

LOBNA CHÉRIF

BF
20.5
UL
2001
C521

**TRAITEMENT D'ORDRE TEMPOREL EN MÉMOIRE À COURT-TERME
ET REPRODUCTION TEMPORELLE.**

Mémoire
présenté
à la Faculté des études supérieures
de l'Université Laval
pour l'obtention
du grade de maître ès arts en psychologie (M.A.)

FACULTÉ DES SCIENCES SOCIALES
ÉCOLE DE PSYCHOLOGIE
UNIVERSITÉ LAVAL

MARS 2001

© Lobna Chérif, 2001



RÉSUMÉ

Dans la présente étude, l'effet d'un traitement d'ordre temporel d'item en MCT sur la reproduction d'un intervalle de temps est testé dans deux expériences. La tâche non temporelle des participants consiste à vérifier si un chiffre indique ou non la bonne position temporelle d'une lettre cible dans un ensemble mémoire présenté au préalable. Le traitement de l'information d'item est réduit au minimum par l'utilisation d'un ensemble fermé de lettres qui ne changent pas pendant un bloc expérimental. Dans la première expérience, le traitement de l'ordre en MCT se fait pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. Dans la deuxième expérience, le traitement de l'ordre se fait pendant la phase de reproduction. L'identification d'ordre temporel en MCT perturbe l'estimation temporelle simultanée dans des conditions où la quantité d'information d'item à traiter en mémoire est minimale. Ces résultats suggèrent que l'estimation d'un intervalle temporel et le traitement d'ordre temporel en mémoire utilisent des ressources communes.

Lobna Chérif

Claudette Fortin

AVANT-PROPOS

Au terme de mon mémoire, j'aimerais témoigner ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Mes remerciements et ma gratitude les plus sincères vont d'abord à ma directrice de recherche Mme Claudette Fortin qui m'a accueillie au sein de son équipe de recherche du laboratoire "Temps/Cognition". Elle m'a inculqué le goût de la recherche sur la problématique du temps et de la cognition et a su me donner les premières impulsions dans ce domaine. Outre l'aspect technique, elle n'a cessé de me soutenir et de m'encourager aussi sur tous les plans tout au long de ma maîtrise.

J'aimerais remercier mes parents qui m'ont toujours poussée à aller plus loin (maintenant, j'en suis même rendue au Québec et Dieu sait si ce n'est pas loin !). Leur soutien constant, leur confiance et leur amour inconditionnels m'ont permis d'avancer et de progresser. Que ce travail soit le fruit de tous leurs sacrifices.

Comment remercier Imed et Myriam qui m'ont toujours et continuent encore aujourd'hui de et à me supporter (et je sais combien c'est dur de me supporter !). Sans eux, leur aide constante, leur amitié et leur amour sans réserve, je n'aurais pas pu accomplir ce que j'ai accompli durant toutes ces années.

Je remercie également mes amies Julie, Isabelle et Marie-Ève pour leur profonde amitié et leurs conseils qui m'ont permis d'éviter nombre d'errances et de pièges. Je les remercie aussi pour leur soutien moral et pour les nombreuses discussions fructueuses que nous avons eues.

Je ne pourrai oublier mes amis "Les frustrés du sous-sol" qui ont su remplacer par leur chaleur humaine, leur bonne humeur et leur sourire, le soleil de ma Tunisie... Je vous adore tous!

Un grand merci à toutes les personnes qui ont bien voulu participer à cette étude et sans qui la réalisation de ce mémoire n'aura pas été possible.

Je remercie mes professeurs, examinateurs de mon mémoire qui m'ont fait l'honneur de le lire et de me corriger.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	i
AVANT-PROPOS.....	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES ANNEXES.....	viii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
ATTENTION ET ESTIMATION DU TEMPS	2
MÉMOIRE ET ESTIMATION DU TEMPS	8
DIFFICULTÉ DU TRAITEMENT EN MCT ET TRAITEMENT TEMPOREL	12
TRAITEMENT EN MCT ET REPRODUCTION TEMPORELLE	14
MODÈLES D’HORLOGE INTERNE	16
INTERPRÉTATION DE L’EFFET DU TRAITEMENT EN MCT SUR LA REPRODUCTION TEMPORELLE (FORTIN & ROUSSEAU, 1998) SELON LES MODÈLES D’HORLOGE INTERNE	18
ESTIMATION TEMPORELLE ET TRAITEMENT D’ORDRE	19
INFORMATION D’ITEM ET INFORMATION D’ORDRE EN MÉMOIRE	21
OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	23
EXPÉRIENCE 1	24
MÉTHODE	25
RÉSULTATS	27
DISCUSSION	29
EXPÉRIENCE 2	31
MÉTHODE	31

RÉSULTATS	33
DISCUSSION	35
DISCUSSION GÉNÉRALE	37
CONCLUSION GÉNÉRALE	42
RÉFÉRENCES	43
PRÉSENTATION DES FIGURES	55
ANNEXE A	67
ANNEXE B	69

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
<u>Tableau 1.</u> Moyennes et écart-types des reproductions temporelles individuelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour l'expérience 1.	49
<u>Tableau 2.</u> Analyse de variance à mesures répétées effectuée sur les moyennes des reproductions en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées à reproduire pour l'expérience 1.	50
<u>Tableau 3.</u> Moyennes et écart-types des taux d'erreurs en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour l'expérience 1.	51
<u>Tableau 4.</u> Moyennes et écart-types des reproductions temporelles individuelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour l'expérience 2.	52
<u>Tableau 5.</u> Analyse de variance à mesures répétées et tests d'effets simples effectués sur les reproductions moyennes en fonction des durées et de la taille de l'ensemble mémoire pour l'expérience 2.	53
<u>Tableau 6.</u> Moyennes et écarts-types d'erreurs en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour l'expérience 2.	54

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
<u>Figure 1.</u> Représentation schématique du modèle de timing scalaire (<i>scalar timing model</i>) de Gibbon, Church, & Meck (1984).	58
<u>Figure 2a.</u> Processus d'accumulation des indices temporels lors de la reproduction d'un intervalle de temps selon le modèle d'horloge interne.	59
<u>Figure 2b.</u> Illustration du processus d'accumulation des indices temporels lors de l'exécution simultanée d'une tâche non temporelle pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire.	60
<u>Figure 2c.</u> Illustration du processus d'accumulation des indices temporels lors de l'exécution simultanée d'une tâche non temporelle pendant la phase de reproduction de l'intervalle.	61
<u>Figure 3.</u> Modèle de barrière attentionnelle (<i>attentionnal gate</i>) de Zakay & Block (1996).	62
<u>Figure 4.</u> Illustration schématique des essais expérimentaux dans la condition traitement d'ordre temporel pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire.	63
<u>Figure 5.</u> Reproductions temporelles moyennes des participants en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour la première expérience.	64
<u>Figure 6.</u> Illustration schématique des essais expérimentaux dans la condition traitement d'ordre temporel pendant la phase de reproduction de l'intervalle.	65

Figure 7. Reproductions temporelles moyennes des participants en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour la deuxième expérience.

LISTE DES ANNEXES

	<u>Pages</u>
<u>Annexe A.</u> Formulaire de consentement pour l'expérience 1.	67
<u>Annexe B.</u> Formulaire de consentement pour l'expérience 2.	69

Traitement d'ordre temporel en mémoire à court terme et reproduction temporelle

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Tous les êtres vivants ont besoin d'une bonne capacité à estimer et à percevoir le temps pour assurer leur survie. Des études ont montré que différentes espèces animales sont capables d'estimer de façon très précise des intervalles de temps (par exemple, Allan, 1992; Meck, 1996). Chez les humains, la perception du temps est l'une des propriétés les plus fondamentales de leur comportement. Cette propriété a suscité l'intérêt des chercheurs en sciences cognitives qui ont proposé différents modèles cognitifs expliquant ce processus. En premier lieu, il a été démontré que l'estimation de la durée d'un intervalle de temps implique des processus cognitifs qui sont sensibles aux conditions contextuelles dans lesquelles la tâche d'estimation est effectuée (Zakay & Block, 1996). Parmi ces conditions, ces auteurs proposent des facteurs tels que les méthodes utilisées pour l'estimation - estimation verbale, comparaison, production, reproduction -, les conditions environnementales, le contexte cognitif - type de processus cognitif impliqué lors de la tâche d'estimation - et la charge mentale que nécessite le traitement de l'information du stimulus durant l'intervalle. En second lieu, la plupart des modèles cognitifs proposés reconnaissent le rôle de l'attention dans l'estimation du temps. Lorsqu'une tâche non temporelle est exécutée simultanément à une tâche d'estimation temporelle et lorsque les demandes de traitement de l'information non temporelle augmentent, le temps est estimé plus court qu'il ne l'est réellement (par exemple, Hicks, Miller & Kinsbourne, 1976).

L'un des premiers modèles quantitatifs d'estimation temporelle proposé est celui de Creelman (1962, cité dans Allan, 1979), selon lequel le jugement temporel est basé sur le nombre de pulsions accumulées durant un intervalle temporel donné. Le modèle psychophysique d'horloge interne de Church (1984) et Gibbon, Church et Meck (1984) repose également sur une logique d'accumulation. Ce modèle, appelé modèle de timing scalaire (*Scalar Timing Model*) est constitué de quatre composantes principales : une horloge, la mémoire de travail, la mémoire de référence et un comparateur. Selon ce modèle, la

représentation interne de la durée d'un intervalle de temps donné résulte d'un processus d'accumulation de pulsions temporelles cohérentes émises à partir d'un émetteur et qui sont emmagasinées dans l'accumulateur. Dans une situation d'estimation d'un intervalle, le processus d'accumulation se déclenche et puis s'arrête lorsque l'estimation n'est plus nécessaire. Ce processus d'accumulation peut être interrompu par un traitement non temporel simultané.

Certains travaux suggèrent que si le traitement non temporel utilise des ressources attentionnelles, moins d'attention est portée au processus d'accumulation, et la perception de la durée est modifiée (Macar, Grondin & Casini, 1994; Zakay, 1989, 1998). La mémoire à court terme (MCT) intervient aussi dans l'estimation temporelle. Fortin, Rousseau, Bourque et Kirouac (1993) ont montré que lorsqu'une tâche non temporelle effectuée simultanément à une tâche temporelle nécessite des ressources en MCT, le traitement de la tâche temporelle s'en trouve perturbé. Lorsque la durée de traitement est manipulée de manière équivalente dans une tâche visuelle exigeant de l'attention, aucun effet d'interférence sur la tâche d'estimation temporelle simultanée n'est observé.

Attention et estimation du temps

Le rôle de l'attention dans l'estimation du temps a été étudié par des auteurs tels que Thomas et Weaver (1975) dans des expériences où une information visuelle est présentée aux participants qui doivent traiter cette information et en juger simultanément la durée. Les résultats de ces travaux montrent que lorsque la quantité de l'information visuelle à traiter devient plus importante, la durée perçue augmente. Selon ces auteurs, l'estimation d'une durée dépend de la quantité d'attention allouée à la tâche temporelle. Si une tâche non temporelle exécutée simultanément à une tâche temporelle nécessite de l'attention, les ressources attentionnelles sont partagées entre les deux tâches. Une interférence de la tâche non temporelle sur la tâche temporelle est observée, car moins de ressources sont consacrées à la tâche temporelle. Ces auteurs proposent un modèle dans lequel la perception d'une durée dépend du fonctionnement de deux processeurs : un processeur de l'information temporelle

(une horloge) et un processeur de l'information non temporelle. L'attention est partagée entre ces deux processeurs qui fonctionnent en parallèle et la perception de la durée dépend de leur fonctionnement. Si une plus grande attention est allouée à l'un des deux, le fonctionnement du deuxième s'en trouve perturbé et sa variabilité augmente.

Zakay (1989, 1998) amène certaines critiques à ce modèle. Selon cet auteur, ce modèle n'est vérifié que sur des durées très courtes (< 100 ms). Par ailleurs, il s'applique aux résultats observés dans des conditions de jugement temporel rétrospectif, mais non aux conditions de jugement prospectif. Dans la situation de jugement temporel prospectif, les participants savent à l'avance qu'ils doivent estimer la durée de la tâche qu'ils sont en train d'effectuer. Dans la situation rétrospective, le jugement temporel est demandé à la suite de l'exécution de la tâche. Selon cet auteur, la durée perçue d'un intervalle n'est pas fonction de la quantité d'information encodée par les deux processeurs. Elle est fonction de la quantité de ressources attentionnelles allouées au processeur de l'information temporelle uniquement. Dans le même sens, Hicks, Miller et Kinsbourne (1976) postulent que l'estimation d'une durée est déterminée par la quantité de traitement attentionnel alloué à l'intervalle temporel. Dans leur expérience, trois groupes de participants effectuent une tâche non temporelle qui consiste à classer, le plus rapidement et avec le moins d'erreurs possible, des cartes en différentes piles pendant un intervalle temporel de 42 secondes. La durée de l'intervalle est toujours la même pour les trois groupes, mais la difficulté de la tâche n'est pas la même d'un groupe à un autre. Dans le premier groupe, les participants doivent classer les cartes en une seule pile. Dans le second groupe, les participants doivent classer les cartes en deux piles, une pile pour les cartes rouges (cœur et carreau) et une pile pour les cartes noires (trèfle et pique). Dans le troisième groupe, les participants doivent classer les cartes en quatre piles (cœur, carreau, trèfle et pique). Les participants sont placés dans deux paradigmes de jugement temporel différents à savoir un paradigme de jugement prospectif et un paradigme rétrospectif.

Les résultats de cette étude montrent que dans la situation de jugement prospectif, les intervalles temporels sont estimés plus courts lorsque la quantité d'information non

temporelle traitée pendant l'intervalle augmente. Les jugements temporels des participants dans la situation rétrospective ne sont pas affectés par la quantité de traitement non temporel effectué. Hicks, Miller et Kinsbourne (1976) expliquent ces résultats par le fait que lorsqu'un jugement temporel prospectif est effectué, l'attention doit être portée au temps. Si la distraction engendrée par la tâche de classement des cartes augmente, le participant perd de l'information temporelle, d'où la sous-estimation de la durée de l'intervalle. L'absence d'un effet significatif du traitement de l'information non temporelle sur l'information temporelle dans la situation de jugement rétrospectif est expliquée par le fait que dans ce contexte, le jugement d'une durée s'appuie davantage sur la mémoire des événements survenus pendant cette période. Si le participant parvient à se remémorer un grand nombre d'événements, la durée de la période de temps devient plus longue (Block, 1990).

L'effet d'interférence du traitement d'une tâche effectuée simultanément à une tâche d'estimation temporelle a été démontré aussi par Brown et West (1990) qui combinent un traitement temporel à une tâche de reproduction ou de production d'un intervalle de temps. Ces auteurs démontrent, dans deux expériences, que l'exécution simultanée de deux tâches temporelles produit un effet d'interférence qui serait dû à un partage des ressources attentionnelles entre les deux tâches. Dans la première expérience, un ensemble de lettres ($n=4$) est présenté aux participants. Les lettres apparaissent une à une au centre de l'écran, pendant des durées variables. Les durées de présentation sont de six, huit, dix, 12, 14 ou 16 secondes et sont variées d'un essai à un autre. Les participants sont divisés en quatre groupes. Ceux du premier groupe doivent estimer la durée d'apparition d'une de ces lettres et reproduire cette durée par la suite. Ceux du deuxième groupe doivent estimer et reproduire les durées d'apparition de deux lettres. Les participants du troisième groupe doivent effectuer cette même tâche avec trois des lettres de l'ensemble et finalement les participants du quatrième groupe doivent estimer et reproduire les durées des quatre lettres. Tous les participants sont assignés à une condition contrôle et à une condition expérimentale. Dans la condition contrôle, les participants savent à l'avance lequel des stimuli présentés est à estimer. Dans la condition expérimentale, la lettre n'est pas connue à l'avance et les participants sont avisés qu'elle sera choisie au hasard d'un essai à un autre. Une différence significative entre les moyennes des reproductions temporelles des participants dans les

quatre groupes expérimentaux est observée. Les erreurs d'estimation des durées de présentation des lettres augmentent en fonction du nombre de lettres. Les résultats de cette première expérience sont observés aussi dans la deuxième expérience qui utilise une méthode de production temporelle. Ils sont interprétés dans le cadre des modèles de ressources attentionnelles. L'exécution d'une tâche temporelle simultanée va créer une plus grande compétition pour les ressources limitées et mène à une détérioration de la performance de la tâche temporelle.

De tels résultats ont été observés aussi avec différentes tâches non temporelles et avec différentes durées (Brown, 1985; Boltz, 1991; McClain, 1983; Michon & Jackson, 1984; Zakay, 1990, 1993, 1998). Ils s'inscrivent tous dans le cadre du modèle d'allocation attentionnelle selon lequel le traitement de l'information temporelle nécessite des ressources attentionnelles générales et limitées. Si une information non temporelle est traitée simultanément à une information temporelle, les ressources attentionnelles vont être partagées entre ces deux traitements. La tâche non temporelle va dévier l'attention de la tâche temporelle et moins de ressources lui seront allouées.

Une nouvelle vision de ce modèle est proposée par Brown (1997), selon qui le traitement temporel est affecté lorsque certaines ressources spécialisées sont partagées entre le traitement temporel et le traitement non temporel. Cet auteur propose trois expériences où une tâche de production est effectuée simultanément à une tâche non temporelle. Les participants doivent accorder un niveau d'attention équivalent aux deux tâches. Les tâches non temporelles comportent deux niveaux de difficulté. Une version facile et une version difficile de la tâche sont proposées. L'effet des tâches non temporelles sur la tâche de production est ainsi mesuré, en même temps que l'effet réciproque de la tâche de production sur la tâche non temporelle.

