

BF
20.5
UL
1996
B575

LOUIS BHERER

**LE TEMPS DE RÉACTION À L'ARRÊT: INDICES TEMPORELS ET
PRÉPARATION À RÉAGIR**

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

École de psychologie
FACULTÉ DES SCIENCES SOCIALES
UNIVERSITÉ LAVAL

OCTOBRE 1996

©Louis Bherer, 1996





National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street
Ottawa, Ontario
K1A 0N4

Bibliothèque nationale
du Canada

Direction des acquisitions et
des services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0N4

Your file *Votre référence*

Our file *Notre référence*

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

The author retains ownership of the copyright in his/her thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her permission.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-612-17300-3

Canada

Nom Louis Bherer

Dissertation Abstracts International est organisé en catégories de sujets. Veuillez s.v.p. choisir le sujet qui décrit le mieux votre thèse et inscrivez le code numérique approprié dans l'espace réservé ci-dessous.

PSYCHOLOGIE EXPERIMENTALE

SUJET

0623 U.M.I

CODE DE SUJET

Catégories par sujets

HUMANITÉS ET SCIENCES SOCIALES

COMMUNICATIONS ET LES ARTS

| | |
|---------------------------|------|
| Architecture | 0729 |
| Beaux-arts | 0357 |
| Bibliothéconomie | 0399 |
| Cinéma | 0900 |
| Communication verbale | 0459 |
| Communications | 0708 |
| Danse | 0378 |
| Histoire de l'art | 0377 |
| Journalisme | 0391 |
| Musique | 0413 |
| Sciences de l'information | 0723 |
| Théâtre | 0465 |

ÉDUCATION

| | |
|--|------|
| Généralités | 515 |
| Administration | 0514 |
| Art | 0273 |
| Collèges communautaires | 0275 |
| Commerce | 0688 |
| Économie domestique | 0278 |
| Éducation permanente | 0516 |
| Éducation préscolaire | 0518 |
| Éducation sanitaire | 0680 |
| Enseignement agricole | 0517 |
| Enseignement bilingue et multiculturel | 0282 |
| Enseignement industriel | 0521 |
| Enseignement primaire | 0524 |
| Enseignement professionnel | 0747 |
| Enseignement religieux | 0527 |
| Enseignement secondaire | 0533 |
| Enseignement spécial | 0529 |
| Enseignement supérieur | 0745 |
| Évaluation | 0288 |
| Finances | 0277 |
| Formation des enseignants | 0530 |
| Histoire de l'éducation | 0520 |
| Langues et littérature | 0279 |

| | |
|-------------------------------------|------|
| Lecture | 0535 |
| Mathématiques | 0280 |
| Musique | 0522 |
| Orientation et consultation | 0519 |
| Philosophie de l'éducation | 0998 |
| Physique | 0523 |
| Programmes d'études et enseignement | 0727 |
| Psychologie | 0525 |
| Sciences | 0714 |
| Sciences sociales | 0534 |
| Sociologie de l'éducation | 0340 |
| Technologie | 0710 |

LANGUE, LITTÉRATURE ET LINGUISTIQUE

| | |
|-------------------------|------|
| Langues | |
| Généralités | 0679 |
| Anciennes | 0289 |
| Linguistique | 0290 |
| Modernes | 0291 |
| Littérature | |
| Généralités | 0401 |
| Anciennes | 0294 |
| Comparée | 0295 |
| Médiévale | 0297 |
| Moderne | 0298 |
| Africaine | 0316 |
| Américaine | 0591 |
| Anglaise | 0593 |
| Asiatique | 0305 |
| Canadienne (Anglaise) | 0352 |
| Canadienne (Française) | 0355 |
| Germanique | 0311 |
| Latino-américaine | 0312 |
| Moyen-orientale | 0315 |
| Romane | 0313 |
| Slave et est-européenne | 0314 |

PHILOSOPHIE, RELIGION ET THÉOLOGIE

| | |
|----------------------------|------|
| Philosophie | 0422 |
| Religion | |
| Généralités | 0318 |
| Clergé | 0319 |
| Études bibliques | 0321 |
| Histoire des religions | 0320 |
| Philosophie de la religion | 0322 |
| Théologie | 0469 |

SCIENCES SOCIALES

| | |
|----------------------|------|
| Anthropologie | |
| Archéologie | 0324 |
| Culturelle | 0326 |
| Physique | 0327 |
| Droit | 0398 |
| Economie | |
| Généralités | 0501 |
| Commerce-Affaires | 0505 |
| Économie agricole | 0503 |
| Économie du travail | 0510 |
| Finances | 0508 |
| Histoire | 0509 |
| Théorie | 0511 |
| Études américaines | 0323 |
| Études canadiennes | 0385 |
| Études féministes | 0453 |
| Folklore | 0358 |
| Géographie | 0366 |
| Gérontologie | 0351 |
| Gestion des affaires | |
| Généralités | 0310 |
| Administration | 0454 |
| Banques | 0770 |
| Comptabilité | 0272 |
| Marketing | 0338 |
| Histoire | |
| Histoire générale | 0578 |

| | |
|---|------|
| Ancienne | 0579 |
| Médiévale | 0581 |
| Moderne | 0582 |
| Histoire des noirs | 0328 |
| Africaine | 0331 |
| Canadienne | 0334 |
| États-Unis | 0337 |
| Européenne | 0335 |
| Moyen-orientale | 0333 |
| Latino-américaine | 0336 |
| Asie, Australie et Océanie | 0332 |
| Histoire des sciences | 0585 |
| Loisirs | 0814 |
| Planification urbaine et régionale | 0999 |
| Science politique | |
| Généralités | 0615 |
| Administration publique | 0617 |
| Droit et relations internationales | 0616 |
| Sociologie | |
| Généralités | 0626 |
| Aide et bien-être social | 0630 |
| Criminologie et établissements pénitentiaires | 0627 |
| Démographie | 0938 |
| Études de l'individu et de la famille | 0628 |
| Études des relations interethniques et des relations raciales | 0631 |
| Structure et développement social | 0700 |
| Théorie et méthodes | 0344 |
| Travail et relations industrielles | 0629 |
| Transports | 0709 |
| Travail social | 0452 |

SCIENCES ET INGÉNIERIE

SCIENCES BIOLOGIQUES

| | |
|---|------|
| Agriculture | |
| Généralités | 0473 |
| Agronomie | 0285 |
| Alimentation et technologie alimentaire | 0359 |
| Culture | 0479 |
| Élevage et alimentation | 0475 |
| Exploitation des péturages | 0777 |
| Pathologie animale | 0476 |
| Pathologie végétale | 0480 |
| Physiologie végétale | 0817 |
| Sylviculture et faune | 0478 |
| Technologie du bois | 0746 |
| Biologie | |
| Généralités | 0306 |
| Anatomie | 0287 |
| Biologie (Statistiques) | 0308 |
| Biologie moléculaire | 0307 |
| Botanique | 0309 |
| Cellule | 0379 |
| Écologie | 0329 |
| Entomologie | 0353 |
| Génétique | 0369 |
| Limnologie | 0793 |
| Microbiologie | 0410 |
| Neurologie | 0317 |
| Océanographie | 0416 |
| Physiologie | 0433 |
| Radiation | 0821 |
| Science vétérinaire | 0778 |
| Zoologie | 0472 |
| Biophysique | |
| Généralités | 0786 |
| Médicale | 0760 |
| SCIENCES DE LA TERRE | |
| Biogéochimie | 0425 |
| Géochimie | 0996 |
| Géodésie | 0370 |
| Géographie physique | 0368 |

| | |
|------------------------|------|
| Géologie | 0372 |
| Géophysique | 0373 |
| Hydrologie | 0388 |
| Minéralogie | 0411 |
| Océanographie physique | 0415 |
| Paléobotanique | 0345 |
| Paléocologie | 0426 |
| Paléontologie | 0418 |
| Paléozoologie | 0985 |
| Palynologie | 0427 |

SCIENCES DE LA SANTÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT

| | |
|---------------------------------|------|
| Économie domestique | 0386 |
| Sciences de l'environnement | 0768 |
| Sciences de la santé | |
| Généralités | 0566 |
| Administration des hôpitaux | 0769 |
| Alimentation et nutrition | 0570 |
| Audiologie | 0300 |
| Chimiothérapie | 0992 |
| Dentisterie | 0567 |
| Développement humain | 0758 |
| Enseignement | 0350 |
| Immunologie | 0982 |
| Loisirs | 0575 |
| Médecine du travail et thérapie | 0354 |
| Médecine et chirurgie | 0564 |
| Obstétrique et gynécologie | 0380 |
| Ophtalmologie | 0381 |
| Orthophonie | 0460 |
| Pathologie | 0571 |
| Pharmacie | 0572 |
| Pharmacologie | 0419 |
| Physiothérapie | 0382 |
| Radiologie | 0574 |
| Santé mentale | 0347 |
| Santé publique | 0573 |
| Soins infirmiers | 0569 |
| Toxicologie | 0383 |

