the rate of subjective time, revisited. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. B, Comparative and Physiological Psychology*, 48(2), 129–141. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7597195>
- Wearden, J. H., Philpott, K., & Win, T. (1999). Speeding up and (...relatively...) slowing down an internal clock in humans. *Behavioural Processes*, 46(1), 63–73. doi:10.1016/S0376-6357(99)00004-2
- Wearden, J. H., Rogers, P., & Thomas, R. (1997). Temporal Bisection in Humans with Longer Stimulus Durations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology B*, 50(1), 79–94. doi:10.1080/713932643
- Wearden, J. H., Wearden, A. J., & Rabbitt, P. M. A. (1997). Age and IQ effects on stimulus and response timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(4), 962–979. doi:10.1037//0096-1523.23.4.962
- Wegener, D. T., & Petty, R. E. (1998). The naive scientist revisited: naive theories and social

- judgment. *Social Cognition*, 16(1), 1–7.
- Weiner, H. (1964). Conditioning history and human fixed-interval performance1. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 7(5), 383–385. doi:10.1901/jeab.1964.7-383
- Weiner, H. (1969). Controlling human fixed-interval performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 349–373. doi:10.1901/jeab.1969.12-349
- Weiner, H. (1970). Instructional control of human operant responding during extinction following fixed-ratio conditioning. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 13(3), 391–394. doi:10.1901/jeab.1970.13-391
- Wyrick, R. A., & Wyrick, L. C. (1977). Time Experience During Depression. *Archives of General Psychiatry*, 34, 1441–1443.
- Zakay, D. (1989). Subjective Time and Attentional Resource Allocation: An Integrated Model of Time Estimation. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), *Time and Human Cognition: A Life Span Perspective*. North-Holland: Elsevier Science Publishers B. V.
- Zakay, D. (1998). Attention allocation policy. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(1), 114–118.
- Zakay, D. (2005). Attention et jugement temporel. *Psychologie Française*, 50(1), 65–79. doi:10.1016/j.psfr.2004.10.004
- Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An Attentional-Gate Model of Prospective Time Estimation. In M. Richelle, V. DeKeyser, G. D’Ydewalle, & A. Vandierendonck (Eds.), *Time and the dynamic control of behavior* (Psychology., pp. 167–178). Liège, Belgium.
- Zimbardo, P. G., & Boyd, J. N. (1999). Putting Time in Perspective: A Valid, Reliable Individual-Differences Metric. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1271–1288. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6X01-46HNTFS-F/2/0193f2311752de682f62b7ab4898e445>
- Zimmerman, C. A., & Kelley, C. M. (2010). “I’ll remember this!” Effects of emotionality on

memory predictions versus memory performance. *Journal of Memory and Language*, 62(3), 240–253. doi:10.1016/j.jml.2009.11.004

La métacognition concerne à la fois les connaissances des individus sur leur fonctionnement cognitif et les processus qui permettent de les réguler (Koriat, 2007). Or, l'étude de la perception du temps a mis en évidence que de nombreux éléments peuvent provoquer des distorsions temporelles, notamment, par exemple, l'attention ou les feedbacks. L'objectif de ce travail est donc de proposer un modèle intégratif de la métacognition de la perception du temps ; autrement dit d'intégrer les données issues des recherches classiques sur la perception du temps au sein d'un modèle métacognitif (Nelson et Narens, 1990).

Notre première question était de vérifier l'existence de connaissances sur la perception du temps, et en particulier sur les facteurs à l'origine de distorsions temporelles. Les 3 expériences de notre première étude nous ont conduit à créer et valider le Questionnaire Métacognitif sur le Temps (MQT). Ce dernier, constitué de 24 items, met en évidence l'existence de connaissances plus fiables pour soi (sous-échelle Soi, 12 items) que pour autrui (sous-échelle Autrui, 12 items), sur deux facteurs connus pour affecter la perception du temps : le facteur Emotion (4 items) et le facteur Attention (8 items).

Dans un deuxième temps, nous avons étudié l'influence des processus métacognitifs sur les jugements temporels. Ainsi, nous nous sommes intéressées à l'influence du processus de Contrôle métacognitif sur la performance à deux tâches temporelles. Notre hypothèse était que les connaissances sur le temps permettaient de réguler les jugements temporels. Les résultats de nos deux études (Etude 2 et 3, respectivement composées de une et deux expériences) ont confirmé l'importance du processus de Contrôle dans le jugement temporel. Ainsi, la simple conscience du rôle de l'attention sur la perception du temps provoque une réduction de l'effet attentionnel généralement observé (Etude 2). De plus, les connaissances explicites, erronées, données aux individus, provoquent une réduction voire une disparition de l'effet émotionnel automatique de la colère sur les jugements temporels (Etude 3). Enfin, nous avons exploré le lien entre processus de Monitoring et jugements temporels. Notre quatrième étude a mis en évidence la capacité des individus à estimer précisément la justesse de leurs jugements temporels sous certaines conditions. En effet, il apparaît que les individus sont sensibles à la difficulté de la tâche et à la gamme de durée. Ces deux dimensions affectent à la fois les jugements temporels et les jugements de certitude.

Dans l'ensemble, les résultats de ce travail soulignent l'importance qu'il y a à tenir compte des processus métacognitifs dans l'étude de la perception du temps.

Mots-clefs : métacognition, perception du temps, conscience, sentiment de passage du temps, jugement de certitude, questionnaire, Monitoring, Contrôle

Metacognition concerns both individuals' knowledge about their cognitive functioning and the processes that regulate them (Koriat, 2007). The study of the perception of time showed that many factors cause temporal distortions, including, for example, attention or feedback. The purpose of this work is thus to propose an integrative model of metacognition of time perception; i.e. to integrate data based on conventional research on the perception of time in a metacognitive model (Nelson and Narens 1990).

Our first question was to verify the existence of knowledge about the perception of time, especially on the factors responsible for temporal distortions. The three experiments of our first study led us to create and validate the Metacognitive Questionnaire on Time (MQT). The latter consists of 24 items that highlights the existence of knowledge, more reliable for oneself (subscale Self, 12 items) than for others (subscale Others, 12 items), on two factors known to affect time perception: an Emotion Factor (4 items) and an Attention factor (8 items).

Secondly, we studied the influence of metacognitive processes on temporal judgments. Thus, we are interested in the influence of metacognitive Control process on performances in two temporal tasks. Our hypothesis was that knowledge about time allowed regulating the temporal judgments. The results of our studies (Study 2 and 3, respectively composed of one and two experiments) confirmed the importance of the Control process on temporal judgments. Thus, mere awareness of the role of attention on perception of time causes a reduction of the attentional effect generally observed (Study 2). Moreover, explicit erroneous knowledge given to participants causes a reduction or even disappearance of automatic emotional effect of anger on the temporal judgments (Study 3). Finally, we have explored the link between Monitoring process and temporal judgments. Our fourth study demonstrated the ability of individuals to accurately estimate the accuracy of their temporal judgments under certain conditions. Indeed, it appears that individuals are sensitive to task difficulty and duration range. These two dimensions affect both temporal judgments and confidence level estimates.

Overall, the results of this study emphasize the importance to take account of metacognitive processes in the study of the perception of time.

Keywords: metacognition, time perception, consciousness, feeling of time passage, confidence level estimates, questionnaire, Monitoring, Control