Dans la première expérience, les participants doivent produire un intervalle de deux ou de cinq secondes en effectuant simultanément une tâche de poursuite visuelle qui consiste à poursuivre une cible visuelle à l'aide d'un stylet. La difficulté de cette tâche est manipulée

grâce à la modification de la vitesse de la cible à poursuivre. Cette tâche nécessiterait des ressources spatiales et motrices. Les résultats montrent que la variabilité de la tâche temporelle augmente significativement en fonction de la difficulté de la tâche de poursuite. Par contre, aucun effet n'est observé sur les performances dans la tâche de poursuite. Les performances dans cette tâche dans la situation de double tâche sont comparables à celles où les participants l'effectuent seule.

Dans la seconde expérience, les participants doivent rechercher une cible visuelle (une lettre) parmi un ensemble de distracteurs. Selon Brown (1997), étant donné que la tâche perceptuelle utilisée nécessite des ressources attentionnelles, un effet d'interférence de cette tâche sur la production temporelle simultanée est attendu. La difficulté de la tâche est manipulée par la modification des lettres dans l'ensemble des distracteurs. Dans la condition facile, la lettre « K » (cible) est recherchée parmi un ensemble de lettres arrondies (C, Q, O, U). Dans la condition difficile, les distracteurs sont des lettres angulaires (V, W, X et Y). Les résultats montrent que les productions temporelles allongent en fonction de la difficulté de la tâche non temporelle. Ces productions sont plus variables lorsque les participants doivent rechercher la cible dans la condition de recherche difficile que dans la condition de recherche facile. Les performances à la tâche non temporelle ne semblent pas être affectées par la tâche de production. Aucune différence significative n'est détectée entre la condition de prospection seule et la condition de double tâche.

Dans la troisième expérience, la tâche des participants consiste à identifier les réponses incorrectes à des problèmes de soustraction mathématique de différents niveaux de difficulté. Les tâches d'arithmétique mentale sont généralement exigeantes en termes de ressources attentionnelles. Selon Brown (1997), étant donné que la tâche temporelle nécessite des ressources verbales et perceptuelles centrales, une interférence bidirectionnelle entre les deux tâches devrait être observée. Les résultats démontrent que les productions temporelles sont significativement plus longues lorsque la difficulté de la tâche d'arithmétique augmente. D'un autre côté, les analyses statistiques montrent que le pourcentage de problèmes correctement résolus diminue lorsque les participants doivent effectuer les deux tâches

simultanément. L'ajout de la tâche temporelle produit donc également un déclin des performances à la tâche d'arithmétique. Ces analyses indiquent que les participants sont plus sensibles à détecter les fausses réponses dans la condition d'arithmétique simple que lorsqu'ils doivent effectuer la double tâche.

L'effet d'interférence de la tâche non temporelle sur la tâche de production observé dans ces trois expériences va dans le même sens que l'hypothèse selon laquelle le traitement temporel dépend d'un bassin de ressources généralisées (modèle d'allocation attentionnelle). Cependant, cet effet est unidirectionnel dans les deux premières expériences. Il n'est bidirectionnel que dans la troisième expérience. Selon Brown (1997), ce patron de résultats ne peut être interprété que dans le cadre du modèle à réservoirs attentionnels spécifiques multiples (Wickens, 1984).

Dans ce modèle, Wickens (1984) propose plusieurs réservoirs attentionnels spécialisés. Les réservoirs de ressources sont définis par le croisement de quatre facteurs : les modalités d'entrées - visuelle ou auditive -, les modalités de sortie - manuelle ou vocale -, les niveaux de traitement - encodage, traitement et réponse - et les codes utilisés - visuel ou spatial -. Chaque traitement vient puiser dans un réservoir, de manière spécifique, la quantité de ressources dont il a besoin et ne consomme donc pas de ressources appartenant à d'autres réservoirs qu'il n'utilise pas. Ceci permettrait alors de réaliser d'autres traitements en parallèle. Une interférence est observée entre les tâches qui puisent dans un même réservoir de ressources. Dans ce sens, les tâches qui font appel à des ressources appartenant à des réservoirs indépendants n'interfèrent pas ensemble.

Dans l'expérience de Brown (1997), si l'effet d'interférence bidirectionnel n'est observé qu'entre la tâche de production temporelle et la tâche d'arithmétique, c'est parce que ces deux tâches nécessiteraient toutes les deux des ressources verbales et perceptuelles/centrales. Elles puiseraient, dans un bassin commun de ressources attentionnelles spécialisées et limitées. Aucun effet bidirectionnel n'est observé avec les tâches de poursuite visuelle et de prospection visuelle, car ces deux tâches font appel respectivement d'une part à des

ressources spatiales, des ressources inhérentes à la réponse et des ressources perceptuelles/centrales et d'autre part à des ressources spatiales et des ressources perceptuelles/centrales. Même si une certaine quantité de ressources perceptuelles/centrales est partagée entre ces deux dernières tâches et la tâche temporelle, cette quantité de ressources ne semble pas suffisante pour affecter le traitement des tâches non temporelles.

Mémoire et estimation du temps

Bien que l'effet d'un traitement non temporel sollicitant l'attention sur le traitement temporel ait été démontré avec différentes méthodologies, l'hypothèse de l'implication exclusive de l'attention dans l'estimation temporelle est controversée. En effet, Fortin et al. (1993) ont montré à travers quatre expériences que parmi un ensemble de tâches de prospection mnémonique et visuelle, l'interférence du traitement non temporel serait spécifique au partage des ressources en MCT.

La tâche de production temporelle consiste à produire un intervalle temporel donné délimité par deux frappes de doigts successives et séparées par l'intervalle temporel cible. Le participant est entraîné dans des sessions de pratique à produire cet intervalle temporel. Ces sessions permettent une stabilisation des productions temporelles des participants. Au cours des sessions expérimentales, une tâche non temporelle est combinée à la tâche de production. La quantité de traitement non temporel est manipulée par le nombre d'items à traiter dans les tâches visuelles et mnémoniques.

Dans la première expérience, une tâche de reconnaissance d'items (Sternberg, 1966) est combinée à une tâche de production d'un intervalle temporel de deux secondes. Un essai expérimental se déroule de la manière suivante : le participant encode d'abord un ensemble mémoire dont la taille varie d'un essai à un autre ($n= 1$ à 6). Il commence ensuite sa production de l'intervalle pratiqué pendant les sessions de pratique. Cinq cent millisecondes (ms) après le début de la production, une cible apparaît et le participant doit terminer sa production de l'intervalle temporel en appuyant sur une touche ou une autre dépendamment

de la présence ou de l'absence de la cible dans l'ensemble mémoire et qui varie d'un essai à un autre. Une condition temps de réaction est effectuée avant la condition de double tâche. Le participant doit répondre le plus rapidement possible à la tâche de prospection. Il est généralement admis qu'une augmentation des temps de réaction en fonction des tailles de l'ensemble mémoire ou de l'ensemble des comparaisons mentales est un indice des demandes en ressources attentionnelles (Fortin et al., 1993).

Dans la deuxième expérience, une tâche de recherche visuelle identique à celle utilisée dans la première expérience est combinée à une tâche de production temporelle. La charge de traitement en MCT dans cette condition est moindre que celle de la première tâche, car le nombre d'items dans l'ensemble à encoder est maintenu à une seule lettre pendant tous les essais. Les essais expérimentaux se déroulent de la même manière que ceux de la première expérience. Une lettre est présentée au participant qui doit la maintenir et commencer ensuite sa production d'un intervalle de deux secondes. Un ensemble de lettres est ensuite présenté ($n = 1$ à 5) et le participant doit décider si la lettre initialement présentée fait ou non partie de cet ensemble présenté simultanément à la production temporelle.

Dans les troisième et quatrième expériences, la tâche de prospection ne nécessite pas de ressources en mémoire, mais exige des ressources attentionnelles. Il s'agit d'une tâche de prospection visuelle empruntée aux études de Treisman et Gelade (1980). Deux conditions de recherche visuelle sont utilisées dans la troisième expérience. Dans la première condition « caractéristique présente », le participant doit détecter une cible définie comme un cercle intersecté par une ligne verticale (similaire à la lettre Q) parmi un ensemble de cercles sans lignes verticales (similaires à la lettre O). Dans la condition « caractéristique absente », le stimulus n'incluant pas la ligne verticale (O) doit être détecté parmi un ensemble de cercles avec lignes verticales (Q). La taille de l'ensemble visuel ($n = 1, 6$ ou 12), ainsi que la présence ou l'absence de la cible dans l'ensemble visuel sont manipulées. Dans la quatrième expérience, le participant doit produire un intervalle temporel de trois secondes tout en effectuant une tâche de recherche visuelle. Celle-ci consiste à détecter une cible définie par une conjonction d'attributs (forme et couleur, par exemple, une lettre T de couleur verte) ou,

dans une condition disjonction, définie par la présence de l'un ou l'autre de ces attributs, parmi un ensemble de distracteurs ($n = 1, 5$ ou 15). En termes de demandes attentionnelles, les deux tâches de prospection visuelle sont équivalentes.

Les résultats montrent que l'augmentation du nombre de comparaisons en MCT dans la première expérience prolonge les productions temporelles. Ce résultat est moins fort dans la deuxième expérience où les demandes de traitement en MCT sont plus faibles et disparaît dans les troisième et quatrième expériences où les tâches non temporelles ne nécessitent pas de traitement en MCT. Par ailleurs, une dissociation entre les fonctions des temps de réaction et les fonctions de productions temporelles est observée. En effet, les pentes des fonctions de temps de réaction sont comparables pour les quatre tâches utilisées, ce qui permet de conclure que les tâches ont relativement toutes un même niveau de difficulté. Pourtant, seules les tâches de prospection nécessitant un traitement en MCT interfèrent avec la production temporelle. L'effet d'interférence est proportionnel aux demandes de traitement nécessaires en mémoire. L'ensemble de ces résultats mène les auteurs à conclure qu'il est possible d'effectuer une tâche qui nécessite de l'attention sans que la performance à cette tâche interfère avec la production temporelle. Par contre, lorsque le traitement non temporel fait appel à des ressources en MCT, une interférence sur la production temporelle simultanée est observée.

Le traitement d'une information non temporelle en MCT interfère avec l'estimation temporelle simultanée, mais le maintien d'une information non temporelle en MCT n'a pas d'effet d'interférence similaire. Ce résultat a été observé par Fortin et Breton (1995) qui interpolent trois tâches non temporelles en MCT, dont la charge mentale n'est pas la même, à une tâche d'estimation.

Dans la première expérience, le participant doit encoder un ensemble mémoire ($n = 1$ à 6 chiffres) et produire par la suite un intervalle temporel de deux secondes. Suite à la production temporelle, une cible apparaît et le participant doit décider si le chiffre appartenait ou non à l'ensemble mémoire initialement présenté. Le maintien de l'ensemble mémoire

pendant la production temporelle n'interfère pas sur les performances des participants dans cette tâche et ce, quelle que soit la taille de l'ensemble mémoire. Ce résultat suggère que l'interférence observée dans l'étude de Fortin et al. (1993) ne serait pas due à la quantité d'information, mais plutôt à la nature des opérations effectuées en MCT.

Fortin et Breton (1995) proposent ensuite deux expériences dans lesquelles la durée d'un traitement en MCT est manipulée, mais où la quantité d'information à maintenir en mémoire est à peu près nulle. Dans la deuxième expérience, le participant doit effectuer une tâche de jugement de rimes simultanément à la production d'un intervalle temporel. Il doit juger si un mot rime ou non avec un groupe de syllabes. Le nombre de syllabes présentées varie ($n = 1$ à 5). Le mot ainsi que les syllabes restent présents à l'écran pendant la production. Dans cette tâche, le participant doit donc effectuer un traitement phonologique généralement reconnu pour solliciter la composante phonologique/articulatoire de la mémoire de travail (ou MCT) (Baddeley, 1986, cité par Fortin & Breton, 1995). L'information à garder en mémoire est, cependant, à peu près inexistante, puisque le matériel verbal demeure présent à l'écran pendant la production. Un allongement significatif des productions temporelles est observé en fonction du nombre de syllabes à traiter. Selon les auteurs, cet allongement serait dû à l'interférence du traitement phonologique/articulatoire en mémoire de travail sur l'estimation temporelle simultanée.

Un effet similaire est observé dans une troisième expérience, dans laquelle les participants effectuent une tâche de rotation mentale pendant la production d'un intervalle temporel. La tâche de rotation mentale solliciterait la composante visuo-spatiale de la mémoire de travail, mais ne demandait pas de maintien d'information en mémoire puisque les stimuli demeureraient présents durant la production temporelle. L'allongement des productions en fonction de la quantité de rotation mentale à effectuer amène Fortin et Breton (1995) à conclure que la composante visuo-spatiale de la mémoire de travail serait également impliquée dans l'estimation temporelle. Cette dernière solliciterait de façon générale la mémoire de travail, et non certaines de ses composantes (par exemple, soit la composante phonologique/articulatoire, soit la composante visuo-spatiale, voir Baddeley, 1986) en

particulier. Par ailleurs, l'interférence du traitement non temporel sur la production temporelle simultanée dans ces expériences montre que l'effet ne dépend pas de la quantité d'information à maintenir en mémoire, mais plutôt à la durée du traitement actif d'information.

Difficulté du traitement en MCT et traitement temporel

L'objectif de l'étude de Fortin et Massé (1999) est de vérifier si la quantité d'interférence entre une tâche en MCT et une tâche temporelle dépend ou non du niveau de difficulté de la tâche en MCT. Ces auteurs proposent les résultats de deux expériences dans lesquelles, en plus de la tâche de recherche en mémoire, le traitement d'une information d'ordre temporel est requis. Ce traitement implique que les participants fournissent une réponse par rapport au moment auquel une cible (lettre) est apparue dans un ensemble mémoire.

Une condition temps de réaction est associée à la première expérience. Elle permet de comparer les niveaux de difficulté des deux traitements non temporels. La pente de la fonction des temps de réaction en fonction du nombre d'items dans la condition « traitement d'item + traitement d'ordre temporel » est plus élevée que celle dans la condition « traitement d'item ». Cette augmentation dans la pente de temps de réaction en fonction de la taille de l'ensemble mémoire indiquerait une augmentation du niveau de difficulté de la tâche. Par conséquent, la quantité de ressources sollicitées dans la condition de « traitement d'item + traitement d'ordre temporel » serait supérieure à la quantité de ressources sollicitées dans la condition de « traitement d'item ». Suite à cette condition de temps de réaction, les participants sont entraînés à produire un intervalle temporel de deux secondes. Lors des sessions expérimentales, un ensemble mémoire dont la taille ($n = 2, 4$ ou 6) est manipulée d'un essai à un autre est présenté. Dans la première condition « traitement d'item », le participant doit encoder les items (lettres) présentés. Il commence ensuite sa production de l'intervalle temporel. Une lettre apparaît et le participant doit décider si elle faisait ou non partie de l'ensemble mémoire initialement encodé. La réponse doit être donnée au moment où il décide de mettre fin à sa production temporelle. Dans la deuxième condition

« traitement d'item + traitement d'ordre temporel », le participant doit non seulement encoder les items présentés dans l'ensemble mémoire, mais aussi l'ordre dans lequel ils ont été présentés. Il commence par la suite sa production et une cible est présentée. La cible est constituée d'une lettre accompagnée d'un chiffre qui peut indiquer ou non la bonne position temporelle de la lettre dans l'ensemble mémoire. Par ailleurs, la lettre peut appartenir ou non à l'ensemble mémoire. Le participant doit décider si la cible faisait ou non partie de l'ensemble et si le chiffre indique ou non sa bonne position temporelle dans cet ensemble.

Les résultats montrent que les productions temporelles allongent *significativement* en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour les deux conditions. Par ailleurs, la pente de la fonction des productions temporelles est *significativement plus élevée* dans la condition de « traitement d'item + traitement d'ordre temporel » que dans la condition « traitement d'item ». La quantité d'interférence entre la production temporelle et le traitement en MCT semble donc être reliée au niveau de difficulté de la tâche non temporelle effectuée.

Dans une seconde expérience, les participants sont placés dans deux conditions de traitement non temporel. La première condition est semblable à la condition de traitement d'item utilisée dans la première expérience. Dans la seconde condition, le jugement de la position temporelle de la cible se fait après la production de l'intervalle cible. Le participant doit émettre un seul jugement relatif à la présence ou à l'absence de la cible dans l'ensemble mémoire tout en produisant un intervalle temporel. Ensuite, il effectue le jugement par rapport à la position temporelle de la cible dans l'ensemble mémoire. L'information d'ordre des items doit donc être maintenue pendant la production de l'intervalle pour servir à la tâche de jugement d'ordre ultérieure. Le déroulement des sessions expérimentales est identique à celui de la condition de « traitement d'item + traitement d'ordre temporel » décrite dans la première expérience avec la différence que la cible (lettre + chiffre) apparaît après la fin de la production et que la réponse à cette tâche est donnée indépendamment de la réponse à la tâche temporelle. Les résultats montrent que les productions temporelles s'allongent en fonction de la taille de l'ensemble mémoire dans les deux conditions étudiées. Aucun effet significatif dû au maintien de l'information d'ordre pendant la production n'est observé.