SCIENCES PHYSIQUES

| | |
|-----------------------------------|------|
| Sciences Pures | |
| Chimie | |
| Généralités | 0485 |
| Biochimie | 487 |
| Chimie agricole | 0749 |
| Chimie analytique | 0486 |
| Chimie minérale | 0488 |
| Chimie nucléaire | 0738 |
| Chimie organique | 0490 |
| Chimie pharmaceutique | 0491 |
| Physique | 0494 |
| Polymères | 0495 |
| Radiation | 0754 |
| Mathématiques | 0405 |
| Physique | |
| Généralités | 0605 |
| Acoustique | 0986 |
| Astronomie et astrophysique | 0606 |
| Électronique et électricité | 0607 |
| Fluides et plasma | 0759 |
| Météorologie | 0608 |
| Optique | 0752 |
| Particules (Physique nucléaire) | 0798 |
| Physique atomique | 0748 |
| Physique de l'état solide | 0611 |
| Physique moléculaire | 0609 |
| Physique nucléaire | 0610 |
| Radiation | 0756 |
| Statistiques | 0463 |
| Sciences Appliqués Et Technologie | |
| Informatique | 0984 |
| Ingénierie | |
| Généralités | 0537 |
| Agricole | 0539 |
| Automobile | 0540 |

| | |
|--------------------------------------|------|
| Biomédicale | 0541 |
| Chaleur et thermodynamique | 0348 |
| Conditionnement (Emballage) | 0549 |
| Génie aérospatial | 0538 |
| Génie chimique | 0542 |
| Génie civil | 0543 |
| Génie électronique et électrique | 0544 |
| Génie industriel | 0546 |
| Génie mécanique | 0548 |
| Génie nucléaire | 0552 |
| Ingénierie des systèmes | 0790 |
| Mécanique navale | 0547 |
| Métallurgie | 0743 |
| Science des matériaux | 0794 |
| Technique du pétrole | 0765 |
| Technique minière | 0551 |
| Techniques sanitaires et municipales | 0554 |
| Technologie hydraulique | 0545 |
| Mécanique appliquée | 0346 |
| Géotechnologie | 0428 |
| Matériaux plastiques (Technologie) | 0795 |
| Recherche opérationnelle | 0796 |
| Textiles et tissus (Technologie) | 0794 |

PSYCHOLOGIE

| | |
|------------------------------|------|
| Généralités | 0621 |
| Personnalité | 0625 |
| Psychobiologie | 0349 |
| Psychologie clinique | 0622 |
| Psychologie du comportement | 0384 |
| Psychologie du développement | 0620 |
| Psychologie expérimentale | 0623 |
| Psychologie industrielle | 0624 |
| Psychologie physiologique | 0989 |
| Psychologie sociale | 0451 |
| Psychométrie | 0632 |



RÉSUMÉ

Cette étude propose une analyse exploratoire des processus sollicités lors d'une tâche de temps de réaction à l'arrêt (*stop-reaction time*). Dans une tâche de temps de réaction à l'arrêt (TR-A), les participants doivent réagir le plus rapidement possible à la fin d'une séquence de signaux auditifs ou visuels. L'ensemble des recherches ayant recours à ce paradigme expérimental démontre que la latence de réponse augmente avec l'intervalle temporel entre les signaux successifs. Par contre, le TR-A moyen semble diminuer en fonction du nombre de signaux présentés. Alors que l'effet du nombre de signaux suscite généralement peu d'intérêt, la variation systématique du TR-A en fonction de l'intervalle entre les signaux est rapportée par tous les auteurs et constitue la pierre angulaire des modèles théoriques actuels du TR-A. L'étude qui suit porte précisément sur l'effet du nombre de signaux et propose de l'étudier sous l'angle de la préparation à réagir, un phénomène classiquement étudié en temps de réaction simple. Les expériences qui y sont rapportées suggèrent que la diminution du TR-A en fonction de N est modulée par un indice temporel qui repose sur le chronométrage de la durée des essais.

Louis Bherer

Robert Rousseau Ph.D.
Directeur

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage n'aurait pu être réalisé sans le support du professeur Robert Rousseau. Sa grande disponibilité et ses bons préceptes ont grandement contribué à rendre mon travail plaisant et enrichissant. Je lui suis particulièrement reconnaissant pour son indéfectible bienveillance tout au long des mes études de deuxième cycle. Je tiens également à remercier monsieur Richard Breton dont les interventions rapides et efficaces ont souvent facilité mon apprentissage.

Je remercie le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (CRSNG) pour son aide financière.

Merci à Marie-Claude pour son soutien et sa complicité.

TABLE DES MATIÈRES

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| RÉSUMÉ | i |
| AVANT-PROPOS | ii |
| TABLE DES MATIÈRES | iii |
| LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES | v |
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE 1: LE TEMPS DE RÉACTION À L'ARRÊT: PARADIGME EXPÉRIMENTAL ET CONCEPTS THÉORIQUES | |
| 1.1 La tâche de temps de réaction à l'arrêt | 4 |
| 1.2 La relation entre l'intervalle perçu et l'intervalle réel | 5 |
| 1.3 Limite théorique des modèles de temps de réaction à l'arrêt: l'effet du nombre de signaux | 8 |
| 1.4 Le temps de réaction à l'arrêt et le temps de réaction simple | 10 |
| CHAPITRE 2: LES INDICES TEMPORELS ET LE TEMPS DE RÉACTION SIMPLE | |
| 2.1 Période préparatoire et latence de réponse | 13 |
| 2.2 Incertitude temporelle et probabilité conditionnelle | 15 |
| 2.3 Indices temporels et probabilité conditionnelle | 16 |
| CHAPITRE 3: INDICE TEMPOREL GLOBAL ET TEMPS DE RÉACTION À L'ARRÊT | |
| 3.1 La durée des séquences: un indice modulateur | 19 |
| 3.2 Limites de l'interprétation globale | 21 |
| CHAPITRE 4: EXPÉRIENCE 1 | |
| 4.1 Méthode | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2 Résultats | 27 |
| 4.3 Discussion | 31 |
| CHAPITRE 5: EXPÉRIENCE 2 | |
| 5.1 Méthode | 34 |
| 5.2 Résultats | 37 |
| 5.3 Discussion | 44 |
| CHAPITRE 6: DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION | 47 |
| RÉFÉRENCES | 52 |
| ANNEXES A: RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE 1 | 56 |
| ANNEXES B: RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE 2 | 60 |

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

- Tableau 1: Conditions expérimentales pour l'expérience 1. p.26
- Figure 1: TR-A (ms) moyens en fonction du SOA (960 observations par points). p.28
- Figure 2: TR-A moyens (ms) moins le SOA en fonction de la durée des séquences (ms). Les résultats sont présentés pour les trois valeurs de SOA (1000=section supérieure gauche, 500=section supérieure droite, 250=section inférieure) (192 observations par points). p.30
- Tableau 2: Conditions expérimentales pour l'expérience 2. p.35
- Figure 3: TR-A (ms) moyens en fonction du SOA pour les sections A (cercles) et B (carrés) (675 observations par points). p.38
- Figure 4: TR-A moyens (ms) moins le SOA en fonction de la durée des séquences (ms) pour la section A (1000=carrés, 500=triangles, 250=cercles) et pour la section B (carrés vides). Les résultats sont présentés pour les trois valeurs de SOA (1000=section supérieure gauche, 500=section supérieure droite, 250=section inférieure) (135 observations par points). p.40
- Figure 5: Distributions des fréquences de réponses lors des séquences très longues de la section B (SEQ=32). Chaque courbe représente 675 observations. p.42

Figure 6: Distribution des fréquences de réponses lors des séquences très
longues de la section B (SEQ=32) pour chacune des 5 sessions expérimentales. p.43
Chaque courbe représente 135 observations.

INTRODUCTION

Lorsqu'on s'intéresse à l'étude du comportement, il est fréquent d'observer des phénomènes qui, malgré leur omniprésence dans la vie quotidienne, se prêtent difficilement à l'analyse scientifique. C'est le cas bien souvent des comportements adaptatifs, dont la fonction essentielle est de permettre à l'individu de s'ajuster aux contingences de son environnement immédiat. De même, en psychologie expérimentale il existe plusieurs formes de comportements adaptatifs qui résistent à l'investigation scientifique. Parmi ces comportements on retrouve la préparation à réagir, parfois appelée la préparation à court terme (Holender, 1980). On désigne par la préparation à réagir la capacité des sujets à adapter leur comportement aux contingences temporelles pour répondre plus rapidement à un événement ou à un stimulus. Dans Le grand dictionnaire de la psychologie, on qualifie de préparatoire un élément " ...dont le rôle fonctionnel est subordonné à des événements qui doivent survenir postérieurement. ", un processus préparatoire " C'est, par hypothèse, un état interne qui se développe avant l'arrivée d'un stimulus et qui aide à rendre la réponse mieux adaptée et surtout plus rapide. " (Le Ny, 1991).

Dans le passé, la préparation à réagir a fait l'objet de nombreuses études en psychologie expérimentale. Classiquement, on étudie les processus préparatoires en utilisant des paradigmes de temps de réaction simple ou au choix. Dans une tâche de temps de réaction simple, qui nécessite pour le participant de réagir rapidement à un stimulus donné, on attribue aux activités préparatoires

la diminution de la latence moyenne des réponses à mesure que la probabilité d'apparition du signal augmente (Holender, 1980). Dans ce type de tâche, l'incapacité d'être constamment attentifs aux stimulations amène les individus à utiliser toute l'information susceptible de faciliter ou d'accélérer leur réponse (Granjon et Reynard, 1980). Par exemple, la fréquence de présentation d'un signal ou encore son moment d'apparition dans un contexte temporel précis, constituent des sources d'information fort utiles pour les sujets.

La présente étude propose d'utiliser le concept de préparation à réagir pour mieux comprendre l'amélioration de la performance des sujets avec l'allongement des séquences en temps de réaction à l'arrêt. Proposé par Schaefer en 1979 (cité dans ten Hoopen, 1985), la tâche de temps de réaction à l'arrêt (TR-A) implique pour le participant de réagir le plus promptement possible à l'arrêt d'une séquence de signaux auditifs ou visuels. L'intervalle temporel (SOA pour *Stimulus Onset Asynchrony*) entre les signaux d'une séquence est fixe et le nombre de signaux varie d'un essai à l'autre. Généralement, les résultats démontrent que le TR-A moyen est proportionnel à la durée perçue du SOA et qu'il diminue progressivement avec l'allongement de la séquence de signaux présentée.