Alors que les résultats de la première expérience montrent que le traitement de l'information d'ordre temporel interfère avec la production temporelle simultanée, les résultats obtenus dans la deuxième expérience montrent que le maintien de cette information n'a pas d'effet sur la tâche temporelle. Selon Fortin et Massé (1999), ces résultats suggèrent une dissociation entre les effets du traitement de l'information d'ordre en MCT et son maintien. Cette dissociation a été observée dans l'étude de Fortin et Breton (1995) qui ont montré que le traitement de l'information d'item interfère avec la tâche temporelle alors que le maintien des items en mémoire n'affecte pas les productions temporelles simultanées.

Traitement en MCT et reproduction temporelle

L'effet d'interférence d'une tâche non temporelle sur une tâche temporelle a été aussi observé avec une méthode de reproduction dans laquelle le traitement non temporel interfère sur le traitement temporel soit durant la phase d'encodage de l'intervalle cible à reproduire, soit durant sa reproduction (Fortin & Rousseau, 1998; Fortin, Rousseau, Guay, Côté, Blais & Delisle, 1994). Dans ces expériences, un intervalle temporel est présenté aux participants, la durée de l'intervalle variant d'un essai à l'autre. Cet intervalle doit être encodé et reproduit immédiatement après son encodage. Dans les tâches de production temporelle décrites jusqu'à présent, l'entraînement à la production d'un seul intervalle temporel permet d'avoir une représentation de cet intervalle encodée en mémoire à long terme. C'est uniquement lors de la production de l'intervalle que le processus d'accumulation fait appel aux ressources en MCT. Dans la tâche de reproduction, l'intervalle venant tout juste d'être présenté au participant, celui-ci n'a pas de représentation en mémoire à long terme. Par conséquent, c'est en MCT que l'intervalle temporel serait encodé. Par ailleurs, dans ces expériences, les participants ne sont pas entraînés à reproduire des intervalles et les durées à reproduire sont manipulées d'un essai à un autre.

Dans l'étude de Fortin et Rousseau (1998), l'effet du traitement d'une tâche en MCT pendant les phases d'encodage et/ou de reproduction est testé sur la reproduction d'intervalles de temps. Dans la première expérience, le traitement en MCT se fait pendant la

phase de reproduction de l'intervalle. Les items de l'ensemble mémoire font partie d'un ensemble fermé de 10 chiffres (0 à 9), et la taille de l'ensemble mémoire varie ($n= 1, 3, 6$). Un essai expérimental se déroule de la manière suivante : les lettres de l'ensemble mémoire sont présentées une à une. Deux sons marquent ensuite le début et la fin de l'intervalle à reproduire. Les intervalles peuvent être de 1600, 2000 ou 2400 ms. Le participant commence ensuite sa reproduction de l'intervalle. Un chiffre cible apparaît et le participant termine sa reproduction en indiquant si le chiffre fait ou non partie de l'ensemble mémoire. Un feedback est donné par rapport à la performance de la recherche en mémoire.

Les résultats montrent que les reproductions moyennes s'allongent en fonction de la taille de l'ensemble mémoire. Par ailleurs, les participants reproduisent des intervalles de 700 ms plus longs, en moyenne, que les intervalles cibles. Selon les auteurs, cet allongement général des intervalles serait dû à la surcharge en MCT relative au maintien de l'ensemble mémoire pendant l'encodage de l'intervalle. Les résultats de la première expérience permettent de généraliser l'interprétation du contrôle de la MCT sur l'estimation d'intervalles de temps brefs en montrant que l'interférence d'un traitement en MCT peut être observée aussi avec une méthode de reproduction.

Dans la seconde expérience, le traitement en MCT se fait pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. La procédure est identique à celle de la première expérience avec la seule différence que la cible est présentée aux participants pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. La taille de l'ensemble mémoire ($n= 1, 3$ ou 6 chiffres) ainsi que la durée de l'intervalle sont manipulées. La tâche de recherche en mémoire prend place pendant la phase de l'encodage de l'intervalle à reproduire. Cette phase n'étant pas sous le contrôle du participant, si un effet de la recherche en mémoire sur la reproduction de l'intervalle est observé, il sera interprété comme étant dû à une concurrence entre le traitement temporel (encodage de l'intervalle) et le traitement en MCT pour le partage des ressources en mémoire. Les résultats montrent un raccourcissement des reproductions temporelles moyennes en fonction de la taille de l'ensemble mémoire. Le traitement en MCT durant la phase d'encodage semble interrompre le processus d'accumulation de l'information

temporelle, d'où une sous-estimation des intervalles encodés, qui sont par conséquent reproduits plus courts. Par ailleurs, les participants reproduisent en moyenne des intervalles de 150 ms plus courts que les intervalles cibles. Ce raccourcissement général des intervalles renforce l'hypothèse de la surcharge en MCT relative au maintien de l'ensemble mémoire pendant l'encodage de l'intervalle présenté dans la première expérience. Les résultats obtenus permettent d'éliminer toute interprétation de l'interférence en termes de stratégie d'exécution successive. Alors qu'il est possible d'effectuer une tâche d'estimation temporelle et une tâche de recherche mnémonique successivement lorsque la tâche de recherche en mémoire est effectuée pendant la production d'un intervalle de temps, le raccourcissement des reproductions temporelles dans cette expérience devraient être interprété en termes de concurrence entre les deux tâches lors de l'encodage de l'intervalle à reproduire.

Modèles d'horloge interne

L'ensemble des résultats obtenus dans les expériences précédemment citées a été interprété dans le cadre du premier modèle psychophysique d'horloge interne à inclure une composante de mémoire de travail, le modèle de timing scalaire de Church (1984) et Gibbon et al. (1984). Dans ce modèle, illustré à la Figure 1, quatre composantes principales, l'horloge interne, la mémoire de travail, la mémoire de référence et le comparateur, déterminent la durée perçue.

Insérer Figure 1 ici

L'horloge interne

L'horloge interne est constituée de trois éléments : l'émetteur, l'interrupteur et l'accumulateur. L'émetteur produit des pulsions temporelles qui passent à travers un interrupteur qui, lorsqu'il est fermé, laisse passer l'information temporelle vers

l'accumulateur et, lorsqu'il est ouvert, bloque le passage de cette information. L'ouverture et la fermeture de cet interrupteur seraient sous le contrôle attentionnel selon certains auteurs (Meck, 1996; Rousseau, Picard & Pitre, 1984). L'accumulateur, troisième composante de l'horloge interne, est un lieu d'emmagasinage des indices temporels émis par l'émetteur. Selon Fortin et al. (1993) et Fortin et Breton (1995), le processus d'accumulation serait sous le contrôle de la MCT.

La mémoire de référence

Lorsque le participant doit estimer un intervalle de temps, le fonctionnement des composantes de l'horloge interne est déclenché. Il s'ensuit une représentation interne de la durée de l'intervalle de temps donné. Cette représentation renvoie à un nombre critère de pulsions qui va être enregistré en mémoire de référence. C'est par rapport à ce nombre critère que le nombre de pulsions emmagasinées dans l'accumulateur ou dans la mémoire de travail va être comparé.

La mémoire de travail

Le nombre de pulsions accumulées est transféré en mémoire de travail et est comparé au nombre critère en mémoire de référence.

Le comparateur

Le rôle du comparateur est de vérifier si le nombre de pulsions temporelles enregistrées en mémoire de référence est identique ou non au nombre critère en mémoire de travail ou dans l'accumulateur. Les réponses fournies sont fonction du résultat de cette comparaison.

Interprétation de l'effet du traitement en MCT sur la reproduction temporelle (Fortin & Rousseau, 1998) selon les modèles d'horloge interne

L'interférence du traitement non temporel sur la reproduction temporelle est interprétée dans le cadre des modèles d'horloge interne. L'intervalle à reproduire correspondrait à un nombre critique de pulsions temporelles dans l'accumulateur qui va être transféré en mémoire pour une comparaison ultérieure. Durant la reproduction de l'intervalle, les pulsions temporelles vont être accumulées dans l'accumulateur jusqu'à ce que le nombre des pulsions émises corresponde au nombre critique des pulsions accumulées en mémoire, tel que l'illustre la Figure 2a. Lorsque le traitement en MCT se fait pendant la phase d'encodage, les reproductions temporelles sont raccourcies. Durant l'encodage de l'intervalle à reproduire, l'information temporelle est accumulée pour définir un nombre critique de pulsions pour reproduire la durée cible. Comme le montre la Figure 2b, si un traitement simultané interrompt le processus d'accumulation, le nombre critique de pulsions accumulées sera moindre et la perception de la durée cible sera plus courte. Par contre, lorsque le traitement de l'information non temporelle en MCT se fait pendant la phase de reproduction, un rallongement des intervalles reproduits est observé, car l'accumulation de l'information temporelle est interrompue pendant le traitement de l'information en MCT. Le processus d'accumulation est repris ensuite jusqu'à l'atteinte du nombre critique de pulsions renvoyant à l'intervalle cible. Ce processus est illustré à la Figure 2c. Ceci supporte l'hypothèse d'un contrôle de la MCT sur le processus d'accumulation de l'information temporelle.

Insérer Figures 2a, 2b, 2c ici

D'autres modèles ont été proposés afin d'expliquer le fonctionnement du traitement de l'information temporelle. Le modèle de barrière attentionnelle de Zakay et Block (1996), présenté dans la Figure 3, est similaire au modèle de timing scalaire. Il comporte une barrière attentionnelle qui agit de façon similaire au contrôle attentionnel suggéré par Meck (1984) et

Rousseau, Picard et Pitre (1984). La barrière attentionnelle est un mécanisme cognitif contrôlé par l'attention portée au temps. Le modèle comprend également les composantes principales décrites dans le modèle de Gibbon et al. (1984). Un émetteur, identique à celui des modèles d'horloge interne, émet les pulsions temporelles. Lorsque l'attention est portée au temps, comme dans le paradigme de jugement prospectif, la porte s'ouvre plus fréquemment permettant le passage des pulsions de l'émetteur vers l'accumulateur. Le passage des pulsions doit se faire par le biais d'un interrupteur qui fonctionne selon un mode de « tout ou rien ». Lorsque l'estimation ou la production d'un intervalle est requise, l'interrupteur se ferme permettant ainsi l'accumulation des pulsions temporelles. Le nombre des pulsions transmises est fonction du rythme auquel les pulsions sont émises et de la durée de temps pendant laquelle la porte est ouverte. Ce modèle comprend lui aussi la mémoire de référence, la mémoire de travail et le comparateur. Selon Zakay et Block (1996), le modèle de barrière attentionnelle se distingue des autres modèles en ce sens qu'il permet une distinction entre le partage des ressources attentionnelles lorsqu'un organisme prête attention à un événement externe et lorsqu'il prête attention au temps.

Insérer Figure 3 ici

Estimation temporelle et traitement d'ordre

Fortin et Massé (1999) ont montré que le traitement de l'ordre temporel en MCT interfère sur la production temporelle simultanée. Cependant, la nature des ressources ou des processus à l'origine de cet effet d'interférence n'a pas été spécifiée. Fortin, Champagne et Poirier (2000) comparent l'effet de traitement d'ordre dans deux tâches de nature différente, mais de niveau de difficulté équivalent. La première tâche nécessite un traitement d'ordre temporel en MCT alors que la seconde tâche nécessite un traitement d'ordre spatial. Ces deux tâches sont combinées à une tâche de production temporelle. Les participants sont entraînés à produire un intervalle temporel de 2.7 secondes. Dans les sessions



expérimentales, ils effectuent une tâche de traitement d'ordre temporel en MCT ou une tâche de traitement d'ordre spatial simultanément à la production de l'intervalle. Dans la tâche de traitement d'ordre temporel, un ensemble d'items ($n=2$ ou 4 lettres) est présenté au participant, qui doit encoder la position temporelle des lettres et commencer par la suite la production de l'intervalle. Une lettre cible accompagnée d'un chiffre est présentée pendant la production et le participant doit décider si le chiffre indique ou non la bonne position temporelle de la lettre et finir sa production de l'intervalle temporel en donnant sa réponse par rapport à la tâche de jugement d'ordre. La tâche d'ordre spatial consiste à présenter au participant, au début de l'essai, une matrice constituée soit d'une rangée de deux lettres soit de deux rangées de deux lettres chacune. Le participant doit encoder les localisations des lettres. Lorsqu'il est prêt, il commence sa production. Une lettre cible apparaît à une des localisations possibles dans la matrice. Les autres localisations sont comblées par un symbole neutre (#). Le participant doit mettre fin à sa production lorsqu'il estime que l'intervalle cible s'est écoulé et donner en même temps sa réponse par rapport à la tâche de jugement spatial.

Les résultats montrent une interaction entre le type de jugement d'ordre en mémoire et la taille de l'ensemble mémoire : un allongement significatif des productions temporelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire est observé dans la condition de jugement temporel, mais non dans la condition d'ordre spatial. Selon Fortin et al. (2000), ces résultats suggèrent que l'effet d'interférence du traitement en mémoire ne serait peut-être pas uniquement déterminé par le niveau de difficulté de la tâche non temporelle, mais également par les ressources spécifiques sollicitées par les deux tâches. La composante temporelle dans le traitement d'ordre temporel serait à l'origine de l'effet d'interférence observé entre les deux tâches.

Dans toutes les expériences précédemment décrites, les participants doivent effectuer un traitement d'ordre temporel et un traitement d'item. Étant donné que les lettres changent d'un essai à un autre, le participant doit encoder les lettres et leurs positions temporelles. Par conséquent, le traitement de l'ordre temporel des items en MCT est confondu avec le

traitement d'item. Or, dans la recherche sur la mémoire, certaines études suggèrent que le traitement de ces deux types d'informations fait appel à des mécanismes différents.

Information d'item et information d'ordre en mémoire

La distinction entre le traitement de l'information d'item et le traitement de l'information d'ordre a fait l'objet de plusieurs travaux (Bjork & Healy, 1974; Healy, 1974, 1982; Murdock, 1976; Murdock & Vom Saal, 1967). Cette distinction est supportée, entre autres, par le fait que les facteurs, situations et variables qui affectent le rappel ou la reconnaissance d'un ensemble d'items peuvent différer de ceux qui affectent le rappel de l'ordre dans lequel ces items ont été présentés.

Différents modèles et théories ont été proposés afin d'expliquer les processus à l'origine du traitement de l'information d'item et d'ordre. Selon la théorie de perturbation de Estes (1972, cité dans Neath, 1998), des associations sont formées entre les items d'une liste et des « éléments contrôles ». L'information d'item est séparée dans ces associations de l'information d'ordre. Les éléments contrôles vont combiner les items en un ensemble et vont permettre ainsi d'établir une représentation générale de l'information d'item. Si la récupération de cette information se fait après un certain délai, une auto-répétition est nécessaire pour maintenir l'information de l'ordre des items. Une boucle réverbératrice assure un maintien constant de l'association entre un item particulier et son élément contrôle correspondant. Cette activation séquentielle et continue de l'association va permettre de préserver l'information d'ordre. La perte de l'information d'ordre survient lorsque certaines variations ou un traitement simultané perturbent le fonctionnement de la boucle réverbératrice. Les erreurs d'ordre vont mener par la suite à des erreurs d'items.

Les travaux de Healy (1974) et de Murdock (Murdock, 1976; Murdock & Vom Saal, 1967) appuient ce modèle. Ces auteurs ont montré que différentes méthodes expérimentales permettent d'avoir des mesures séparées de l'information d'item et de l'information d'ordre. Les mécanismes et les stratégies sous-tendant le traitement d'information d'item et le

traitement d'information d'ordre ne seraient pas les mêmes. Par ailleurs, l'information d'item et l'information d'ordre n'auraient pas les mêmes propriétés et les processus de traitement de ces deux informations seraient indépendants.

Murdock et Vom Saal (1967) et Murdock (1976) ont montré que les schémas de récupération de l'information d'ordre et de l'information d'item sont différents. En effet, alors que la récupération de l'information d'item est sensible à l'appartenance ou non des items dans une liste à une même catégorie (couleurs, fruits), le rappel de l'information d'ordre ne dépend pas de cette variable. Les items appartenant à une même catégorie sont mieux rappelés que ceux d'une liste de catégories différentes. Par contre, la probabilité de commettre des erreurs d'ordre et, par conséquent, des transpositions des items, est plus grande lorsque les items appartiennent à une même catégorie que lorsqu'ils sont différents. La similarité des items a un effet différent sur le rappel de l'information d'item et de l'information d'ordre. Selon Murdock (1976), ces résultats mènent à poser l'hypothèse selon laquelle l'information d'item et l'information d'ordre sont deux composantes différentes de la mémoire sérielle.

Cette hypothèse est appuyée par les travaux de Healy (1974) qui montre que l'analyse des courbes sérielles des deux traitements révèle deux fonctions différentes. Lorsque les participants doivent effectuer uniquement un traitement d'ordre, une fonction en forme de U est observée. Ce schéma n'est pas reproduit lorsqu'il s'agit de traiter une information d'item seule.

Dans cette expérience, les participants lisent à haute voix une liste de quatre consonnes qu'ils doivent par la suite écrire dans leur ordre d'apparition. Une liste de trois, huit ou 18 chiffres que les participants doivent lire est interpolée entre la présentation des consonnes et le moment de récupération de cette information. Le but de la présentation de cette liste de chiffres est d'empêcher le processus d'auto-répétition et d'ajouter un délai par rapport à la récupération de l'information des consonnes. Les participants sont placés dans deux conditions. Dans la condition de « traitement d'information d'ordre seule », les participants

connaissent à l'avance l'identité des quatre consonnes et doivent uniquement se rappeler l'ordre dans lequel elles ont été présentées. Dans la condition de « traitement d'information d'item seule », les participants doivent maintenir seulement l'information d'item. Les résultats montrent que les performances des participants à la tâche de « traitement d'information d'item seule » sont meilleures que celles à la tâche de « traitement d'information d'ordre seule » et ce, quel que soit le délai entre le moment de l'encodage des consonnes et le moment de la récupération. Par ailleurs, une fonction en forme de U est observée pour les résultats des participants dans le traitement de l'information d'ordre, alors qu'une fonction presque nulle est observée pour les performances à la tâche de traitement d'item. Plus le nombre de chiffres dans la liste présentée entre l'encodage des consonnes et leur récupération augmente, plus le délai augmente. Les chances qu'une perturbation du processus d'auto-répétition se produise deviennent plus importantes. Une perte de l'information d'ordre va s'en suivre d'abord et elle va augmenter la probabilité de perte de l'information d'item par la suite. Ce même patron de résultats a été observé aussi dans d'autres expériences (Healy, 1974, 1982; Lee & Estes 1977, 1981; Nairne, 1992, cité dans Neath, 1998).

Les travaux cités ci-dessus s'inscrivent aussi dans le cadre de la Théorie de la Mémoire Associative Distribuée (TODAM) de Murdock (1976). Selon cet auteur, l'information d'item et l'information d'ordre sont accumulées séparément par un même vecteur mnémonique. La séparation entre l'information d'item et l'information d'ordre serait nécessaire pour une compréhension des effets du traitement de l'information d'ordre en mémoire.

Objectifs et hypothèses

Les résultats de l'étude de Fortin et al. (2000) suggèrent que la tâche de production temporelle et le traitement d'ordre temporel en mémoire sollicitent les mêmes ressources en MCT. L'objectif général de ce mémoire est de vérifier dans deux expériences si l'interférence observée entre le traitement de l'ordre temporel des items en MCT et la production temporelle peut être observée aussi avec une méthode de reproduction temporelle

et dans des conditions où l'effet du traitement d'ordre temporel est dissocié de l'effet du traitement d'item en MCT. Dans la présente étude, l'effet du traitement d'ordre temporel sur la reproduction temporelle est testé lorsque le traitement d'information d'item est minimal.

Pour ce faire, une tâche de reproduction temporelle est combinée à une tâche d'identification de position temporelle d'une cible parmi un ensemble d'items mémorisés, constants d'un essai à l'autre. À l'intérieur d'un bloc d'essais expérimentaux, l'ensemble mémoire est constitué des mêmes items. Seule la position temporelle de ces items varie d'un essai à l'autre. L'utilisation d'un ensemble fermé de lettres en mémoire permet de minimiser le traitement d'information d'item dans cette tâche et d'isoler l'effet d'un traitement d'ordre sur une tâche temporelle. La complexité du traitement non temporel est manipulée par le nombre d'items à traiter en mémoire (deux ou quatre lettres), lequel est varié d'un bloc à l'autre. Les intervalles à reproduire sont de 1600, 2000 et 2400 ms. Si l'effet du traitement d'ordre temporel, observé par Fortin et al. (2000), sur une production temporelle simultanée est dû au traitement temporel lui-même et non pas au traitement d'item qui devait également être effectué dans cette étude, la tâche d'ordre temporel devrait aussi affecter l'estimation temporelle dans la présente étude. Par ailleurs, compte tenu des résultats de Fortin et Rousseau (1998), qui observent un raccourcissement de la reproduction d'un intervalle estimé lorsque la tâche non temporelle prend place pendant la phase d'encodage et un allongement des reproductions temporelles lorsque le traitement non temporel s'effectue pendant la phase de reproduction, ces deux tendances devraient également être observées dans la présente étude.

EXPÉRIENCE 1

Dans cette expérience, les participants doivent effectuer un jugement d'ordre temporel d'une lettre présentée préalablement dans un ensemble mémoire en encodant simultanément un intervalle temporel à reproduire. Comme la position temporelle des items en mémoire, la durée à reproduire est manipulée aléatoirement d'un essai à l'autre.

MÉTHODE

Participants

L'échantillon de l'expérience est constitué de quinze participants, sept hommes et huit femmes, âgés entre 20 et 50 ans (moyenne = 26, écart-type = 8.23). Ils sont recrutés à l'aide d'affiches posées à l'Université Laval. Ils reçoivent une compensation monétaire de 10 \$ pour leur participation à une session de pratique et deux sessions expérimentales. Les participants n'ont aucune connaissance préalable des hypothèses de recherche.

Appareils et stimuli

Un ordinateur de type PC IBM est utilisé lors de l'expérience. Les instructions et les stimuli apparaissent en blanc sur un écran noir de type VGA couleur de 20 cm X 27 cm. Le déroulement de l'expérience et l'enregistrement des données sont contrôlés par le logiciel *Micro Experimental Laboratory* (MEL). Les intervalles temporels sont mesurés au millième de secondes (ms). Les participants sont testés individuellement dans une chambre insonorisée afin de minimiser les distractions externes à l'expérience. Ils sont assis à environ 60 cm de l'écran. Les items utilisés au cours de l'expérimentation font partie d'un ensemble fermé de 10 lettres (A, T, E, D, W, S, G, R, P, M). La taille de l'ensemble mémoire ($n = 2$ ou 4 lettres différentes) et les lettres de l'ensemble mémoire sont sélectionnées aléatoirement et varient d'un bloc à l'autre. La cible (lettre + chiffre) et les intervalles à reproduire (1600, 2000 et 2400 ms) varient d'un essai à un autre.

Procédure

Au début de chaque session, les participants sont priés d'enlever leur montre, car l'une des tâches de l'expérience consiste à estimer des intervalles temporels. Une première session d'introduction sert à présenter un bloc de neuf essais de démonstration afin de familiariser les

participants avec la tâche demandée. Les essais de pratique se déroulent de manière identique aux essais expérimentaux décrits ci-dessous.

Les sessions expérimentales comportent quatre blocs de 36 essais chacun. Les blocs sont séparés par une pause minimale de 30 secondes. Tel que l'illustre la Figure 4, un essai expérimental commence par une présentation de l'ensemble d'items à mémoriser. Les stimuli de l'ensemble mémoire sont présentés un à un au centre de l'écran au rythme de 500 ms par item. Lorsque cette présentation de l'ensemble mémoire est terminée, un point de fixation (*) apparaît et reste présent jusqu'à ce que le participant appuie sur la touche « 2 » pour commencer l'encodage de l'intervalle temporel à reproduire. Un son d'une durée de 785 ms marque le début et la fin de l'intervalle. À 20% de la durée totale de cet intervalle cible, une lettre et un chiffre sont présentés et restent présents jusqu'à ce que le second son indique la fin de la durée. Le chiffre correspond à la position temporelle à juger de l'item cible. Dans les « essais positifs », le chiffre correspond à la bonne position temporelle de l'item cible dans l'ensemble mémoire. Dans les « essais négatifs », le chiffre ne correspond pas à la bonne position temporelle de l'item cible. Après la fin de la présentation de l'intervalle à reproduire, le mot « REPRODUCTION » apparaît au centre de l'écran et reste présent jusqu'à ce que le participant commence sa reproduction de l'intervalle présenté. Dans les « essais positifs », le participant doit commencer et finir sa reproduction en appuyant sur la touche « 1 » pour indiquer que le chiffre correspond à la bonne position temporelle de la lettre dans l'ensemble mémoire. Dans les « essais négatifs », il doit commencer et terminer sa reproduction en appuyant sur la touche « 3 » pour indiquer que le chiffre ne correspond pas à la bonne position temporelle de la lettre dans l'ensemble mémoire. Un feed-back concernant le jugement de la position temporelle de la lettre est fourni à la fin de chaque essai (CORRECT ou ERREUR) et reste présent jusqu'à ce que le participant décide de commencer un nouvel essai. Les lettres de l'ensemble mémoire et sa taille sont manipulées d'un bloc à un autre. En effet, la taille de l'ensemble mémoire et les lettres qui le constituent ne changent pas dans un bloc, mais leurs positions changent d'un essai à un autre. Les durées varient elles aussi d'un essai à un autre. De ce fait, deux variables sont manipulées dans cette expérience : la lettre et le chiffre indiquant la position temporelle à juger ainsi que les durées des intervalles cibles (1600, 2000 et 2400 ms). Dans un bloc de 36 essais, la fréquence des essais

positifs et négatifs est égale et les durées des intervalles cibles sont contrebalancées. La durée moyenne d'une session expérimentale est de 30 minutes. Les instructions données au début de la session expérimentale étaient de reproduire l'intervalle le plus proche possible de celui qui est présenté et de faire le moins d'erreurs possibles. Puisque l'objectif de cette expérience est de vérifier l'effet du traitement de l'ordre temporel en MCT sur les reproductions temporelles, le feed-back était donné en rapport à la tâche d'ordre temporel afin de renforcer une exécution précise de cette dernière.

Insérer Figure 4 ici

RÉSULTATS

Deux variables sont enregistrées : les reproductions temporelles des participants et leurs réponses par rapport à la tâche de traitement d'ordre temporel. Les données d'un participant pour les deux sessions expérimentales ont été éliminées à cause de son incompréhension de la tâche. Par conséquent, les analyses statistiques ont été effectuées sur les données de quatorze participants. Les essais du bloc 1 de la première session expérimentale étaient des essais de pratique. Ces données n'ont donc pas été incluses dans les analyses. Les reproductions qui comportent des erreurs de jugement d'ordre temporel ont été éliminées (2.74% des données). Les données extrêmes, dont les valeurs étaient inférieures ou supérieures à trois écart-types de la moyenne ont été éliminées aussi, ce qui représente 0.96% des données utilisées. Des analyses de variance à mesures répétées à deux facteurs (nombre d'items à traiter en mémoire et durées à reproduire) sont effectuées sur les reproductions temporelles moyennes calculées pour chacune des trois durées et des deux tailles de l'ensemble mémoire (Kirk, 1995). Les effets dont la probabilité est inférieure à .05 sont considérés statistiquement significatifs.

Les reproductions temporelles pour chacune des trois durées en fonction de la taille de l'ensemble mémoire sont présentées dans la Figure 5.

Insérer Figure 5 ici

Les moyennes et écarts-types des reproductions temporelles individuelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour les trois durées sont rapportés dans le Tableau 1. Les analyses de variance effectuées sur les moyennes des reproductions temporelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et rapportées dans le Tableau 2, indiquent une diminution significative des reproductions moyennes en fonction de la taille de l'ensemble mémoire, $F(1,83) = 8.49, p < .01$. Les moyennes des reproductions temporelles varient aussi selon les trois durées des intervalles cibles. Les participants reproduisaient trois intervalles différents, $F(2,83) = 91.58, p < .0001$. L'interaction entre ces deux variables n'est pas significative ($F < 1$).

Insérer Tableaux 1, 2 ici

Les pentes moyennes calculées pour les trois durées sont négatives. Elles sont de -11 pour la durée de 1600 ms et de -31 pour les durées de 2000 et de 2400 ms. Par ailleurs, les participants reproduisent des durées d'en moyenne 292 ms plus courtes que les durées cibles.

Les moyennes et écart-types des taux d'erreurs de jugement de la position temporelle de la cible en fonction du nombre d'items dans l'ensemble mémoire et en fonction des trois durées à reproduire sont présentés dans le Tableau 3. Une analyse de variance à mesures répétées portant sur les taux d'erreurs en fonction des deux variables étudiées a été effectuée. Ni la taille de l'ensemble mémoire, ni les durées à reproduire, ni l'interaction entre ces

variables n'ont affecté significativement les taux d'erreurs ($F(1,13)= 1.08$, $p < .32$ pour la taille de l'ensemble mémoire, $F(2,26)= 2.3$, $p < .12$, pour les durées à reproduire et $F < 1$, pour l'interaction entre ces deux variables).

Insérer Tableau 3 ici

DISCUSSION

Un raccourcissement significatif des intervalles reproduits en fonction de la taille de l'ensemble mémoire est observé dans cette expérience. Le traitement de l'ordre temporel en MCT interfère avec l'encodage d'un intervalle temporel simultané. Ce résultat est important car dans la présente expérience, la quantité d'information d'item à traiter est minimale, puisque les mêmes items sont présentés d'un essai à l'autre. Par conséquent, l'effet d'interférence observé dans la présente expérience serait dû, plus spécifiquement, au traitement de la position temporelle de l'item et non pas au traitement d'item. Fortin et al. (2000) ont observé des résultats similaires avec une méthode de production et avec une tâche non temporelle qui exige un traitement d'item et un traitement d'ordre temporel. Selon ces auteurs, le traitement d'ordre temporel en MCT perturbe particulièrement la production de l'intervalle temporel. Cette interférence particulière du traitement d'ordre temporel serait due au partage de ressources ou de processus spécifiques entre le traitement d'ordre temporel en MCT et l'estimation temporelle.

Cette diminution des reproductions temporelles peut être interprétée dans le cadre du modèle d'horloge interne d'estimation temporelle (Church, 1984; Gibbon et al., 1984). Selon ce modèle, le partage de ressources communes entre une tâche non temporelle et une tâche temporelle simultanée mène à l'interruption de l'accumulation de l'information temporelle et par conséquent à une distorsion dans l'estimation du temps. Le traitement d'ordre en MCT pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire interromprait donc le processus

d'accumulation des pulsions temporelles, d'où une sous-estimation de l'intervalle à reproduire. La sous-estimation de l'intervalle est fonction de la durée de l'interruption qui est proportionnelle à la quantité de traitement de l'information non temporelle et par conséquent à la taille de l'ensemble mémoire. L'estimation d'un intervalle temporel et le traitement d'ordre sériel en mémoire utiliseraient des ressources communes.

Les résultats montrent aussi que les reproductions moyennes des participants sont généralement plus courtes que les durées cibles. Cet effet a déjà été observé dans l'étude de Fortin et Rousseau (1998) qui l'ont attribué à la surcharge en MCT relative au maintien de l'ensemble mémoire pendant l'encodage de l'intervalle. Par ailleurs, les participants avaient à reproduire trois durées (1600, 2000 et 2400 ms) dont l'écart moyen est de 400 ms. Or, les résultats montrent que ces durées sont reproduites avec un écart moyen de 257 ms. Ce même patron de résultats a aussi été observé aussi par Fortin et Rousseau (1998) et Brown (1995). Il s'agit d'un phénomène connu sous le nom de la Loi de Vierordt (Woodrow, 1951, cité dans Fortin & Rousseau, 1998; Brown, 1995) et qui se manifeste par une tendance à surestimer les durées courtes et à sous-estimer les durées plus longues. Il s'agirait d'une tendance qu'ont les jugements des participants à converger vers une valeur centrale lorsqu'ils ont une série de durées à estimer (Brown, 1995).

Dans cette expérience, le traitement d'ordre temporel pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire mène à une sous-estimation de la durée de l'intervalle. Cette sous-estimation est expliquée dans le cadre des modèles d'horloge interne (Church, 1984; Gibbon et al., 1984). Selon ces modèles, si l'accumulation est perturbée pendant l'encodage de l'intervalle à reproduire, la réduction de la quantité d'information temporelle accumulée diminuera la durée perçue de l'intervalle à reproduire. Cependant, si la tâche de traitement d'ordre temporel est effectuée pendant la phase de reproduction, un effet inverse est attendu. Le processus d'accumulation serait perturbé pendant la phase de reproduction et l'atteinte du critère correspondant à l'intervalle cible serait retardée. Un allongement des intervalles reproduits s'en suivrait.

EXPÉRIENCE 2

L'objectif général de la deuxième expérience est de permettre de généraliser les hypothèses avancées dans la première expérience à la situation de traitement d'ordre temporel pendant la phase de reproduction. Cette deuxième expérience permettrait aussi d'effectuer une comparaison plus directe avec les travaux en production comme ceux de Fortin et al. (2000).

MÉTHODE

Participants

Quinze adultes, sept hommes et huit femmes, âgés entre 21 et 55 ans (moyenne = 29.4, écart-type = 11) participent à cette expérience. Ils sont recrutés à l'aide d'affiches posées à l'Université Laval. Ils reçoivent une compensation monétaire de 15 \$ pour leur participation à une session de pratique et trois sessions expérimentales. Les participants n'ont aucune connaissance préalable des hypothèses de recherche.

Appareils et stimuli

Le dispositif expérimental et les stimuli de l'expérience 1 sont utilisés dans la présente expérience.

Procédure

La procédure est semblable à celle de l'expérience 1. Cependant, certaines modifications relatives aux hypothèses de cette expérience ont été apportées. En effet, les participants doivent d'abord encoder l'ensemble mémoire et le maintenir pendant l'encodage de l'intervalle à reproduire. Le jugement d'ordre temporel se fait pendant la phase de

reproduction de l'intervalle et la réponse est donnée lorsque le participant met fin à sa reproduction.

Comme dans la première expérience, les participants effectuent une session de familiarisation qui comprend neuf essais de pratique. L'essai de pratique se déroule de la manière suivante : lorsque le participant est prêt à commencer un essai, il appuie sur la touche « 2 » du clavier numérique. L'ensemble d'items à mémoriser est présenté. Les stimuli de l'ensemble mémoire sont présentés un à un au centre de l'écran, au rythme de 500 ms par item. Lorsque la présentation de l'ensemble mémoire est terminée, un point de fixation (*) apparaît et le participant appuie sur la touche « 2 » pour commencer l'encodage de l'intervalle temporel à reproduire. Un son d'une durée de 785 ms marque le début et la fin de cet intervalle. Le mot « REPRODUCTION » apparaît au centre de l'écran et lorsque le participant est prêt à commencer sa reproduction, il appuie sur la touche « 2 ». À 20% de la durée totale de l'intervalle cible, une lettre et un chiffre sont présentés et restent présents jusqu'à ce que le participant mette fin à sa reproduction. Le chiffre correspond à la position temporelle à juger de l'item cible. Dans les « essais positifs », le chiffre indique la bonne position de la lettre et le participant doit finir sa reproduction en appuyant sur la touche « 1 ». Dans les « essais négatifs », le participant termine sa reproduction en appuyant sur la touche « 3 ». Comme dans la première expérience, pour la moitié des essais, la prospection est positive et pour l'autre moitié, elle est négative. Un feed-back concernant le jugement de la position temporelle de la lettre est fourni à la fin de chaque essai « CORRECT » ou « ERREUR » et reste présent jusqu'à ce que le participant commence un nouvel essai.