La relation presque parfaite entre le TR-A et le SOA témoigne du rôle prédominant de l'intervalle inter-signaux dans le processus de réponse. Cette observation a amené les auteurs à décomposer le temps de réaction à l'arrêt en deux durées distinctes. La première est simplement la représentation interne du SOA et la seconde est le processus de réponse, pondéré par un critère de décision (Schaefer, 1990; ten Hoopen, Boelaarts, Gruisen, Apon, Donders, Mul et Akerboom, 1994; Rousseau et Rousseau, 1996). En admettant que, pour un même sujet, le processus de réponse demeure stable au cours de l'expérience, les variations importantes du TR-A peuvent être associées à la variabilité de la représentation interne du SOA qui permet aux participants de réagir à l'absence du signal lorsque la séquence se termine (Schaefer, 1990). S'inspirant des modèles psychophysiques d'horloge interne, Rousseau et Rousseau (1996) proposent que la représentation interne de l'intervalle entre les signaux se construit au cours des essais sous le contrôle de l'horloge

interne. C'est donc, selon ces derniers, un mécanisme d'estimation temporelle qui permet aux sujets d'évaluer la durée de l'intervalle qui sépare les signaux d'une séquence.

Les modèles actuels de TR-A reposent essentiellement sur l'utilisation d'une représentation interne de l'intervalle entre les signaux comme critère de réponse. Bien que cette conception permette d'expliquer en grande partie les résultats obtenus en contexte expérimental, elle ne peut rendre compte de l'effet du nombre de signaux. L'influence du nombre de signaux sur le TR-A se traduit généralement par une diminution progressive de la latence de réponse avec l'allongement des séquences dans un même bloc d'essais. L'effet du nombre de signaux, rapporté dans la plupart des études de TR-A, semble moduler de façon importante le comportement des sujets.

L'objectif de cette étude est d'ouvrir la voie à l'élaboration d'un contexte d'interprétation pouvant rendre compte fidèlement des résultats couramment observés au TR-A en étudiant de façon plus systématique l'effet du nombre de signaux. Devant l'absence d'études portant directement sur le sujet, les études classiques sur la préparation à répondre et le temps de réaction simple offrent un modèle d'interprétation privilégié. Pour atteindre l'objectif fixé, le chapitre 1 propose d'abord une analyse détaillée des principaux résultats observés en TR-A. Inspiré des études classiques sur la période préparatoire, le chapitre suivant vise à illustrer le rôle de l'information temporelle en temps de réaction simple. Ensuite, une interprétation de l'effet du nombre de signaux sera élaborée, en mettant en évidence le rôle de l'information temporelle et des stratégies préparatoires en TR-A (chapitre 3). Enfin, les chapitres 4 et 5 rapportent deux expérimentations effectuées dans le but d'évaluer la pertinence de cette interprétation.

CHAPITRE 1

LE TEMPS DE RÉACTION À L'ARRÊT: PARADIGME EXPÉRIMENTAL ET CONCEPTS THÉORIQUES

1.1 La tâche de temps de réaction à l'arrêt

Dans une tâche classique de temps de réaction à l'arrêt (TR-A), on présente au sujet une séquence composée de signaux sonores de faible intensité (bips). En général, la séquence est isochrone, c'est à dire que l'intervalle temporel entre les signaux successifs est constant (SOA pour *stimulus onset asynchrony*) et le nombre de signaux varie d'une séquence à l'autre. Pour un bloc d'essais donné, le SOA est fixe et la longueur des séquences varie en fonction du nombre de signaux (N) qu'elles contiennent. La tâche du sujet consiste à appuyer le plus rapidement possible sur une touche dès qu'il croit que la séquence est terminée.

Ten Hoopen, Vos et Dispa (1982) ont utilisé le TR-A avec des stimuli auditifs pour étudier la sous-estimation du tempo (*tempo difference*) couramment observée en perception auditive, lorsqu'on présente des stimuli en alternance d'une oreille à l'autre en comparaison avec des séquences de sons présentées simultanément dans les deux oreilles (biaurale) ou dans une seule oreille (monaurale). Par la suite, une importante série d'études (ten Hoopen & al., 1982; ten Hoopen & Akerboom, 1983; Akerboom & ten Hoopen, 1983; Akerboom, ten Hoopen, Olierook, & van der Schaaf, 1983; Akerboom, ten Hoopen & van der Knoop, 1985) a permis de démontrer la simplicité et l'efficacité de ce paradigme expérimental pour étudier et surtout quantifier le ralentissement temporel ou l'illusion de décalage temporel observée en condition alternée. Plus récemment, Rousseau et Rousseau (1996) ont eu recours au TR-A pour étudier la perception temporelle d'intervalles visuels, auditifs et bimodaux. Dans une séquence bimodale, les stimuli alternent d'une modalité à l'autre. Selon ces derniers, lors d'une tâche de TR-A dans laquelle les séquences sont bimodales, les séquences sont traitées comme deux séquences parallèles, l'une auditive et l'autre visuelle. Une modification originale du paradigme, impliquant la présentation de séquences polyrythmiques, formées par la superposition de deux séquences de signaux composées de SOA différents, a permis aux auteurs d'illustrer de façon plus probante le rôle d'un mécanisme d'estimation temporelle (ou de l'horloge interne) dans le traitement parallèle des séquences visuelles et auditives.

1.2 La relation entre l'intervalle perçu et l'intervalle réel

Les études ayant recours au TR-A ont permis d'isoler certains facteurs généraux qui déterminent de façon importante la performance des sujets. Le facteur le plus déterminant est incontestablement la durée de l'intervalle physique qui sépare les signaux (SOA). Peu importe les conditions expérimentales utilisées, le TR-A augmente linéairement avec la valeur du SOA. En général, la pente de la fonction est légèrement supérieure à 1 et l'ordonnée à l'origine est d'environ 200 à 300 millisecondes (ms) selon la condition expérimentale utilisée.

Les études de perception auditive sur l'illusion de décalage temporel en condition alternée (*interaural tempo illusion*) rapportent des pentes de 1,11 à 1,27. Les ordonnées à l'origine varient de 192 à 214 ms en condition monaurale comparativement à une variation de 208 à 248 ms en condition alternée (ten Hoopen & al., 1982; ten Hoopen & Akerboom, 1983; Akerboom & ten Hoopen, 1983; Akerboom & al., 1983). Dans une autre série d'expériences, Akerboom & al. (1985) se sont intéressés à l'influence du décalage temporel et de la disparité angulaire sur l'illusion d'octave (*octave illusion*¹). Pour ce faire, ils ont utilisé le TR-A avec des stimuli auditifs en condition monaurale et binaurale, en alternant deux sons de fréquences différentes dans les deux oreilles, en alternant simultanément les fréquences des sons et leur localisation et en présentant les mêmes séquences en écoute dichotique. Encore une fois, la relation linéaire entre le TR-A et le SOA est très stable. En effet, pour toutes ces conditions expérimentales, la pente du TR-A en fonction du SOA varie de 1,00 à 1,15 alors que l'ordonnée est de 84 à 138 ms en fonction du mode de présentation. Enfin, Rousseau & Rousseau (1996) rapportent des pentes de 1,032 pour les séquences auditives et visuelles et de 1,05 pour les séquences bimodales, avec des ordonnées respectives de 225, 270 et 286. Dans plusieurs études le r^2 est de .99 et plus entre le TR-A moyen et le SOA (Rousseau & Rousseau, 1996; Akerboom & al., 1985). L'ensemble de ces expériences suggère que l'étroite relation linéaire entre le TR-A et le SOA résiste à l'influence du mode de présentation ou des conditions expérimentales.

La relation étroite entre le TR-A et l'intervalle qui sépare les signaux de la séquence a amené les auteurs à conceptualiser les processus de réponse impliqués dans le TR-A en fonction d'une représentation interne du délai perçu entre les signaux. Ainsi, ten Hoopen (1985) suggère que le temps de réponse des sujets est composé de deux durées. D'abord, il semble que le sujet conserve en mémoire une estimation de la durée du délai perçu entre chaque signal présenté. Cette représentation interne de la durée perçue, appelée POA (*perceptual onset asynchrony*), est en

¹ L'illusion d'octave survient lorsqu'on présente aux sujets de façon répétitive un accord composé de 2 harmoniques (e.g., 400 et 800 Hz) et qu'à chaque présentation, les harmoniques sont alternées d'une oreille à l'autre. Par exemple, la séquence 400-800-400... est présentée dans l'oreille droite et la séquence 800-400-800... est présentée dans l'oreille gauche. Dans ces conditions, les sujets perçoivent un signal dont la hauteur varie out en alternant d'une oreille à l'autre.

quelque sorte une approximation de l'intervalle qui sépare les signaux successifs (SOA pour *stimulus onset asynchrony*). Grâce au POA, le sujet établit un critère interne lui permettant d'estimer l'occurrence du signal suivant. Lorsqu'aucun signal n'apparaît à l'intérieur de ce délai-critère, le sujet conclut que la séquence est terminée. Le temps d'initiation de la réponse est la deuxième durée qui compose le TR-A. Il s'agit de la composante motrice du processus de réponse que l'on considère généralement stable pour un même sujet.

S'inspirant des modèles psychophysiques d'horloge interne, Rousseau & Rousseau (1996) ont tenté de préciser la nature de la représentation interne du SOA. Les modèles psychophysiques d'horloge interne suggèrent que la perception temporelle repose sur un mécanisme impliquant trois composantes: émetteur, interrupteur et accumulateur. Ainsi, la représentation interne d'une durée physique est le résultat de l'accumulation d'impulsions produites par l'émetteur (Church, 1984). Les modèles d'horloge interne suggèrent que la représentation interne d'une durée physique est une variable aléatoire normalement distribuée. La moyenne de la distribution est un estimé de la durée physique et sa variance totale est une combinaison des variances inhérentes aux différentes composantes du modèle (Church, 1984; Allan, 1992; Rousseau et Rousseau, 1996). En interprétant la tâche de TR-A selon ce modèle théorique, Rousseau et Rousseau (1996) proposent que chaque signal présenté interrompt et enclenche un processus d'accumulation d'impulsions. Le nombre d'indices accumulés entre deux signaux, représentant la durée perçue, est emmagasiné. Lorsque l'accumulateur a atteint un certain nombre critère d'impulsions, une réponse est émise. Comme Schaefer (1990), Rousseau et Rousseau (1996) soulignent que ce critère est déterminé de façon à permettre au sujet d'éviter de répondre avant la fin de la séquence. Pour éviter les fausses alarmes, le sujet établit une valeur critère supérieure à la durée du SOA. En considérant que la représentation interne du SOA est une variable aléatoire normalement distribuée, on peut considérer que ce critère est statistique et l'exprimer en écarts-types de la distribution. Le critère sera donc placé à un certain nombre d'écarts-types de la valeur moyenne de la représentation interne de l'intervalle. Pour Schaefer (1990), ce critère devrait être constant pour un même sujet tout au long de l'expérience.