Les participants effectuent ensuite trois sessions expérimentales. Les sessions expérimentales comportent quatre blocs de reproduction et de prospection mnémonique et un bloc de reproduction simple sans prospection. Ce dernier bloc d'essais de reproduction simple a été ajouté dans cette expérience afin de vérifier que les participants effectuaient correctement la tâche de reproduction. Chaque bloc est constitué de 36 essais. Les blocs sont séparés par une pause minimale de 30 secondes que le participant peut prolonger. Tel que le montre la Figure 6, les essais expérimentaux de reproduction et de prospection se déroulent

de la même manière que l'essai de pratique. Dans les essais des blocs de reproduction simple, les participants reproduisent un intervalle sans qu'ils n'aient à faire un traitement en mémoire pendant la phase de reproduction. Les essais commencent de la manière suivante : lorsque le participant est prêt pour commencer l'essai, il appuie sur la touche « 2 » du clavier numérique. Un premier son marque le début de l'intervalle cible et est suivi par un deuxième qui indique sa fin. Le mot « REPRODUCTION » apparaît au centre de l'écran. Le participant peut alors commencer sa reproduction en appuyant sur la touche « 2 » et la finit lorsqu'il estime que la durée de l'intervalle à reproduire s'est écoulée soit en appuyant sur la touche « 1 » soit sur la touche « 3 » au choix. Les durées varient dans tous les blocs d'un essai à un autre. Une session expérimentale dure en moyenne 45 minutes.

Insérer Figure 6 ici

RÉSULTATS

Des analyses de variance à mesures répétées à deux facteurs (taille de l'ensemble mémoire et durées à reproduire) sont effectuées sur les reproductions temporelles moyennes calculées pour chaque durée et taille de l'ensemble mémoire (Kirk, 1995). Les effets dont la probabilité est inférieure à .05 sont considérés statistiquement significatifs.

La première session expérimentale a été considérée comme une session de pratique et les données de cette session ne font pas partie des données analysées. Par ailleurs, les données d'un participant ont été éliminées en raison de son taux élevé d'erreurs (24% d'erreurs). L'analyse statistique a donc été effectuée sur les données de 14 participants. Les essais comportant des erreurs dans la tâche de jugement d'ordre temporel n'ont pas été inclus dans les analyses. Ces données représentent 7.3% des données utilisées. Enfin, les données extrêmes, c'est-à-dire les données dont les valeurs étaient inférieures ou supérieures à trois

écart-types par rapport à la moyenne individuelle, ne sont pas comptabilisées, ce qui représente 0.7% des données totales utilisées.

La Figure 7 illustre les reproductions temporelles moyennes pour les trois durées en fonction de la taille de l'ensemble mémoire. Un allongement des reproductions temporelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour les trois durées est observé.

Insérer Figure 7 ici

Les moyennes et écarts-types individuels des participants en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour les trois durées à reproduire sont présentés dans le Tableau 4. Les reproductions temporelles moyennes calculées pour chacune des deux tailles de l'ensemble mémoire et pour chacune des trois durées des intervalles cibles ont été soumises à une analyse de variance à mesures répétées. La taille de l'ensemble mémoire n'a pas d'effet significatif sur les reproductions des participants, $F(1,83) = 2.2$, $p < .16$. Les moyennes des reproductions temporelles varient selon les durées des intervalles cible, $F(2,83) = 30.1$, $p < .0001$. L'interaction entre la taille de l'ensemble mémoire et la durée s'avère significative, $F(2,83) = 3.9$, $p < .03$. Comme le montre le Tableau 5, un test d'effets simples a été effectué et révèle qu'un allongement significatif des reproductions temporelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire est observé pour la durée de 1600 ms, $F(1,83) = 12.4$, $p < .002$ et pour la durée de 2000 ms, $F(1,83) = 23.5$, $p < .0001$. Aucun effet significatif de la taille de l'ensemble mémoire sur les reproductions temporelles n'est observé pour la durée de 2400 ms ($F < 1$).

Insérer Tableaux 4, 5 ici

Il est à noter que pour les durées de reproduction de 1600 et 2000 ms, les pentes moyennes sont respectivement de 36 et 52 ms. Elle est de 6 ms pour la durée de 2400 ms. Les reproductions temporelles sont en moyennes de 23 ms plus longues que les durées cibles. L'écart entre les intervalles reproduits est réduit de 400 ms à 189 ms.

Les moyennes et écart-types des erreurs de jugement de la position temporelle de la cible en fonction du nombre d'items dans l'ensemble mémoire et en fonction des trois durées à reproduire sont présentés dans le Tableau 6. Une analyse statistique a été effectuée sur les taux moyens d'erreurs dans la tâche de jugement de la position en fonction du nombre d'items dans l'ensemble mémoire et des trois durées à reproduire. Cette analyse s'est avérée non significative, le même nombre d'erreurs est observé quelle que soit la taille de l'ensemble mémoire, $F < 1$ et quelle que soit la durée à reproduire, $F < 1$. L'interaction entre ces deux variables n'est pas significative $F < 1$.

Insérer Tableau 6 ici

DISCUSSION

La première expérience a permis de montrer que le traitement d'ordre temporel pendant la phase d'encodage interrompt le processus d'accumulation des indices temporels. Il s'ensuit une sous-estimation de l'intervalle à reproduire et un raccourcissement des reproductions temporelles. Ceci suggère que le traitement d'ordre sériel en MCT et le traitement temporel partagent des ressources communes. Le but de cette deuxième expérience est de vérifier si cet effet peut être retrouvé lorsque la tâche de jugement d'ordre est effectuée pendant la phase de reproduction ce qui mènerait à une surestimation de l'intervalle temporel et un allongement des reproductions temporelles.

La manipulation de la charge de l'information non temporelle maintenue en MCT pendant l'exécution d'une tâche temporelle simultanée n'a aucun effet sur les performances à cette dernière tâche. En effet, Fortin et Breton (1995) et Fortin et Massé (1999) ont montré que l'interférence entre une tâche non temporelle et une tâche temporelle n'est pas reliée à la quantité d'information non temporelle maintenue en mémoire pendant l'estimation temporelle. Elle est plutôt reliée à la quantité de traitement en MCT que sollicite la tâche non temporelle. Dans la présente expérience, l'ensemble mémoire doit être maintenu en MCT pendant l'encodage de l'intervalle à reproduire. Il est attendu que le maintien de cette information non temporelle n'interfère pas sur la tâche temporelle.

Pendant la phase de reproduction, une tâche de jugement d'ordre temporel est effectuée simultanément à la tâche temporelle. Un effet d'interférence de cette tâche est observé sur la reproduction des durées cibles. Les reproductions temporelles des deux durées de 1600 et 2000 ms s'allongent significativement en fonction de la taille de l'ensemble mémoire, mais cet allongement n'est pas significatif pour la durée de 2400 ms. Par ailleurs, comme dans la première expérience, le phénomène de la Loi de Vierordt est reproduit dans cette expérience. Les reproductions des participants ont tendance à converger vers une valeur moyenne. Les durées reproduites sont généralement plus longues que les durées cibles. La différence entre les intervalles reproduits et les intervalles cible est en moyenne de 23 ms. Elle est beaucoup moins marquée que la différence entre les reproductions des participants et les durées cibles dans la première expérience (292 ms).

L'allongement général des reproductions temporelles en fonction de la taille de l'ensemble mémoire peut être expliqué dans le cadre des modèles psychophysiques d'horloge interne. Pendant la phase d'encodage, un nombre critique de pulsions est accumulé dans l'accumulateur. Ce nombre critique est transféré en mémoire de référence pour une comparaison ultérieure. Pendant la phase de reproduction, le processus d'accumulation des informations temporelles se déclenche. Le jugement de la position temporelle de la cible présentée interrompt cette accumulation. La durée de l'interruption dépend du nombre de comparaisons à effectuer en MCT et par conséquent, de la taille de l'ensemble mémoire.

Lorsque la comparaison prend fin, le processus d'accumulation est déclenché de nouveau jusqu'à ce que le nombre critère en mémoire de référence soit atteint. Comme l'illustre la Figure 2c, une plus longue durée serait nécessaire pour l'atteinte du nombre critère initial.

Par ailleurs, l'analyse statistique effectuée sur le bloc de reproductions simples révèle un effet significatif des durées sur les reproductions temporelles des participants ce qui indique que ces derniers effectuaient correctement la tâche de reproduction de l'intervalle temporel.

Un pourcentage d'erreurs particulièrement élevé dans la tâche de jugement d'ordre est observé dans cette expérience. L'analyse approfondie de ces pourcentages montre que les participants effectuent un plus grand nombre d'erreurs de jugement d'ordre lorsqu'il s'agit de reproduire des durées de 2400 ms. Quoique cette augmentation du taux d'erreurs en fonction des durées ne soit pas significative, une hypothèse alternative pourrait être avancée pour expliquer l'absence d'effet d'interférence significatif de la tâche de traitement d'ordre temporel sur la tâche temporelle et le pourcentage d'erreurs élevé. Une interférence de la tâche temporelle sur la tâche de jugement pourrait être à l'origine de ces résultats. Une plus grande importance aurait pu être accordée à la tâche de reproduction aux dépens de la tâche de jugement d'ordre. L'interférence bidirectionnelle entre les deux traitements dans cette expérience peut être expliquée dans le cadre des modèles récents de mémoire sérielle qui postulent que l'information temporelle contribue à la représentation de l'ordre sériel dans une liste d'items (Lee & Estes, 1977, 1981; Murdock, 1983).

DISCUSSION GÉNÉRALE

L'objectif général de la présente étude est de vérifier si l'effet du traitement de l'ordre temporel des items en MCT interfère avec la reproduction simultanée d'un intervalle temporel dans des conditions où le traitement de l'information d'item est dissocié du traitement de l'information d'ordre et où la quantité d'information d'item à traiter en mémoire est minimale. En effet, le traitement d'item est réduit, dans la présente étude, par

l'utilisation d'ensembles mémoires fermés constitués par les mêmes lettres pendant tout un bloc expérimental.

Dans les travaux de Fortin et Massé (1999) et Fortin et al. (2000), le traitement de l'information d'ordre est confondu avec le traitement de l'information d'item. Les ensembles mémoires utilisés sont composés de lettres qui changent d'un essai à un autre. Par conséquent, les participants doivent se rappeler l'identité de l'item et aussi sa position temporelle dans l'ensemble présenté. Un effet d'interférence est observé dans ces expériences et se révèle par un allongement des productions temporelles en fonction de l'augmentation de la quantité de traitement d'ordre en MCT. Selon ces auteurs, l'effet d'interférence observé est dû à un partage de ressources ou de processus communs entre le traitement d'ordre temporel et la tâche de production. Dans la présente étude, cet effet d'interférence est vérifié durant les deux phases d'une tâche de reproduction temporelle. Dans la première expérience, le traitement de l'ordre temporel se fait pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. Les résultats montrent un raccourcissement significatif des intervalles reproduits en fonction de l'augmentation du nombre d'items à traiter en mémoire. Dans la seconde expérience rapportée, le traitement de l'information d'ordre temporel se fait pendant la phase de reproduction de l'intervalle. Les intervalles temporels s'allongent significativement en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour deux des durées utilisées.

Les résultats généraux de ces deux expériences peuvent être interprétés dans le cadre des modèles psychophysiques d'horloge interne selon lesquels, lorsqu'un traitement non temporel partageant de ressources communes avec le traitement temporel est effectué simultanément à une tâche temporelle, le traitement de l'information temporelle est temporairement interrompu par le traitement concurrent. Selon que les participants encodent un intervalle à reproduire ou reproduisent un intervalle simultanément à la performance de la tâche de traitement d'ordre temporel, des patrons de résultats différents vont être observés. Tel que l'illustre la Figure 2b, si le traitement de l'information non temporelle se fait pendant la phase de l'encodage de l'intervalle à reproduire, l'intervalle sera perçu plus court qu'il ne

l'est réellement et les reproductions temporelles seront plus courtes. Si le traitement de l'information non temporelle se fait pendant la phase de reproduction d'un intervalle, l'accumulation de l'information temporelle sera interrompue pendant le traitement de la tâche de traitement d'ordre temporel et les intervalles produits seront plus longs proportionnellement à la quantité d'information non temporelle à traiter. Ce patron de résultats est schématisé dans la Figure 2c.

Selon les modèles de traitement d'information sérielle en mémoire, le rappel ordonné d'une liste d'item nécessite le rappel de deux sortes d'informations : l'information d'item, concernant l'identité de chaque item et l'information d'ordre, concernant la position temporelle des items (Brown et al., 2000; Neath, 1997). Dans les deux expériences de la présente étude, le traitement de l'information d'item a été réduit au minimum par l'utilisation d'ensembles fermés d'items. De plus, les items d'un ensemble mémoire restent constants pendant tout un bloc expérimental. L'interférence observée entre les deux tâches serait donc due à un partage de ressources spécifiques entre le traitement de la tâche temporelle et le traitement de l'ordre temporel des items.

L'utilisation d'un ensemble fermé de lettres qui ne changent pas pendant tout un bloc avait pour but de réduire au minimum le traitement de l'information d'item. Cependant, il est possible que ceci ait mené à un effet d'interférence proactive. Cet effet s'observe lorsque les items présentés au préalable dans une liste affectent la capacité d'un individu à effectuer le rappel correct d'un item présenté à un autre essai (Fortin & Rousseau, 1989). Cet effet d'interférence serait, selon ces auteurs, « fortement influencé par la similarité des items utilisés dans une même expérience » (Fortin & Rousseau, 1989, p.169). Lorsque la taille de l'ensemble mémoire augmente ou lorsque les lettres se ressemblent phonétiquement, la distinction entre les lettres devient plus difficile et une confusion entre les lettres peut générer des erreurs dans le traitement de l'information de l'ordre.

La proportion de ce type d'erreurs pourrait être particulièrement élevée dans la deuxième expérience où les participants doivent maintenir en MCT l'ordre temporel des lettres tout en

encodant l'intervalle temporel. Cet effet a été effectivement observé et un pourcentage moyen d'erreurs significativement supérieur a été enregistré dans la deuxième expérience par rapport à la première (2.74% d'erreurs dans l'expérience 1 et 7.3 % d'erreurs dans l'expérience 2, $t(27) = 2.84$, $p < .01$). Comparativement aux données relatives aux pourcentages d'erreurs calculés pour la tâche non temporelle effectuée simultanément à la tâche de reproduction temporelle dans Fortin et Rousseau (1998), une nette augmentation dans les pourcentages d'erreurs dans la tâche de traitement d'ordre temporel effectuée pendant la phase de reproduction est observée dans la présente étude. Cette augmentation du pourcentage d'erreurs dans la tâche de jugement d'ordre est observée aussi par rapport aux données de Fortin et al. (2000) qui utilisent une tâche de jugement d'ordre temporel similaire à celle utilisée dans la présente étude avec la différence que les items dans l'ensemble mémoire changent d'un essai à un autre. L'hypothèse d'interférence proactive pourrait être renforcée aussi par les résultats obtenus par Healy (1984) et Ellis (1980, expérience 1, cité dans Brown, 2000). Ces auteurs montrent que lorsque les items dans une liste se ressemblent phonétiquement, la probabilité de transpositions augmente et le taux d'erreurs dans la tâche de jugement d'ordre s'accroît en conséquence.

Ces résultats pourraient être expliqués aussi dans le cadre du modèle de « *Temporal Distinctiveness* » de Murdock (1976, 1983, 1989). Selon cet auteur, les items dans une liste peuvent se distinguer les uns des autres soit de façon spatiale (insertion d'espaces entre les items), soit de façon temporelle (addition d'intervalles temporels entre les items). Dans ce dernier cas, les participants se feraient une représentation de la position temporelle des items afin de les distinguer. Dans la présente étude, l'utilisation des mêmes items dans un ensemble de lettres augmente la probabilité d'apparition de ces lettres dans une même position temporelle d'un essai à un autre. La distinction temporelle des items deviendrait par conséquent plus difficile à faire et les erreurs par rapport à leurs positions temporelles augmentent. Dans la deuxième expérience, les participants doivent, de plus, maintenir cette représentation en mémoire pendant l'encodage de l'intervalle temporel. Le traitement de l'information temporelle pendant l'encodage de l'intervalle temporel semble interférer sur le maintien de la représentation de l'information de l'ordre des items.

Dans une expérience ultérieure, l'effet d'interférence du traitement d'ordre temporel sur la reproduction d'un intervalle encodé pourrait être vérifiée dans une condition où l'ensemble mémoire est présenté après la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. Ceci permettrait de mieux comprendre les résultats obtenus dans la deuxième expérience de la présente étude par rapport à l'absence d'un effet significatif de la manipulation de la taille de l'ensemble mémoire sur la reproduction des trois durées cibles et l'augmentation des taux d'erreurs dans la tâche de jugement d'ordre. Par ailleurs, l'utilisation d'un ensemble ouvert d'items qui changent d'un essai à un autre pourrait être interpolée à une tâche de reproduction temporelle. Cette expérience permettrait de vérifier si le traitement d'ordre temporel dans des conditions où le traitement de l'information d'item est requis en même temps que le traitement de l'information d'ordre affecte, de la même manière, la reproduction temporelle.

Les données de cette étude permettent de confirmer l'effet d'interférence d'un traitement d'ordre temporel sur la reproduction temporelle simultanée et permettent de conclure que cet effet est général puisqu'il est observé avec une méthode autre que la production temporelle. Cette interférence serait bidirectionnelle : la tâche temporelle est affectée par le traitement de l'information d'ordre et cet effet se manifesterait par une altération de l'estimation des intervalles temporels en fonction de la quantité de traitement non temporel effectuée. Par ailleurs, la tâche de jugement d'ordre est affectée elle aussi par la tâche temporelle puisqu'une augmentation du pourcentage d'erreurs commises est observée dans la deuxième expérience. Selon Brown (1997), cet effet d'interférence bidirectionnelle suggère que les traitements d'ordre temporel en mémoire et l'estimation temporelle partagent des ressources spécifiques en MCT. Cette interférence bidirectionnelle supporte à la fois les modèles psychophysiques d'horloge interne qui incluent une composante mnésique et les modèles de mémoire sérielle qui postulent que l'information temporelle est nécessaire à la représentation de l'ordre sériel des items dans une liste.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le but de la présente étude est de vérifier l'effet d'un traitement d'ordre temporel en MCT sur la reproduction simultanée d'un intervalle de temps dans des conditions où le traitement d'item est réduit au minimum. La tâche de traitement d'ordre temporel est effectuée soit pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire (expérience 1), soit pendant sa reproduction (expérience 2). Les résultats de la première expérience montrent que le traitement de l'ordre temporel pendant la phase d'encodage interfère sur la reproduction de l'intervalle. Les intervalles reproduits raccourcissent en fonction du nombre d'items à traiter dans l'ensemble mémoire. Dans la deuxième expérience, les résultats montrent un allongement des temps produits pour deux des trois durées utilisées. Les données des résultats généraux de ces deux expériences renforcent les hypothèses avancées par Fortin et al. (2000) suggérant que l'estimation du temps et le traitement d'ordre temporel partagent des ressources ou des processus communs. Dans une expérience ultérieure, l'ensemble mémoire pourrait être présenté entre la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire et la phase de reproduction. Cette expérience pourrait permettre de vérifier si, dans la seconde expérience, l'absence d'interférence de la tâche de traitement d'ordre temporel sur l'estimation temporelle lorsque l'intervalle cible est de 2400 ms ainsi que l'augmentation générale du taux d'erreurs dans la tâche de mémoire sont dus au maintien de l'information non temporelle pendant l'encodage de l'intervalle cible.

RÉFÉRENCES

Allan, L. G. (1979). The perception of time. Perception & Psychophysics, 26 (5), 340-354.

Allan, L. G. (1992). The internal clock revisited. Dans F. Macar & V. Pouthas (Eds.), Time, action and cognition: Towards bridging the gap (pp. 191-202). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Block, R. A. (1990). Models of psychological time. Dans R. A. Block (Ed.), Cognitive models of psychological time (pp. 1-35). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bjork, E. L., & Healy, A. F. (1974). Short-term order and item retention. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 13, 80-97.

Boltz, M. (1991). Time estimation and attentional perspective. Perception & Psychophysics, 49 (5), 422-433.

Brown, G. D. A., Preece, T., & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. Psychological review, 107 (1), 127-181.

Brown, S. W. (1985). Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. Perception & Psychophysics, 38, 115-124.

Brown, S. W. (1995). Time, change, and motion : The effect of stimulus movement on temporal perception. Perception & Psychophysics, 57 (1), 105-116.

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. W., & West, A. N. (1990). Multiple timing and the allocation of attention. Acta Psychologica, *75*, 103-121.

Church, R. M. (1984). Properties of internal clock. Dans J. Gibbon & L. Allan (Eds.), Timing and time perception (Annals of New York Academy of Sciences, Vol. 403, pp. 566-582). New York: New York Academy of Sciences.

Fortin, C., & Breton, R. (1995). Temporal interval production and processing in working memory. Perception & Psychophysics, *57* (2), 203-215.

Fortin, C., Champagne, J., & Poirier, M. (2000). Effect of processing temporal or spatial order in short-term memory on concurrent time estimation. BBCS, Cambridge, UK, July 2000.

Fortin, C., & Massé, N. (1999). Order information in short-term memory and time estimation. Memory & Cognition, *27* (1), 54-62.

Fortin, C., & Rousseau, R. (1998). Interference from short-term memory processing on encoding and reproducing brief duration. Psychological Research, *61*, 269-276.

Fortin, C., & Rousseau, R. (1989). Psychologie cognitive : Une approche de traitement de l'information. Université de Québec, Télé- université.

Fortin, C., Rousseau, R., Bourque, P., & Kirouac, E. (1993). Time estimation and concurrent nontemporal processing: Specific interference from short-term memory demands. Perception & Psychophysics, *53* (5), 536-548.

Fortin, C., Rousseau, R., Guay, M. C., Côté, N., Blais, J., & Delisle, G. (1994). Interférence d'une prospection mnémonique sur la reproduction d'un intervalle temporel et sur son encodage. Les Cahiers de Recherche de l'École de Psychologie (1994-161).

Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. Dans J. Gibbon & L. Allan (Eds.), Timing and time perception (Annals of New York Academy of Sciences, Vol. 403, pp. 52-77). New York: New York Academy of Sciences.

Healy, A. F. (1974). Separating item from order information in short-term memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 13, 644-655.

Healy A. F. (1982). Short-term memory for order information. Dans G. H. Bower (Ed.), The psychology of learning and motivation (Vol. 16, pp. 191-238). New York: Academic Press.

Hicks, R. E., Miller, G. W., & Kinsbourne, M. (1976). Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed. American Journal of Psychology, 89, 719-730.

Kirk, R. E. (1995). Experimental design: Procedures for behavioral sciences (3rd ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.

Lee, C. L., & Estes, W. K. (1977). Order and position in primary memory for letter string. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 16, 395-418.

Lee, C. L., & Estes, W. K. (1981). Item and order information in short-term memory : Evidence for multilevel perturbation process. Journal of Experimental Psychology : Human Learning and memory, 7 (3), 141-169.

Macar F., Grondin, S., & Casini, L. (1994). Controlled attention sharing influences time estimation. Memory & Cognition, 22, 673-686.

McClain, L. (1983). Interval estimation : Effect of processing demands on prospective and retrospective reports. Perception & Psychophysics, 34 (2), 185-189.

Meck, W. H. (1984). Attentional bias between modalities: Effect on internal clock, memory, and decision stages used in animal time discrimination. Dans J. Gibbon & L. Allan (Eds.), Timing and time perception (Annals of New York Academy of Sciences, Vol. 423, pp. 528-541). New York: New York Academy of Sciences.

Meck, W. H. (1996). Neuropharmacology of timing and time perception. Cognitive Brain research, 3, 227-242.

Michon, J. A., & Jackson, J. L. (1984). Attentional effort and cognitive strategies in the processing of temporal information. Processing temporal information (Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 423, pp. 298-321). New York: New York Academy of Sciences.

Murdock, B. B. (1976). Item and order information in short-term serial memory. Journal of Experimental Psychology: General, 105, 191-216.

Murdock, B. B. (1983). A distributed memory model for serial-order information. Psychological review, 90 (4), 316-338.

Murdock, B. B. (1989). Memory for serial order. Psychological review, 96 (1), 25-57.

Murdock, B. B., & Vom Saal, W. (1967). Transpositions in short-term memory. Journal of Experimental Psychology, 75 (1), 137-143.

Neath, I. (1997). Modality, concreteness, and set-size effects in a free reconstruction of order task. Memory & Cognition, 25 (2), 256-263.

Neath, I. (1998). Human memory. An introduction to research, data, and theory. Brooks/Cole Publishing company (Eds).

Rousseau, R., Picard, D., & Pitre, E. (1984). An adaptative counter model for time estimation. Dans J. Gibbon & L. Allan (Eds.), Timing and time perception (Annals of the New-york Academy of Sciences, Vol. 423, pp. 639-642). New York: New-york Academy of Sciences.

Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. Science, *153*, 652-654.

Thomas, E. A. C., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. Perception & Psychophysics, *17*, 363-367.

Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. Cognitive Psychology, *12*, 97-136.

Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. Dans R. Parasuraman & D. R. Davies (Eds.), Varieties of attention (pp. 63-102). New York: Academic Press.

Zakay, D. (1989). Subjective time and attentionnal resource allocation: An integrate model of time estimation. Dans I. Levin & D. Zakay (Eds.), Time and human cognition: A life-span perspective (pp. 365-397). Amsterdam: Elsevier.

Zakay, D. (1990). The evasive art of subjective time measurement: Some methodological dilemmas. Dans R. A. Block (Ed.), Cognitive models of psychological time (pp. 59-84). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Zakay, D. (1993). Relative and absolute duration judgment under prospective and retrospective paradigms. Perception & Psychophysics, *54*, 656-664.

Zakay, D. (1998). Attention allocation policy influences prospective timing. Psychonomic Bulletin & Review, *1*, 114-118.

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. 143-163). Amsterdam: Elsevier.

Tableau 1

Moyennes et écart-types des reproductions temporelles individuelles (ms) en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour l'expérience 1

Participant	Taille de l'ensemble mémoire			
	2 items		4 items	
	<u>M</u>	<u>ET</u>	<u>M</u>	<u>ET</u>
1	2188	375	2165	403
2	1870	242	1742	226
3	1561	270	1414	242
4	1489	324	1523	337
5	1814	255	1794	287
6	1473	438	1474	399
7	1886	393	1802	282
8	2124	407	2049	418
9	1456	361	1319	279
10	1720	411	1681	336
11	1777	524	2006	499
12	1665	302	1550	298
13	1463	363	1395	349
14	1582	363	1620	384

Tableau 2

Tableau d'analyse de variance à mesures répétées effectuée sur les moyennes de reproduction en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour l'expérience 1

Source	dl	SC	MC	F	p<F
Taille de l'ensemble mémoire	1	1796099	1796099	8.49	0.01*
Durée	2	122776609	61388304.5	91.58	0.0001*
Taille * Durée	2	697792	348896.3	3.05	0.06
Erreur					
Total	83	330974810			

*p<.05.

Tableau 3

Moyennes et écart-types des taux d'erreurs en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour l'expérience 1

Taille de l'ensemble mémoire	2		4	
Durées (ms)	<u>M</u>	<u>ET</u>	<u>M</u>	<u>ET</u>
1600	2.5	4.8	2.1	2.4
2000	4.2	3.7	2.8	3.4
2400	3.3	4.3	2.5	2.4

Tableau 4

Moyennes et écart-types des reproductions temporelles individuelles (ms) en fonction de la taille de l'ensemble mémoire pour l'expérience 2

Participant	Taille de l'ensemble mémoire			
	2 items		4 items	
	<u>M</u>	<u>ET</u>	<u>M</u>	<u>ET</u>
1	1248	348	1429	390
2	1768	777	2037	708
3	2716	508	2681	451
4	2869	343	2606	354
5	1777	606	2027	504
6	1592	244	1556	259
7	2619	494	2831	444
8	1885	486	1962	466
9	2472	442	2314	437
10	1674	321	1724	327
11	1668	257	1602	221
12	2218	307	2334	312
13	1869	367	1909	314
14	1433	245	1742	321

Tableau 5

Tableau d'analyse de variance à mesures répétées et tests d'effets simples effectués sur les reproductions moyennes en fonction des durées et de la taille de l'ensemble mémoire pour l'expérience 2

Source	dl	SC	MC	F	p<F
Taille de l'ensemble mémoire (EM)	1	4113149.6	4113149.6	2.17	0.16
Durée	2	89036124	44518062	30.1	0.0001*
EM * Durée	2	1114649.6	557324.8	3.9	0.03*
Effets simples					
EM pour 1600 ms	1	1764614	1764614	12.40	0.002*
EM pour 2000 ms	1	3347437	3347437	23.52	0.0001*
EM pour 2400 ms	1	127676	127676	0.9	0.35
Durée pour EM (2)	2	51567393	25783693	181.2	0.0001*
Durée pour EM (4)	2	38550964	19275482	135.4	0.0001*
Total	83	901310060			

*p<.05.

Tableau 6

Moyennes et écart-types d'erreurs en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour l'expérience 2

Taille de l'ensemble mémoire	2		4	
Durées (ms)	<u>M</u>	<u>ET</u>	<u>M</u>	<u>ET</u>
1600	7.4	6.9	8.5	8.5
2000	8.2	8.1	8.2	9.6
2400	9.3	7.2	8.7	8.6

PRÉSENTATION DES FIGURES

Figure 1. Représentation schématique du modèle de timing scalaire (*scalar timing model*) de Gibbon, Church, et Meck (1984) d'après Meck (1996).

Figure 2a. Processus d'accumulation des indices temporels lors de la reproduction d'un intervalle de temps selon le modèle d'horloge interne. Le premier son annonce le début de l'intervalle à reproduire et initialise le processus d'accumulation des informations temporelles. Le second son met fin à ce processus. Un nombre critère d'indices temporels est atteint. Le participant commence sa reproduction par la pression d'une touche. L'accumulation de l'information temporelle se poursuit jusqu'à l'atteinte du nombre critère d'indices temporels. Le participant met alors fin à sa reproduction par une deuxième pression.

Figure 2b. Illustration du processus d'accumulation des indices temporels lors de l'exécution simultanée d'une tâche non temporelle pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. Le processus d'accumulation débute avec le premier son qui annonce le début de l'intervalle. Le traitement de la tâche non temporelle interrompt l'accumulation qui reprend jusqu'à ce que le second son annonce la fin de l'intervalle. Un nombre critère d'indices temporels correspondant à la durée perçue est enregistré. Ce nombre critère ne correspond pas au nombre critère qui renvoie à la durée réelle de l'intervalle cible (en pointillé sur la figure). Le participant commence sa reproduction de l'intervalle temporel par une première frappe et met fin à la production par une deuxième frappe. Sa reproduction temporelle serait raccourcie proportionnellement à la durée nécessaire pour le traitement de l'information non temporelle.

Figure 2c. Illustration du processus d'accumulation des indices temporels lors de l'exécution simultanée d'une tâche non temporelle pendant la phase de reproduction de l'intervalle. Le processus d'accumulation débute avec le premier son et se termine dès que le second son annonce la fin de l'intervalle. Un nombre critère de pulsions temporelles est enregistré. Le

participant commence sa reproduction et le processus d'accumulation est déclenché. Le traitement de la tâche non temporelle interrompt l'accumulation qui reprend lorsque le participant finit de traiter l'information non temporelle. Lorsqu'il estime que le nombre critère d'indices temporels est atteint, le participant met fin à sa reproduction. La reproduction temporelle serait allongée proportionnellement à la durée nécessaire pour le traitement de l'information non temporelle.

Figure 3. Modèle de barrière attentionnelle (*attentionnal gate*) d'après Zakay et Block (1996).

Figure 4. Illustration schématique des essais expérimentaux dans la condition traitement d'ordre temporel pendant la phase d'encodage de l'intervalle à reproduire. Un ensemble mémoire constitué de deux ou quatre lettres est présenté au participant au début de la session. Un point de fixation apparaît (*) et lorsque le participant est prêt à encoder l'intervalle, il appuie sur la touche « 2 ». Un son annonce le début et la fin de l'intervalle à reproduire. Après 500 ms du début de l'intervalle, une lettre et un chiffre cible apparaissent. Le participant doit alors juger si le chiffre indique ou non la bonne position temporelle de la lettre. Il doit reproduire l'intervalle encodé en appuyant sur la touche « 1 » pour commencer et finir sa reproduction si le chiffre indiquait la bonne position temporelle ou en appuyant sur la touche « 3 » si le chiffre n'indique pas la bonne position. Un feed-back est donné par rapport à la réponse du participant à la tâche de traitement d'ordre temporel.

Figure 5. Reproductions temporelles moyennes des participants en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour la première expérience.

Figure 6. Illustration schématique des essais expérimentaux dans la condition traitement d'ordre temporel pendant la phase de reproduction de l'intervalle. Un ensemble mémoire constitué de deux ou quatre lettres est présenté au participant au début de l'essai. Un point de fixation apparaît (*) et lorsque prêt à encoder l'intervalle, le participant appuie sur la touche « 2 ». Un son annonce le début et la fin de l'intervalle à reproduire. Lorsque le participant est

prêt à reproduire l'intervalle présenté, il appuie sur la touche « 2 » du clavier numérique. Cinq cent ms après l'initiation de l'intervalle, une lettre et un chiffre cible apparaissent. Le participant doit alors juger si le chiffre indique ou non la bonne position temporelle de la lettre. Sa réponse doit être donnée au même moment où il met fin à sa reproduction. Si le chiffre indique la bonne position temporelle de la lettre, le participant doit mettre fin à sa reproduction en appuyant sur la touche « 1 ». Si le chiffre n'indique pas la bonne position, le participant doit mettre fin à sa reproduction en appuyant sur la touche « 3 ». Un feed-back est donné par rapport à la réponse du participant à la tâche de traitement d'ordre temporel.

Figure 7. Reproductions temporelles moyennes des participants en fonction de la taille de l'ensemble mémoire et des durées pour la deuxième expérience.