L'étude de Rousseau et Rousseau (1996) a permis d'illustrer le rôle de l'horloge interne dans le processus de réponse à la tâche de TR-A. En se référant aux études sur la discrimination de la durée, les auteurs suggèrent que le TR-A peut être associé à deux types de processus. Les processus liés à la perception temporelle (*scalar timing process*) détermineront la valeur de la pente de la relation linéaire entre la durée perçue et la durée réelle, donc entre le TR-A et le SOA. Les processus non-temporels affecteront l'ordonnée à l'origine de la fonction.

Il semble donc que les chercheurs s'entendent pour diviser le TR-A en deux composantes. L'une relativement stable est liée au critère de réponse du sujet et à la réponse motrice. L'autre dépend de la représentation interne de la durée du SOA (Rousseau et Rousseau, 1996). La réponse du sujet est donc déterminée par sa capacité à estimer l'intervalle, pondérée par le critère de décision et la composante motrice (Rousseau et Rousseau, 1996; Schaefer, 1990).

1.3 Limite théorique des modèles de temps de réaction à l'arrêt: l'effet du nombre de signaux

Nous avons vu dans la section précédente que la représentation interne du SOA est le principal facteur déterminant la réponse du sujet au TR-A. Il semble toutefois que le nombre de signaux (N) présentés à l'intérieur d'une même séquence est un autre facteur expérimental qui doit être pris en considération si l'on veut rendre compte fidèlement de la performance des sujets. Règle générale, son influence se traduit par une diminution du TR-A en fonction du nombre de signaux à l'intérieur d'un même bloc d'essais.

Les études dont nous avons traitées auparavant rapportent une diminution du TR-A moyen en fonction du nombre de stimuli. Bien que légère, cette diminution est généralisée puisqu'elle s'observe sous des conditions expérimentales très différentes. Par exemple, en perception auditive monaurale, biaurale et alternée, on observe cet effet pour des séquences de 10 à 17 bips (Akerboom & ten Hoopen, 1983), de 7, 8, 11, 12, 14, 15 ou de 21 à 30 bips (Akerboom et al., 1983) ou encore de 20 à 27 (Akerboom et al., 1985) et enfin de 2 à 13 et 2 à 6 bips (ten Hoopen &

Akerboom, 1983). De plus, l'effet semble se maintenir avec des SOA fort variés, 150, 250, 350, 450 ms (Akerboom & ten Hoopen, 1983), 40 à 2130 ms (Akerboom et al., 1983), 200, 250, 300 ms (Akerboom et al., 1985) et 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 ms (ten Hoopen & Akerboom, 1983). Enfin, Rousseau & Rousseau (1994 et 1996) soulignent l'importance du phénomène avec des séquences de signaux visuels, auditifs et bimodaux, pour des séquences de 10 à 15 signaux séparés par des SOA de 125, 250, 625, 1000, 2000 ms. Ces résultats suggèrent que le nombre de signaux est un facteur important dans une tâche de TR-A, qu'il est indépendant du SOA, du mode de présentation ou de la condition expérimentale.

Si l'effet du nombre de signaux est fréquemment rapporté par les auteurs, l'intérêt qu'il suscite semble plutôt modéré. L'absence d'interaction entre cet effet et le SOA, ou les différents modes de présentations, est probablement à l'origine du fait que les modèles théoriques de TR-A n'en tiennent pas compte. Il est aussi possible que cet oubli soit lié au fait que dans la plupart des études, c'est l'effet des différentes conditions expérimentales ou des modes de présentation sur la perception de l'intervalle qui intéresse les auteurs. On étudie cet effet en comparant les TR-A moyens entre les différentes conditions expérimentales. Généralement, les essais sont regroupés par blocs en fonction des différentes conditions expérimentales. Comme l'effet du nombre de signaux s'observe à l'intérieur d'un même bloc d'essais, il est d'un intérêt limité.

Quoi qu'il en soit, la diminution du TR-A avec l'allongement des séquences influence de façon importante la performance des sujets. Devant le caractère constant de ce phénomène, l'objectif de cette étude vise à mieux comprendre l'effet de l'allongement des séquences sur le TR-A. Plus précisément, elle propose une analyse systématique du phénomène pour en permettre une interprétation théorique.

1.4 Le temps de réaction à l'arrêt et le temps de réaction simple

Étant donné l'absence d'étude consacrée au rôle de la longueur de séquence en TR-A, la stratégie préconisée dans cette étude est d'analyser cet effet sous l'angle de la préparation à réagir, un phénomène bien connu en temps de réaction simple. Dans la version la plus simple d'un essai à une tâche de temps de réaction simple (TR), on dénombre habituellement cinq événements principaux (Niemi & Näätänen, 1981). On présente d'abord un signal préparatoire (SP), indiquant au sujet le début d'un essai expérimental. Ensuite, on présente au sujet le signal d'exécution (SE) auquel il doit répondre. L'intervalle qui sépare le SP et le SE constitue la période préparatoire (PP, en anglais *foreperiod*). Généralement, la production de la réponse (R) est elle-même incluse comme étape principale du TR. Finalement, on reconnaît l'intervalle inter-essais comme un facteur susceptible d'influencer les résultats.

En temps de réaction à l'arrêt, le premier signal présenté marque le début de la séquence qui se termine par le dernier signal. Dans un tel contexte, la variable considérée est le temps qui s'écoule entre le dernier signal et la réponse du sujet. On peut suggérer que chaque signal présenté constitue un signal préparatoire et l'atteinte du critère décisionnel est le signal d'exécution. Cependant, les données empiriques rapportées précédemment indiquent clairement que l'allongement des séquences peut influencer considérablement la latence de réponse.

En comparant l'effet du nombre de signaux à l'influence de la période préparatoire en temps de réaction simple (Luce, 1986; Niemi & Näätänen, 1981), il est permis de croire que le décours temporel global d'un essai au TR-A soit une information utile pour le sujet et qu'elle lui permette d'améliorer sa performance. L'allure de la fonction semble indiquer que l'étendue de la durée globale des séquences dans un même bloc permet aux sujets d'estimer le moment probable de la fin d'une séquence donnée. Si tel est le cas, c'est le premier signal de la séquence qui constitue le signal préparatoire. La longueur de la séquence est donc la période préparatoire utilisée par le sujet. Pour évaluer la pertinence d'une telle hypothèse, il importe d'identifier les principaux

facteurs susceptibles d'influencer la performance des sujets en TR simple et de chercher à mieux comprendre le rôle de l'information temporelle dans ce type de tâche.

CHAPITRE 2

LES INDICES TEMPORELS ET LE TEMPS DE RÉACTION SIMPLE

Dans une situation de TR simple, deux types d'information contribuent à la décision d'émettre une réponse: l'occurrence du signal d'exécution et l'information temporelle précisant le moment d'apparition de ce signal (Brebner et Welford, 1980; Kornblum, 1973). L'information temporelle joue un rôle prédominant dans le cas où le sujet doit réagir le plus rapidement possible à l'occurrence d'un stimulus. Parfois, il peut être difficile de dissocier les réponses déclenchées par l'indice temporel de celles déclenchées par le SE (Kornblum, 1973). La période préparatoire (PP), qui sépare le signal préparatoire (SP) du signal d'exécution (SE), représente un indice temporel de premier ordre et son influence sur la latence de réponse varie selon plusieurs facteurs expérimentaux (e.g., sa durée, son étendue, la régularité des présentations, la distribution des différentes valeurs présentées, son mode de présentation, le fait qu'elle soit vide ou subdivisée par des indices temporels et l'intensité du SE (Polzella, Ramsey & Bower, 1989; Niemi & Näätänen,

1981)). De plus, l'interaction entre ces différents facteurs peut influencer de façon importante la latence de réponse. La relation entre la période préparatoire et le temps de réponse est donc fort complexe et les études qui s'y intéressent sont nombreuses (voir Niemi et Näätänen, 1981 pour une revue). Une analyse détaillée du phénomène constituerait une entreprise hasardeuse et surtout périlleuse pour notre objet d'étude. Nous nous contenterons donc d'une description générale visant davantage à illustrer de quelle façon l'information temporelle affecte la réaction aux signaux significatifs.

2.1 Période préparatoire et latence de réponse

De façon générale, Niemi & Näätänen (1981) suggèrent que la relation PP-TR est principalement influencée par trois facteurs: **1**-l'incertitude concernant la durée de chaque PP, **2**-la fluctuation de la probabilité d'occurrence perçue du SE, **3**-la fatigue du sujet, notamment en situation expérimentale où les ressources attentionnelles sont davantage sollicitées. Niemi et Näätänen (1981) ajoutent qu'il faut être prudent lorsqu'on s'intéresse à la question puisque ce n'est pas toujours la PP déterminée par l'expérimentateur qui est effective. Parfois, les sujets peuvent utiliser d'autres informations contextuelles d'ordre temporel de telle sorte que la période préparatoire réelle peut différer de celle prévue par l'expérimentateur. Classiquement, on peut regrouper les études qui s'intéressent à l'effet des différentes durées de PP sur le TR en deux types selon les conditions expérimentales utilisées; les tâches pour lesquelles la PP est constante à l'intérieur d'un même bloc d'essais et les tâches où la PP varie d'un essai à l'autre. La performance des sujets diffère considérablement selon le cas, ce qui suggère que les processus impliqués sont forts différents.

Lorsque la valeur de la PP est constante pour un même bloc d'essais, on observe généralement un TR plus long avec des PP plus longues. Dans ces conditions la réponse du sujet repose en grande partie sur sa capacité d'estimer correctement le passage du temps entre le SP et le SE (Luce, 1986; Niemi et Näätänen, 1981; Brebner et Welford, 1980; Holender, 1980). L'augmentation de la longueur de la PP provoque une plus grande incertitude temporelle, liée à une estimation temporelle moins fiable, d'où l'augmentation du TR moyen (Luce, 1986).

Si les processus temporels exercent un rôle de premier plan lorsque la PP est constante, leur influence est moins directe en situation où la PP varie d'un essai à l'autre. Quand la durée de la PP varie dans un même bloc, le TR est typiquement plus long après la plus petite valeur de PP. On observe fréquemment une diminution du TR moyen en fonction de l'augmentation de la PP (Luce, 1986; Niemi et Näätänen, 1981; Brebner et Welford, 1980). Par contre, pour les mêmes valeurs de PP, les TR sont généralement plus longs qu'en condition PP constante.

Pour plusieurs auteurs, contrairement à la condition de PP constante, l'influence de la PP en condition PP variable est beaucoup moins liée à sa durée absolue qu'à sa relation avec la PP moyenne, ce qui souligne l'importance du contexte temporel dans lequel s'insère une PP donnée (Luce, 1986; Niemi et Näätänen, 1981; Brebner et Welford, 1980). Niemi & Näätänen (1981) précisent à ce sujet qu'une plus grande différence entre la PP et la PP moyenne donne un meilleur effet de préparation en fonction de l'augmentation de la durée de la PP, à condition que la distribution des valeurs de PP soit étendue. Pour une même différence de durée entre la plus courte et la plus longue PP, une PP moyenne trop longue ne provoquera pas de diminution du TR. Enfin, une très petite ou une très grande variation des durées de la PP dans un même bloc ne provoqueront pas nécessairement une diminution du TR relative à l'augmentation des PP. Par exemple, en utilisant une distribution rectangulaire des PP on observe généralement une diminution du TR en fonction de la durée des PP. Toutefois, cet effet ne peut être reproduit lorsque les PP sont longues et clairement distinctes (e.g., 10, 30, 50, 70 sec.). Selon Niemi & Näätänen (1981), ces résultats suggèrent que, dans une telle situation, le sujet traite les différentes PP de la même façon qu'il le ferait si elles étaient présentées en bloc, ce qui suggère une modification importante du contexte temporel. Bref, la PP est inévitablement intégrée dans un contexte temporel général, d'où l'importance de tenir compte du rapport PP et PP moyenne.

2.2 Incertitude temporelle et probabilité conditionnelle

Lorsque la valeur des PP varie d'un essai à l'autre, la distribution (rectangulaire, normale, asymétrie négative ou asymétrie positive) des différentes valeurs de PP à l'intérieur d'un bloc d'essais influence de façon considérable la relation entre le TR et la PP. Dans la plupart des études, les auteurs utilisent une distribution rectangulaire. Dans de telles conditions, la probabilité d'occurrence objective pour chaque durée de la PP est égale au début du bloc d'essais. En d'autres mots, chaque valeur de PP a la même probabilité d'être présentée à un essai donné, mais n'apparaît qu'un même nombre de fois dans un même bloc d'essais. Pour expliquer la diminution du TR en fonction de la longueur des PP qu'on observe avec ce type de distribution, Nickerson (1965, cité dans Polzella, Ramsey & Bower, 1989) suggère que la diminution progressive du TR avec l'augmentation des PP est liée à une augmentation de l'attente (*expectancy*). Selon lui, plus l'attente est forte, moins le TR est long. Le sujet apprend, au cours des essais, la durée de la plus courte et de la plus longue PP et il sait que chaque PP sera présentée un nombre égal de fois au cours du bloc d'essais. Ainsi, plus le temps passe après le début de l'essai, plus le sujet s'attend à l'apparition du SE. Pour Ollman et Billington, (1972), le sujet établit un critère qui coïncide approximativement à la plus longue valeur de PP rencontrée au cours de l'expérimentation. Lorsque la durée d'une PP s'approche du critère, le sujet s'attend à ce que le SE soit présenté. Selon Nickerson (1965) et Ollman et Billington (1972), l'estimation de la durée des PP permet au sujet de réagir au SE et dans une bonne proportion des essais, la réponse est générée directement par un processus d'évaluation temporelle qui permet d'anticiper l'arrivée du signal.

Polzella, Ramsey et Bower (1989) ont récemment rejeté l'interprétation basée uniquement sur un critère temporel. Les auteurs démontrent que la relation TR-PP peut être grandement modifiée en utilisant des essais-pièges (*catch-trials*), c'est à dire des essais qui ne contiennent pas de SE et lors desquels le sujet n'a aucune réponse à émettre. L'ajout d'essais-pièges provoque une variation importante de la probabilité d'occurrence du SE. Pour les auteurs, le fait que le TR covarie avec la probabilité d'occurrence du signal suggère que la préparation à répondre est davantage liée à un indice de probabilité d'occurrence du signal. L'hypothèse en faveur d'un indice de probabilité

d'occurrence pour rendre compte de la diminution de la latence des réponses en fonction de l'allongement des PP est partagée par bien des auteurs (Niemi & Näätänen, 1981; Requin et Granjon, 1969). Requin et Granjon (1969) démontrent clairement qu'en condition PP variable, après la plus petite valeur de PP, la probabilité objective des autres valeurs de PP augmente avec le passage du temps. Ainsi, la probabilité d'occurrence du SE est maximale lorsque la durée de l'essai approche la plus longue PP. Audley (cité dans Stilitz, 1972) considère la probabilité conditionnelle comme une mesure naturelle de l'espérance d'un signal et la définit comme la probabilité qu'un signal survienne à un point donné dans le temps, compte tenu qu'il n'est pas encore survenu. Selon la distribution objective des PP, le sujet apprend à utiliser l'augmentation de la probabilité conditionnelle en fonction du temps écoulé depuis le signal avertisseur pour estimer la probabilité d'occurrence du signal à un moment donné. Pour une valeur donnée de PP, la probabilité subjective du SE est tributaire de la perception du temps qui passe et de la probabilité conditionnelle du SE à un moment précis, elle-même déterminée par la distribution des PP dans le bloc d'essais. Niemi & Näätänen (1981) suggèrent que l'augmentation de la probabilité conditionnelle réduit l'effet de la variabilité accrue de l'estimation de la durée des PP, responsable de l'augmentation du TR moyen en fonction de la longueur des PP en PP-constante. Ainsi, deux facteurs semblent influencer de façon considérable la latence de réponse en condition PP variable, l'estimation temporelle des durées de la PP et la probabilité conditionnelle du SE (Requin et Granjon, 1969).

2.3 Indices temporels et probabilité conditionnelle

Pour mettre en évidence l'effet de la probabilité conditionnelle sur la latence de réponse, plusieurs auteurs suggèrent de diminuer le niveau d'incertitude temporelle, liée à l'estimation temporelle moins fiable des durées longues, en présentant des indices temporels, continus ou discrets, pendant la période préparatoire (Requin et Granjon, 1969; Stilitz, 1972; Requin Granjon, Durup et Reynard, 1973; Hendrikx, 1980). Requin et Granjon (1969) ont évalué l'effet des marqueurs temporels auditifs avec des PP (PP= 8, 12, 20, 24 et 28 secondes) distribuées de façon rectangulaire et délimitées par des signaux auditifs. Pour ce faire, il ont comparé le TR des sujets

dans une condition où les PP sont vides avec une condition dans laquelle les PP contiennent des indices sonores. Les résultats de cette étude ont clairement démontré une diminution plus marquée du TR avec l'allongement de la période préparatoire accompagnée d'une nette augmentation de la latence moyenne des réponses en condition de PP avec indices temporels par rapport à la condition de PP vide. Si on admet que l'utilisation d'indices temporels réduit effectivement l'erreur liée à l'estimation du temps qui s'écoule pendant la PP, il est permis d'associer la diminution du TR à l'augmentation de la probabilité conditionnelle du SE (Requin et al., 1973; Requin et Granjon, 1969; Luce, 1986). Pour Requin et al. (1973), l'utilisation de marqueurs réduit l'incertitude temporelle et permet du même coup une meilleure préparation en fonction de l'augmentation de la probabilité conditionnelle du SE. Par contre, le processus de réponse est complexifié par une nécessité pour le sujet de discriminer les signaux (marqueur temporel ou signal avertisseur), ce qui explique l'augmentation du TR moyen par rapport à la condition PP vide. En d'autres mots, les marqueurs temporels facilitent effectivement la construction progressive d'une représentation subjective de la probabilité conditionnelle du signal d'exécution, toutefois ils modifient de façon importante la tâche de TR simple. Pour éviter ce type de problème, Hendrikx (1980) propose d'utiliser un indice visuo-spatial continu. Pour appuyer cette proposition, Hendrikx (1980) a utilisé une condition de TR simple dans laquelle on présente un carré vert au centre d'un écran (SP). Le carré croît progressivement, puis disparaît. Les participants doivent réagir à la disparition de ce carré (SE). La PP est délimitée par l'agrandissement progressif de la figure. Dans ces conditions, Hendrikx (1980) a observé une diminution du TR en fonction de la probabilité conditionnelle d'occurrence du SE avec une distribution rectangulaire des PP, sans augmentation substantielle du TR moyen.