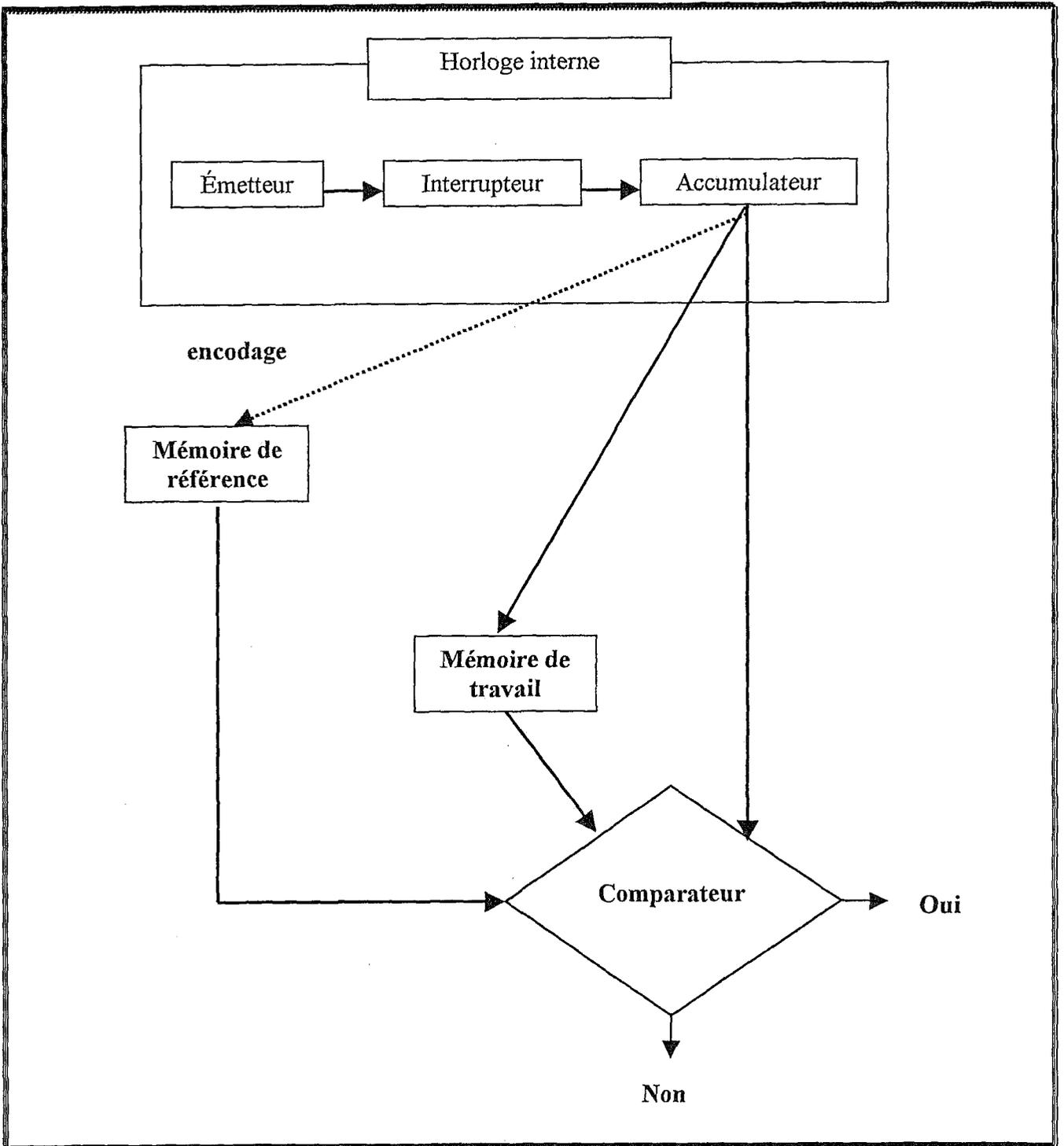


Figure 1

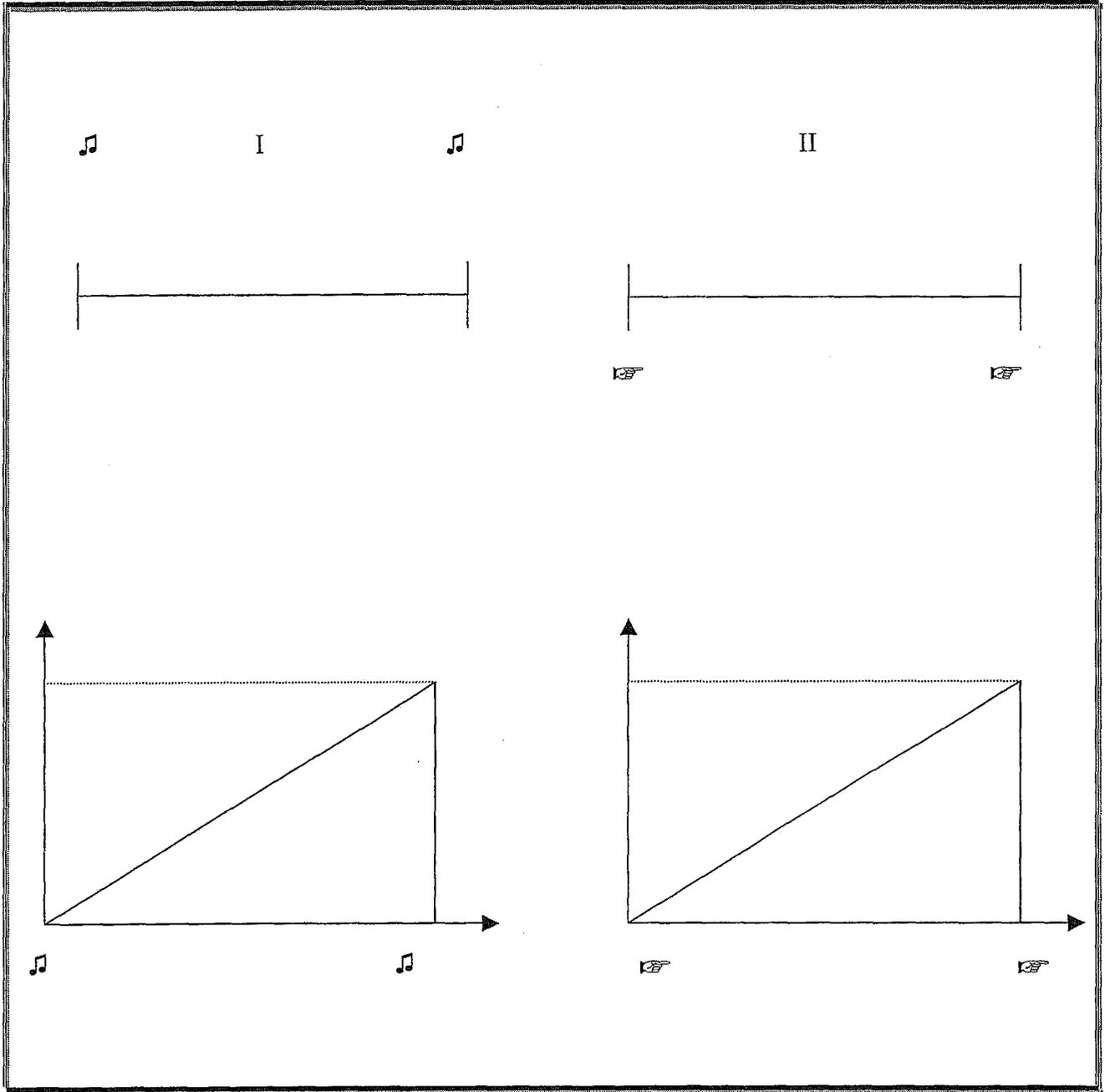


Figure 2a

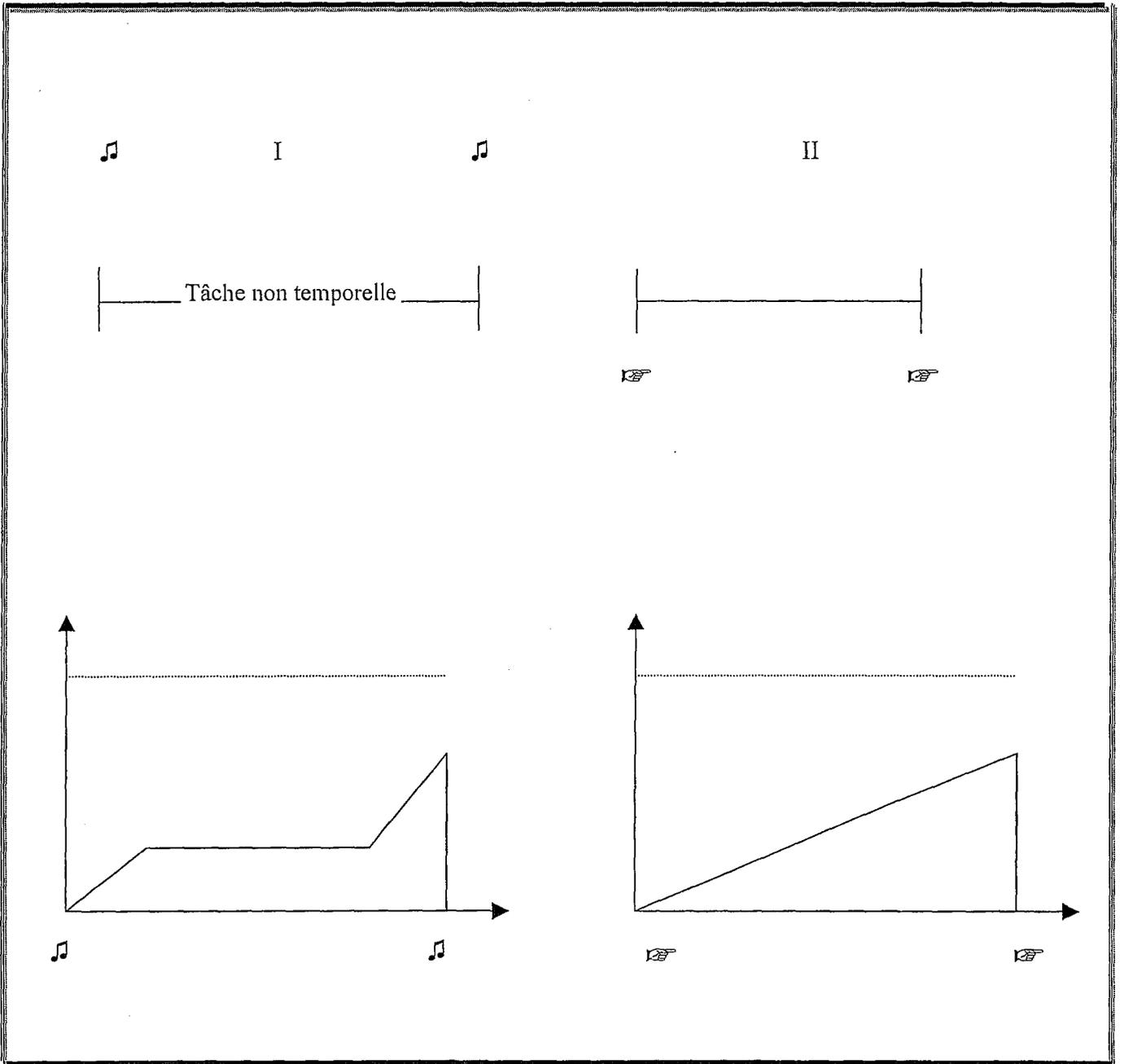


Figure 2b

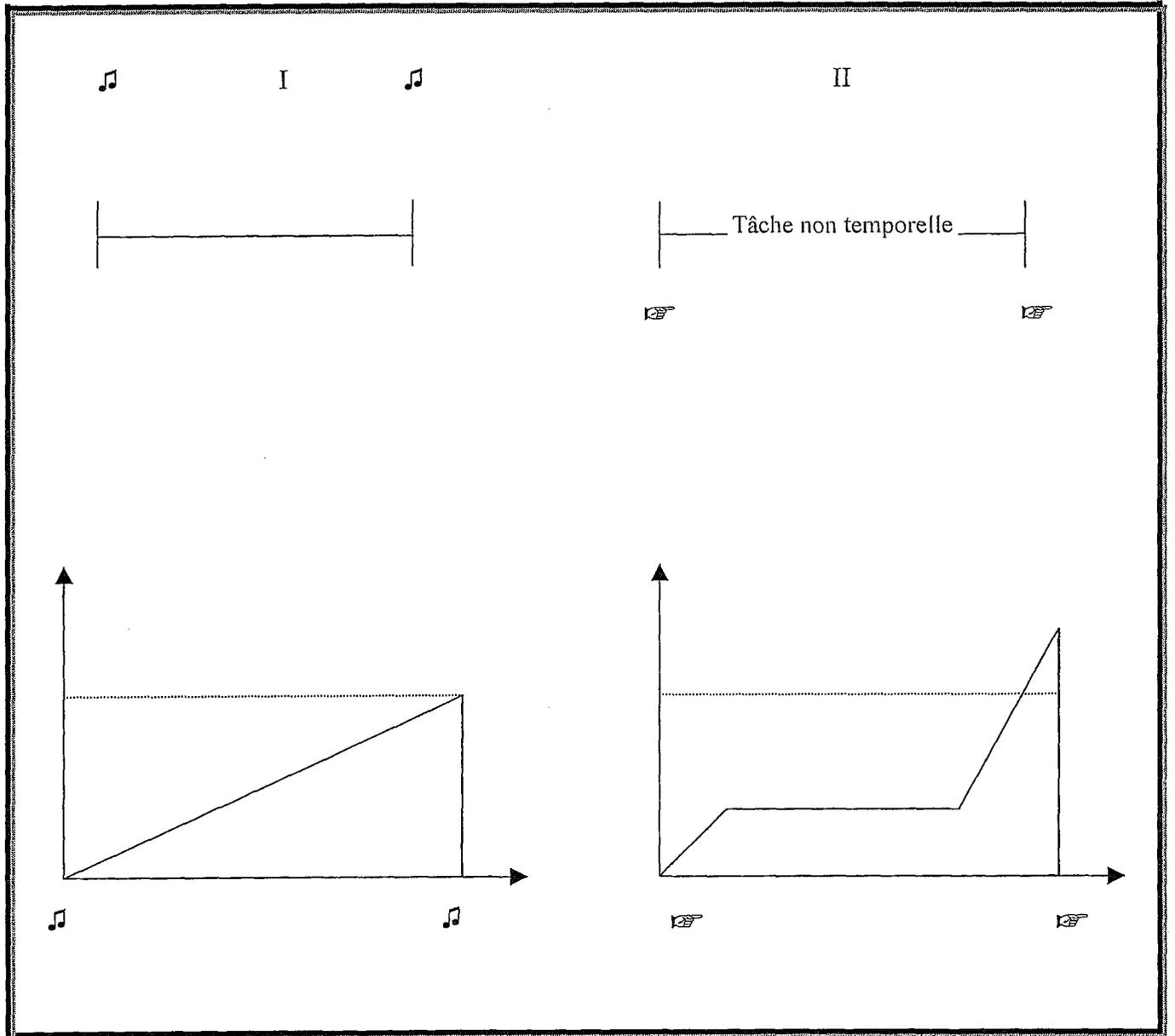


Figure 2c

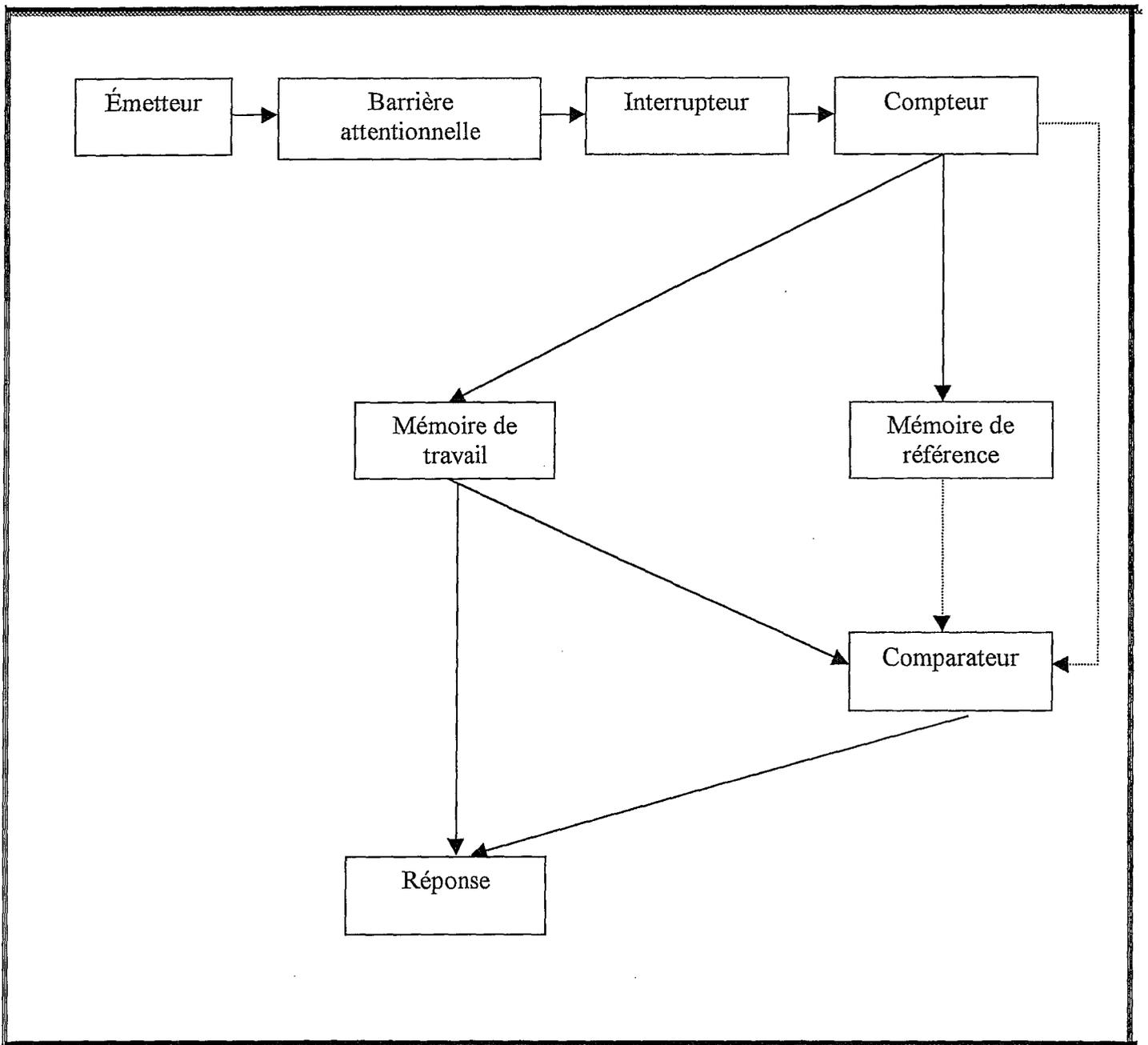


Figure 3

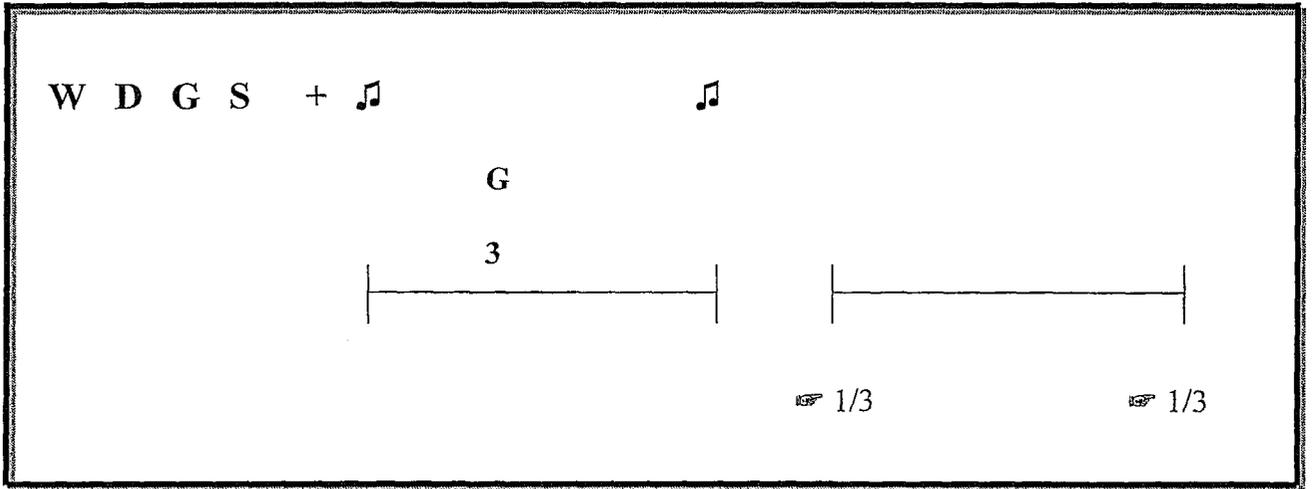


Figure 4

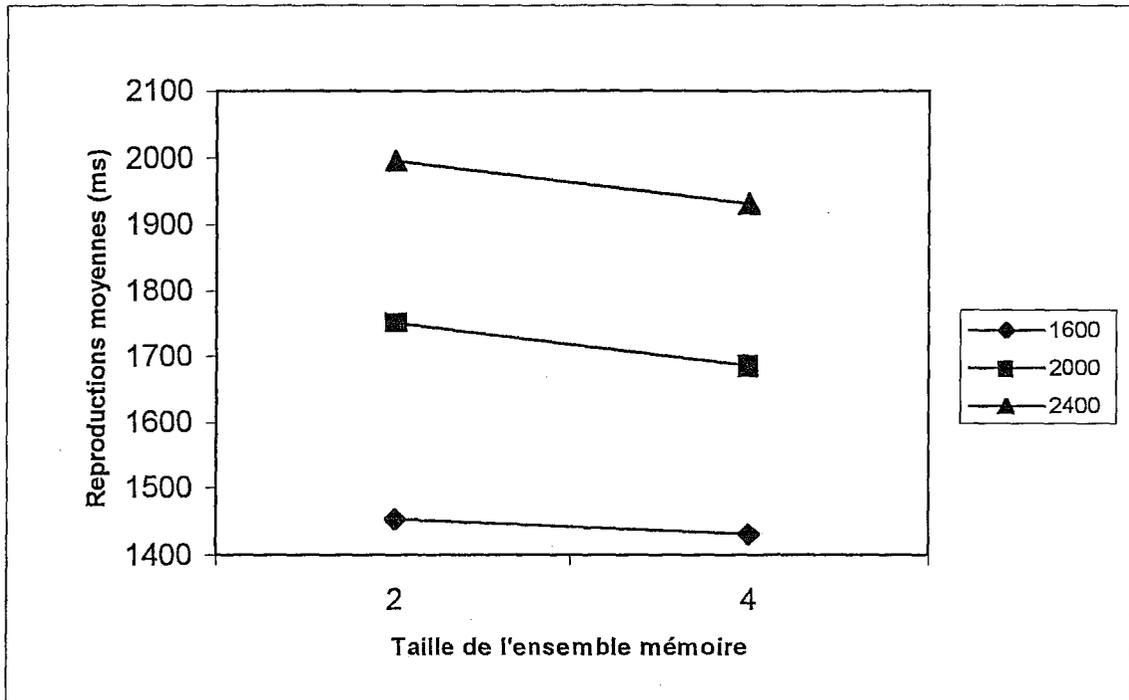


Figure 5

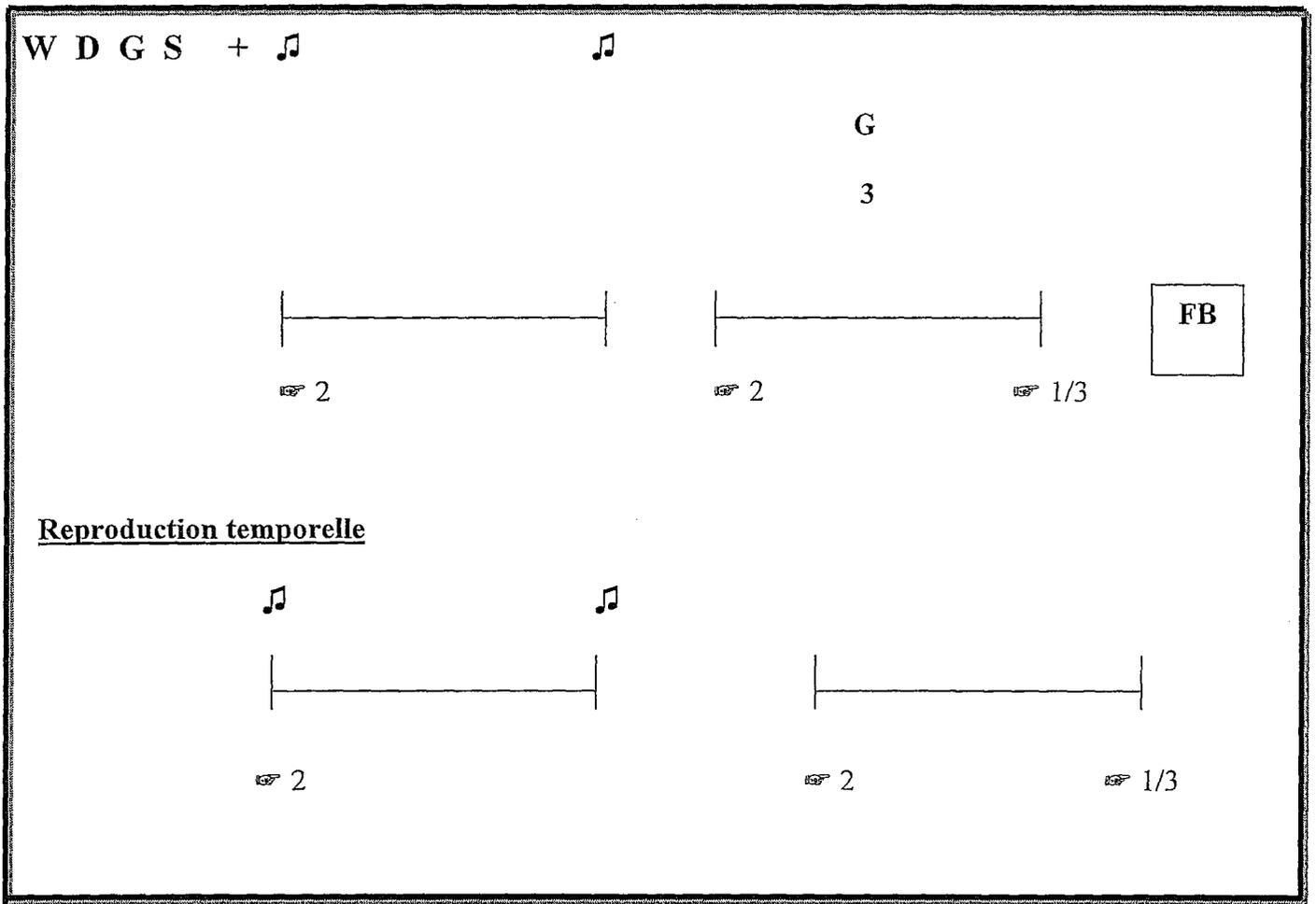


Figure 6

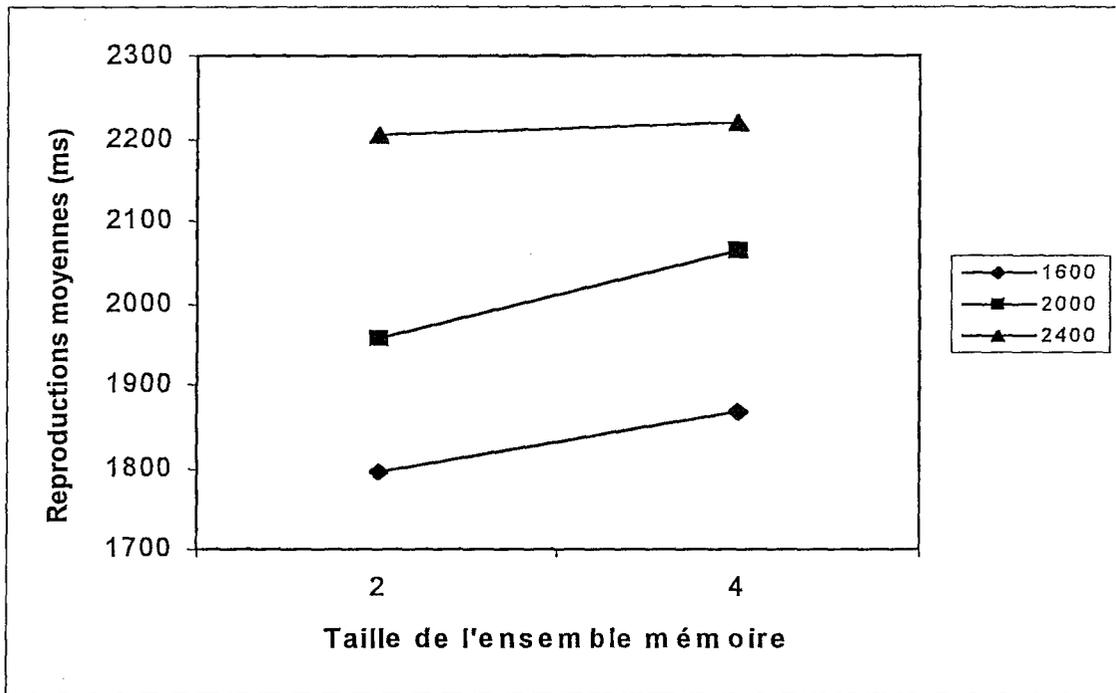


Figure 7

ANNEXE A

Université Laval
École de psychologie

Laboratoire de Recherche en Psychologie Cognitive (LRPC)

Claudette Fortin, professeure responsable.

Tel : 656-2131, poste 7253.

Formulaire de consentement

Je, soussigné(e) _____, consens librement à participer à cette recherche ayant pour but d'étudier la capacité de l'humain à estimer des intervalles de temps brefs (inférieurs à 10 secondes). Lors de trois sessions expérimentales, je reproduirai des intervalles de temps tout en traitant une information présentée sur un écran d'ordinateur. L'expérience se déroulera au laboratoire de recherche en psychologie cognitive de l'Université Laval, dans une chambre insonorisée afin de minimiser les distractions externes. Les sessions dureront trente minutes en moyenne. Je consens à fournir certains renseignements me concernant (âge, niveau de scolarité, adresse et numéro de téléphone).

Les avantages que je retirerai de ma participation à cette expérience sont un contact avec la recherche en psychologie cognitive expérimentale et ma contribution à l'avancement des connaissances dans ce domaine. Les inconvénients associés à ma participation à cette expérience sont que je devrai lui accorder un peu de mon temps et de mon énergie, la tâche risquant d'engendrer une légère fatigue. J'aurai également à me déplacer jusqu'à l'université pour y effectuer l'expérience. À cet effet, je recevrai une compensation financière de 10,00 \$ pour les frais de stationnement et/ou de transport.

La confidentialité de mes résultats est assurée grâce à un numéro qui me sera attribué et qui sera accessible seulement aux personnes travaillant au laboratoire. De plus, tous les documents servant à l'étude seront conservés sous clef au laboratoire.

Ma participation à cette étude est volontaire. J'ai été informé(e) de mon droit de me retirer de l'expérience en tout temps sans encourir de préjudice, et ce en avertissant l'étudiante à la maîtrise Lobna Chérif au laboratoire ou par téléphone. Par ailleurs, je m'engage à effectuer consciencieusement la tâche à accomplir et à faire preuve de ponctualité à mes rendez-vous. Un retard de 10 minutes peut entraîner l'annulation de la session expérimentale si un autre participant a rendez-vous pour la période suivante.

Toute question ou commentaire concernant ma participation à cette étude peut être adressé à Mme Claudette Fortin, Ph.D., professeure titulaire à l'École de psychologie, responsable du projet de recherche auquel je participe, Pavillon F.A. Savard, bureau 1516, Université Laval, courriel : Claudette.Fortin@psy.ulaval.ca.