Bien que sommaire, ce survol des études influentes sur la préparation à réagir nous a permis de constater que la relation PP-TR est fort complexe et que les facteurs qui l'influencent peuvent parfois échapper à l'investigation. Lorsque la PP est constante dans un même bloc d'essais, l'augmentation du TR en fonction de la PP est liée à la capacité d'estimer la durée des PP (Luce, 1986). De même, certains auteurs ont tenté d'expliquer l'amélioration de la performance des sujets en fonction de la PP, couramment observée en condition variable, par un critère temporel relatif à

la plus longue PP rencontrée (Nickerson, cité dans Polzella, Ramsey & Bower, 1989; Ollman et Billington, 1972 ; Kornblum, 1973). Plusieurs auteurs ont cherché à rejeter cette interprétation en suggérant que la diminution du TR est liée à une augmentation de la probabilité d'occurrence du signal d'exécution (Requin et Granjon, 1969; Stilitz, 1972; Requin, Granjon, Durup et Reynard, 1973; Hendrikx, 1980; Niemi et Näätänen, 1981; Polzella, Ramsey & Bower, 1989). Selon cette dernière hypothèse, lors d'un essai donné, la variation de la probabilité conditionnelle avec le passage du temps permet au sujet de se préparer à répondre au SE. Quoi qu'il en soit, il importe de retenir ici le rôle permanent, plus ou moins probant selon la condition expérimentale, des processus responsables de l'estimation temporelle. L'information temporelle est directement utilisée pour prévoir le moment d'occurrence du SE ou encore, elle permet la construction progressive d'un estimé de la probabilité d'occurrence du SE à un moment précis dans le temps. Il n'en demeure pas moins que l'information temporelle permet aux sujets de se préparer à réagir. En condition PP variable, cet ajustement préparatoire permet au sujet de réagir plus rapidement au SE, d'où la diminution importante du TR avec l'augmentation de la longueur des PP. Selon Granjon et Reynard (1980) l'ajustement préparatoire est nécessaire lorsqu'il est impossible pour le sujet de garder une attention soutenue pendant une trop longue période de temps.

CHAPITRE 3

INDICE TEMPOREL GLOBAL ET TEMPS DE RÉACTION À L'ARRÊT

3.1 La durée des séquences: un indice modulateur

Nous avons vu dans le chapitre précédent que dans une tâche classique de temps de réaction simple, la période préparatoire module de façon importante la réponse des sujets. Certains auteurs suggèrent que l'estimation de la durée des PP permet directement aux sujets de répondre, alors que d'autres préfèrent s'en tenir à la construction progressive d'une probabilité subjective d'occurrence du SE qui repose sur la perception du temps. Bien qu'ils paraissent fort différents, ces modèles reposent sur une capacité des sujets à utiliser le décours temporel d'un essai donné pour se préparer à répondre.



De même, il est clair que la durée qui sépare les signaux d'une séquence est une information temporelle essentielle en TR-A (ten Hoopen, 1985; Schaefer, 1990; Rousseau et Rousseau, 1996).

À partir de cette observation, une première comparaison entre le TR simple et le TR-A, proposée au chapitre 1, suggérait que le dernier signal de la séquence représente le SP et que l'atteinte du critère décisionnel est le SE. Devant la faiblesse de cette interprétation pour rendre compte de l'effet du nombre de signaux, une hypothèse alternative a été élaborée. Selon cette dernière, le premier signal d'une séquence indique le début d'un essai et la durée totale de la séquence constitue la période préparatoire. L'atteinte du critère décisionnel, reposant sur la représentation interne du SOA, constitue le signal d'exécution. Les études sur la préparation à réagir en temps de réaction simple, rapportées dans le chapitre 2, semblent appuyer cette dernière interprétation.

Dans la plupart des études de TR-A, les valeurs de nombre de signaux choisies par les expérimentateurs ont la même probabilité d'occurrence à l'intérieur d'un même bloc (distribution rectangulaire). Dans ces conditions, le TR-A diminue en fonction de l'allongement des séquences dans un même bloc d'essais. Par exemple, en utilisant des séquences composées de 10 à 15 signaux séparés par des SOA de 1000, 625 et 250ms, Rousseau et Rousseau (1996) observent une diminution progressive du TR-A avec l'allongement des séquences. Cette diminution, de l'ordre de 50 à 75 ms, est obtenue aussi bien avec des séquences auditives que visuelles. Ces résultats sont analogues à ceux observés au TR simple avec des PP vides distribuées de façon rectangulaire (Niemi et Näätänen, 1981; Luce, 1986). Par contre, si la longueur des séquences représente une période préparatoire, un essai type au TR-A s'apparente davantage à une situation de TR simple dans laquelle on présente des marqueurs temporels pendant la PP. Les études de TR simple ont démontré que l'ajout d'indices temporels pendant la PP provoque une baisse plus marquée de la latence de réponse avec l'allongement des PP (Requin et Granjon, 1969; Requin et al., 1973). Ces résultats ont été associés à une meilleure utilisation de l'information temporelle permettant une estimation plus efficace du moment d'occurrence du SE. Les résultats obtenus en TR simple appuient donc en partie notre interprétation voulant que la longueur des séquences en TR-A soit utilisée par les sujets comme une PP. Si tel est le cas, il est possible que le sujet développe une représentation interne de l'étendue des durées des séquences qui lui permet d'estimer la probabilité

conditionnelle de la fin de la séquence. L'augmentation de la probabilité conditionnelle avec le passage du temps permettrait au sujet de réagir plus promptement lors des séquences plus longues.

Cette augmentation de l'attente du sujet à mesure que la longueur de la séquence augmente a été brièvement suggérée par ten Hoopen & Akerboom (1983) pour rendre compte de l'effet du nombre de signaux au TR-A.

En admettant que l'amélioration de la performance des sujets soit liée à une variation avec le passage du temps de la probabilité conditionnelle que la séquence se termine, il faut considérer que le processus de réponse repose sur deux traitements temporels simultanés. En effet, même si l'influence de la longueur des séquences semble omniprésente, il est impératif de tenir compte de la relation entre le TR-A et le SOA. Cette relation démontre que le sujet base sa réponse sur une représentation interne de l'intervalle qui sépare les signaux successifs (ten Hoopen, 1985; Scheafer, 1990; Rousseau et Rousseau, 1996). Nous appellerons ce critère temporel l'indice local. Par ailleurs, si l'information temporelle concernant la durée de l'essai est effectivement utilisée par les sujets, il doit y avoir construction progressive d'une représentation interne de la durée globale de la séquence. Nous appellerons ce deuxième critère l'indice global. L'indice temporel local est essentiel pour détecter la fin de la séquence, alors que l'indice temporel global permet au sujet de se préparer à répondre en situant l'événement auquel il doit réagir dans le continuum temporel. Cette hypothèse, basée sur le chronométrage simultané des durées, s'inspire de plusieurs études récentes qui ont clairement démontré que dans certaines conditions précises, il est possible pour des sujets humains et animaux d'évaluer plus d'une durée et que le chronométrage des différentes durées peut avoir lieu en parallèle (Leak et Gibbon, 1995; Fetterman et Killeen, 1995; Rousseau et Rousseau, 1996).

3.2 Limites de l'interprétation globale

Bien qu'à première vue une interprétation basée sur le chronométrage de la durée des séquences paraisse intéressante, il semble que dans l'état actuel de nos connaissances, elle ne puisse être confirmée. D'entrée de jeu, certaines objections peuvent surgir. Par exemple, si l'allongement des

séquences correspond à l'augmentation du nombre de signaux et que l'étendue de N est constant pour chaque bloc d'essais tout au long de l'expérience, n'est-il pas possible que le sujet améliore sa performance grâce à un estimé du nombre de signaux que contiennent les séquences ? Ainsi, ce serait le nombre de signaux, et non la durée des séquences, qui lui permettrait d'estimer la probabilité que la séquence se termine. Malgré sa valeur intuitive, cette explication rencontre certaines objections. D'abord, l'effet du nombre de signaux s'observe avec de très petites valeurs de SOA, de l'ordre de 50 à 100 ms, des conditions où il serait difficile de compter de façon effective. Deuxièmement, pour réduire l'efficacité d'une stratégie de comptage des signaux, certains auteurs (ten Hoopen et al., 1983; Rousseau & Rousseau, 1996) ont ajouté des valeurs de N ayant une moins forte probabilité d'occurrence à l'intérieur d'un bloc. Les TR-A obtenus lors de ces essais ne sont pas retenus pour l'analyse. Ce contrôle expérimental vise principalement à augmenter l'étendue de la durée des séquences et permet d'isoler une étendue de durées de séquences moins contaminée par une stratégie de comptage. Pourtant, ces recherches font aussi mention d'un effet de N significatif.

La grande variation de la distribution des durées de séquences constitue une autre limite importante pour l'hypothèse du chronométrage global des séquences. Étant donné que dans la plupart des études de TR-A, les séquences contiennent le même nombre de signaux peu importe la valeur du SOA, la durée moyenne des essais varie de façon importante entre les blocs. Il est donc très délicat de comparer les différents blocs d'essais puisque dans une même expérience la durée moyenne d'un essai varie de façon considérable en fonction du SOA utilisé. Par exemple, dans un bloc pour lequel le nombre moyen de signaux est de 10 et le SOA est de 200 ms, la durée moyenne des séquences est de 2 secondes, alors que dans un bloc ayant le même nombre moyen de signaux séparés par un SOA de 2000 ms, la durée moyenne des séquences est de 20 secondes. Cette grande variation de l'étendue des durées globales, observée d'une étude à l'autre et même entre les blocs d'une même expérience, rend l'interprétation difficile lorsqu'on cherche à expliquer la performance des sujets à l'aide d'un processus temporel qui permettrait une estimation de la durée moyenne des essais. Par ailleurs, cette variation est tout aussi embêtante si on cherche à expliquer nos résultats par un processus de préparation à répondre. En effet, comme le soulignent Niemi et

Näätänen (1981), le contexte temporel joue un rôle majeur dans la relation TR-PP. Il est donc essentiel, dans un premier temps, de séparer l'indice de durée globale, donc la durée de la séquence, du nombre de signaux.

L'objectif de **l'expérience 1** est de dissocier le nombre de signaux contenus dans une séquence et la durée globale de celle-ci, une dissociation qui ne semble pas avoir été évaluée auparavant. Dans cette expérience, les participants doivent compléter une tâche de TR-A dans laquelle la durée moyenne des séquences est constante entre les blocs d'essais. Par contre la valeur des SOA est variée de telle sorte que le nombre de signaux contenus dans une séquence diffère grandement d'un bloc à l'autre. En accord avec l'hypothèse basée sur l'utilisation d'un indice temporel global, l'augmentation de la durée des séquences devrait provoquer une diminution du TR-A comparable à celle obtenue lors des études antérieures en TR-A. De plus, l'effet devrait être indépendant de l'étendue des valeurs de N. De tels résultats constitueraient une première étape dans l'élaboration d'une interprétation alternative impliquant l'utilisation d'un indice temporel relatif à la durée des essais. Par ailleurs, si les sujets utilisent un indice temporel global qui fonctionne selon les principes de l'horloge interne, ils devraient pouvoir utiliser cette information temporelle pour contrôler une réponse. **L'expérience 2**, vise à appuyer cette proposition en comparant les latences de réponse dans une tâche où le sujet doit réagir à deux types de séquences: des séquences typiques de TR-A, contenant un certain nombre de signaux, et des séquences très longues, présentées comme des séquences continues. Lors d'une séquence type, le sujet doit réagir le plus rapidement possible à l'arrêt d'une séquence. Lors d'une séquence dite continue, il doit répondre aussitôt qu'il croit que la séquence ne s'arrêtera pas. Il est attendu que les participants détectent de façon efficace les séquences continues.

CHAPITRE 4

EXPÉRIENCE 1

Dans la plupart des études utilisant le TR-A, le SOA est constant pour un bloc d'essais donné et les mêmes valeurs de N sont utilisées d'un bloc à l'autre. Ainsi, la durée (D) moyenne des essais diffère considérablement entre les blocs. Il est alors difficile d'isoler la contribution relative des facteurs N et D sur la diminution du TR-A en fonction de l'augmentation de la longueur des séquences. L'expérience 1 vise principalement à dissocier N et D, en évaluant l'effet de durées moyennes constantes entre les blocs, mais séparées par des SOA variés. Les SOA utilisés sont de 250, 500 et 1000 millisecondes (ms). Pour toutes les valeurs de SOA, la séquence dure environ 11, 12, 13, 14 ou 15 secondes. Selon la valeur du SOA, le nombre de signaux varie de 44 à 60, de 24 à 30 ou de 44 à 60. Si l'effet de l'allongement des séquences est contrôlé par un indice d'ordre temporel, on devrait observer un effet équivalent pour les trois valeurs de SOA.

4.1 Méthode

Sujets

Huit sujets (3 hommes et 5 femmes) participent à l'expérience et sont rémunérés 5\$ par session. Ce sont des étudiants pré-gradués ou gradués de l'Université Laval âgés entre 20 et 24 ans (Moy.=21,38 , é.t.=1,3). Ils ont tous une vision normale ou corrigée et ne rapportent aucun problème d'audition. Les sujets sollicités reçoivent un document d'information leur décrivant l'implication d'une éventuelle participation. Tous les sujets qui acceptent de participer à l'expérience complètent un formulaire de consentement et signent une entente conjointe avant le début de l'expérimentation.

Appareillage

Les stimuli sont des signaux sonores (bips) de 800Hz et d'une durée de 20ms. Les bips sont produits par un générateur (Coulbourn Instruments) et transmis à travers un casque d'écoute. L'expérimentation est contrôlée par ordinateur grâce au programme MEL (Micro Experimental Laboratory System) qui permet de chronométrer les durées au millième de seconde près.

Conditions

Les séquences de stimuli sont isochrones c'est à dire que les bips sont présentés de façon successive et que la durée (SOA pour *Stimulus Onset Asynchrony*) qui sépare l'occurrence de chaque bip est fixe. Pour un bloc donné, le SOA est constant pour tous les essais. Trois valeurs de SOA sont utilisées; 250, 500, 1000 ms. Tout au long de l'expérience, la durée totale d'une séquence (D) varie selon le nombre de signaux (N) qu'elle contient et l'intervalle qui les sépare ($D=N*(SOA+son)$). Pour faciliter leur identification, les séquences sont désignées par le symbole SEQ, représentant une valeur en seconde approximative de leur durée réelle. Les séquences 11, 12, 13, 14 et 15 sont présentées au hasard à trois reprises dans un même bloc d'essais. Les séquences 10 et 16 sont présentées seulement 2 fois et les séquences 9 et 17 n'apparaissent qu'une seule fois. Les valeurs de N ayant une moins forte probabilité d'occurrence sont utilisées pour augmenter l'étendue de la

durée des séquences, de façon à isoler une étendue de durées de séquences moins contaminée par une stratégie de comptage. Le tableau 1 résume les conditions de l'expérience 1.

Tableau 1:

Conditions expérimentales pour l'expérience 1.

| SOA | Nombre de signaux et durée de la séquence (ms) | | | | | | | | | |
|--------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 1000 | | | | | | | | | | |
| N-bips | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | |
| D | 9180 | 10200 | 11220 | 12240 | 13260 | 14280 | 15300 | 16320 | 17340 | |
| 500 | | | | | | | | | | |
| N-bips | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | |
| D | 9360 | 10400 | 11440 | 12480 | 13520 | 14560 | 15600 | 16640 | 17680 | |
| 250 | | | | | | | | | | |
| N-bips | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | |
| D | 9720 | 10800 | 11880 | 12960 | 14040 | 15120 | 16200 | 17280 | 18360 | |
| SEQ | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | |
| NP | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | |

SOA = *Stimulus onset asynchrony*.

N-bips = Nombre de bips dans la séquence.

D = Durée totale de la séquence (ms).

NP = Nombre de présentations à l'intérieur d'un bloc d'essais.

SEQ = Identification de la séquence

Procédure

L'expérience s'effectue dans une cabine insonorisée dans laquelle on retrouve un écran d'ordinateur.

Le sujet prend place à l'intérieur de cette chambre insonorisée, confortablement assis dans une chaise face à l'écran et porte un casque d'écoute. Sa tâche consiste à réagir le plus rapidement

possible à la fin d'une séquence de signaux sonores. Il répond en appuyant sur une touche du clavier d'ordinateur placé devant lui. La consigne générale donnée au sujet est la suivante:

"Dès que vous avez l'impression que la séquence est terminée, vous devez appuyer sur la touche "0" le plus vite possible. Soyez donc très vigilant(e) et tentez de minimiser les "fausses alarmes" tout en répondant le plus vite possible."

Avant de débiter l'expérience proprement dite, le sujet se familiarise avec le contexte expérimental grâce à une courte session de démonstration d'une durée approximative de 5 minutes qui se déroule dans la cabine insonorisée. Par la suite, le sujet doit compléter 4 sessions expérimentales d'une durée approximative de 35 minutes. Chaque session comporte 6 blocs (3 SOA x 2 répétitions) de 21 essais. À chaque session, l'ordre de présentation des 6 blocs et des essais à l'intérieur de chaque bloc est déterminé de façon aléatoire. Pour chaque bloc, seules les 15 réponses (5 SEQ x 3 répétitions) aux séquences 11 à 15 sont compilées pour l'analyse. Un essai débute avec la présentation du mot "**ATTENTION!**" au centre de l'écran. Ensuite, la séquence est enclenchée automatiquement. Aussitôt que la séquence s'arrête, le sujet appuie sur la touche réponse. Un message indique au sujet s'il a répondu correctement (**O.K.**) ou s'il a répondu avant la fin de la séquence (**Fausse alarme**). Puis, une nouvelle séquence est présentée automatiquement. Le sujet enclenche lui-même le début de chaque bloc, ce qui lui permet de prendre le temps voulu pour se reposer.

4,2 Résultats

Toutes les analyses statistiques sont effectuées à l'aide du progiciel statistique SAS. Les données aberrantes sont éliminées en deux étapes (Annexe A, Tableaux 1,3). Dans un premier temps, les réponses émises avant la fin d'une séquence de signaux sont exclues de l'analyse (0,87%). Les réponses aux essais réussis sont compilées pour chaque sujet à chaque valeur de SOA et les valeurs de TR-A qui s'écartent de plus ou moins trois écarts-types de la moyenne sont exclues de l'analyse (1,6% des réponses correctes).

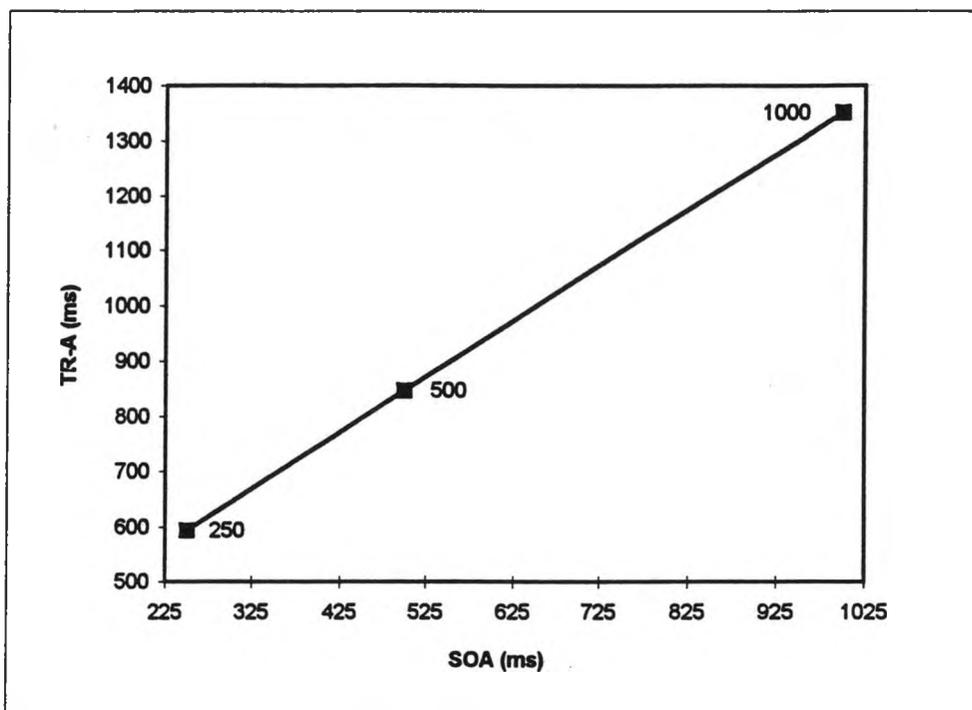


Figure 1: TR-A (ms) moyens en fonction du SOA (960 observations par points).