En foi de quoi, les parties ont signé, ce _____ 2000.

X

Participant(e)

X

Claudette Fortin, Ph.D.

Responsable du projet de recherche

X

Lobna Chérif

Étudiante à la maîtrise.

ANNEXE B

Université Laval
École de psychologie

Laboratoire de Recherche en Psychologie Cognitive (LRPC)

Claudette Fortin, professeure responsable.

Tel : 656-2131, poste 7253.

Formulaire de consentement

Je, soussigné(e) _____, consens librement à participer à cette recherche ayant pour but d'étudier la capacité de l'humain à estimer des intervalles de temps brefs (inférieurs à 10 secondes). Lors de quatre sessions expérimentales, je reproduirai des intervalles de temps tout en traitant une information présentée sur un écran d'ordinateur. L'expérience se déroulera au laboratoire de recherche en psychologie cognitive de l'Université Laval, dans une chambre insonorisée afin de minimiser les distractions externes. Les sessions dureront trente minutes en moyenne. Je consens à fournir certains renseignements me concernant (âge, niveau de scolarité, adresse et numéro de téléphone).

Les avantages que je retirerai de ma participation à cette expérience sont un contact avec la recherche en psychologie cognitive expérimentale et ma contribution à l'avancement des connaissances dans ce domaine. Les inconvénients associés à ma participation à cette expérience sont que je devrai lui accorder un peu de mon temps et de mon énergie, la tâche risquant d'engendrer une légère fatigue. J'aurai également à me déplacer jusqu'à l'université pour y effectuer l'expérience. À cet effet, je recevrai une compensation financière de 15,00 \$ pour les frais de stationnement et/ou de transport.

La confidentialité de mes résultats est assurée grâce à un numéro qui me sera attribué et qui sera accessible seulement aux personnes travaillant au laboratoire. De plus, tous les documents servant à l'étude seront conservés sous clef au laboratoire.

Ma participation à cette étude est volontaire. J'ai été informé(e) de mon droit de me retirer de l'expérience en tout temps sans encourir de préjudice, et ce en avertissant l'étudiante à la maîtrise Lobna Chérif au laboratoire ou par téléphone. Par ailleurs, je m'engage à effectuer consciencieusement la tâche à accomplir et à faire preuve de ponctualité à mes rendez-vous. Un retard de 10 minutes peut entraîner l'annulation de la session expérimentale si un autre participant a rendez-vous pour la période suivante.

Toute question ou commentaire concernant ma participation à cette étude peut être adressé à Mme Claudette Fortin, Ph.D., professeure titulaire à l'École de psychologie, responsable du projet de recherche auquel je participe, Pavillon F.A. Savard, bureau 1516, Université Laval, courriel : Claudette.Fortin@psy.ulaval.ca.

En foi de quoi, les parties ont signé, ce _____ 2000.

X

Participant(e)

X

Claudette Fortin, Ph.D.

Responsable du projet de recherche

X

Lobna Chérif

Étudiante à la maîtrise.