Les TR-A moyens sont compilés pour les 4 sessions expérimentales, et analysés selon un devis intra-sujet 3 X 5 (3 SOA X 5 SEQ). Les tableaux 1,1 et 1,2 de l'annexe A contiennent les résultats obtenus pour chaque condition expérimentale. La figure 1 présente les TR-A moyens pour tous les sujets en fonction des 3 valeurs de SOA. On remarque que le TR-A moyen augmente de façon linéaire ($r^2=1.00$) avec la valeur du SOA. La pente de la fonction est de 1,01 et l'ordonnée à l'origine est de 341,5.

La figure 2 présente le TR-A en fonction de la longueur des séquences. Pour faciliter la comparaison entre les différentes conditions, la valeur du SOA est soustraite du TR-A. On peut constater que, pour les trois valeurs de SOA, le TR-A diminue à mesure que la séquence s'allonge.

Une analyse de variance à mesures répétées est effectuée sur les 5 durées de séquence pour les trois valeurs de SOA. Pour chaque test F, un facteur d'ajustement de Greenhouse-Geisser est appliqué aux degrés de liberté ($\epsilon=e$, voir Kirk, 1982 p.261). D'abord, l'analyse démontre un effet significatif du SOA ($F(2,14)=3520,88$, $CMe=1695,69$, $p<0,0001$, $e=0,66$). Ensuite, la diminution du TR-A en fonction de SEQ est significative ($F(4,28)=6,93$, $CMe=259,02$, $p<0,003$, $e=0,69$), et ce pour toutes les valeurs de SOA puisqu'il n'y a pas d'interaction entre la durée des séquences et le SOA ($F(8,56)=0,22$, $CMe=223,96$, $p<0,87$, $e=0,36$).

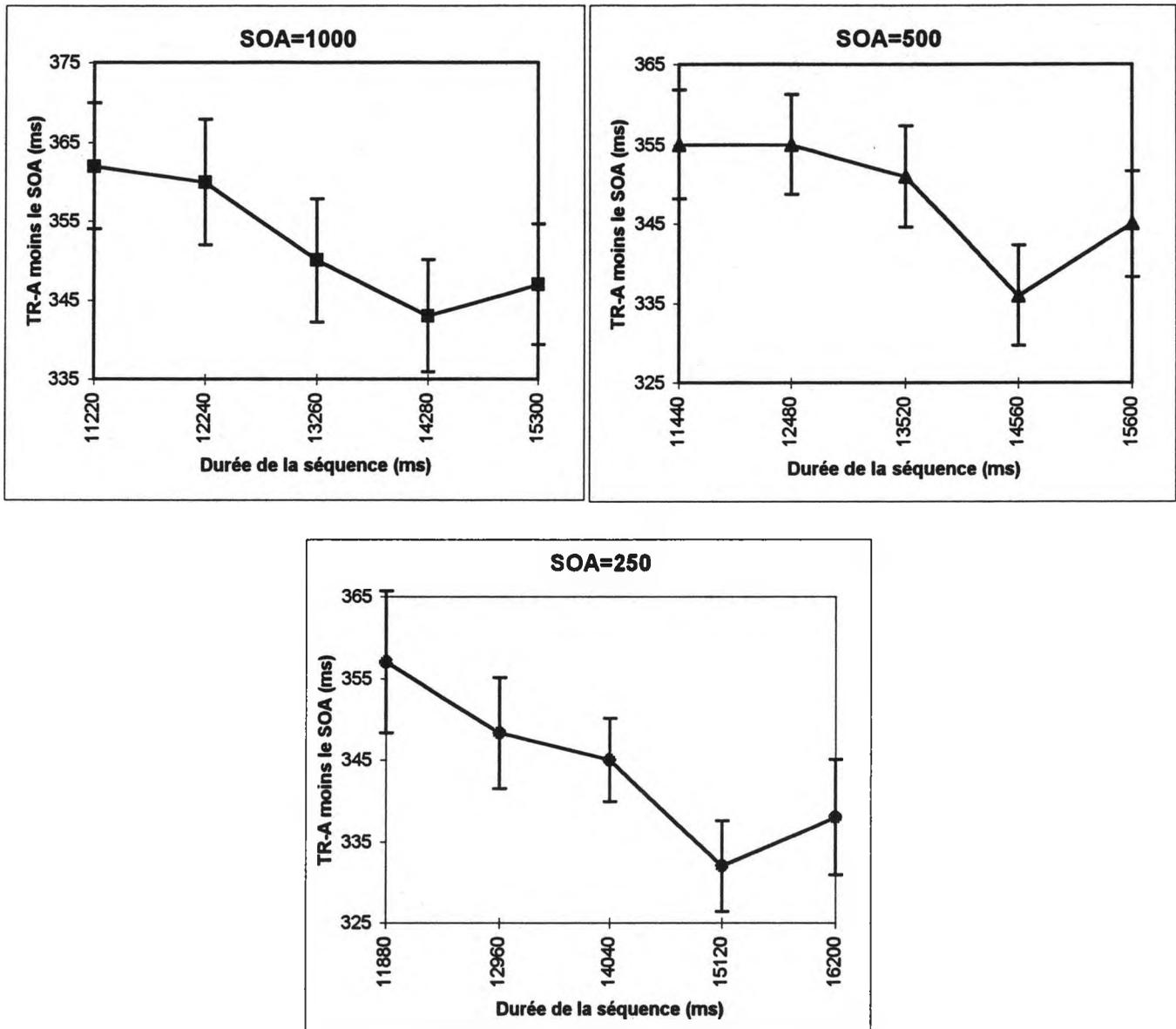


Figure 2: TR-A moyens (ms) moins le SOA en fonction de la durée des séquences (ms). Les résultats sont présentés pour les trois valeurs de SOA (1000=section supérieure gauche 500=section supérieure droite, 250=section inférieure) (192 observations par point).

4,3 Discussion

Les résultats de l'expérience 1 démontrent une augmentation du TR-A en fonction du SOA. La relation linéaire entre le SOA et le TR-A est conforme aux observations antérieures avec ce type de tâche et appuie le rôle déterminant d'une représentation interne du SOA dans le processus de réponse. Comme le suggèrent les auteurs qui ont eu recours au TR-A (Rousseau et Rousseau, 1996; Scheafer, 1990 et ten Hoopen, 1985), il est permis d'associer ces observations à la construction progressive, au fil des essais, d'une représentation interne de l'intervalle inter-stimuli.

Par ailleurs, dans un bloc où le SOA demeure constant, le TR-A accélère à mesure que la séquence s'allonge. L'absence d'interaction entre la durée des séquences et la valeur des SOA suggère que la diminution du TR-A en fonction du nombre de signaux est à peu près équivalente pour les trois valeurs de SOA. Étant donné que la durée moyenne des essais est constante pour tous les blocs et que l'étendue du nombre de signaux varie de façon importante, une interprétation parcimonieuse de ces résultats suggère que l'accélération du TR-A repose sur l'augmentation de la durée des séquences plutôt que sur l'augmentation du nombre de signaux.

Bien que l'expérience 1 ne nous permette pas de tirer une conclusion définitive quant au rôle de la durée des séquences sur le TR-A, l'allure globale des résultats semble indiquer que la distribution des différentes durées de séquence dans un même bloc d'essais exerce un effet analogue à l'effet de préparation observé en TR simple. Cette assertion implique que la longueur d'une séquence constitue d'une certaine façon une période préparatoire et qu'une représentation interne de l'étendue des différentes durées contenues dans un même bloc permet au sujet d'estimer la probabilité conditionnelle que la séquence se termine. Dans chaque bloc d'essais, les différentes séquences sont présentées de façon quasi rectangulaire puisque la plupart des séquences doivent apparaître un nombre égal de fois dans un bloc d'essais (les SEQ 10 et 16 apparaissent deux fois et les SEQ 9 et 17 apparaissent 1 fois). Dans ces conditions, la probabilité que la séquence se termine à un moment donné augmente à mesure que le temps passe après le début de la séquence.

Pour que la durée des essais permette au sujet de se préparer à réagir, il faut qu'il y ait construction, au fil des essais, d'une représentation interne de l'étendue de la durée des essais. Ainsi, deux traitements temporels, fonctionnant en parallèle, influencent la performance des sujets au TR-A. L'estimation de la durée du SOA permet de détecter l'absence de signal et un second traitement temporel, effectué sur la longueur des séquences, module d'une certaine façon la performance des sujets. L'information temporelle générée par le chronométrage global devrait être liée au même processus qui est responsable du chronométrage local. En admettant qu'il y ait effectivement construction d'un critère temporel interne, il est permis de croire que ce critère puisse aussi contrôler une réponse. L'expérience suivante vise précisément à vérifier cette proposition.

CHAPITRE 5

EXPÉRIENCE 2

L'objectif de l'expérience 2 est d'apporter un appui supplémentaire à l'interprétation reposant sur le chronométrage global pour expliquer l'effet de l'allongement des séquences en temps de réaction à l'arrêt. En admettant que l'amélioration de la performance des sujets soit liée à l'utilisation d'un critère temporel global, il est possible d'utiliser cette information temporelle pour contrôler une réponse. Cette expérience vise précisément à vérifier cette hypothèse. Pour ce faire, les sujets compléteront une tâche de temps de réaction à l'arrêt dans des conditions similaires à l'expérience précédente. Toutefois, certaines des séquences présentées seront très longues. La construction d'un critère temporel global devrait permettre au sujet de détecter de façon efficace les séquences très longues.

5.1 Méthode

Sujets

Dix sujets (4 hommes et 6 femmes) participent à l'expérience et sont rémunérés 5\$ par session. Ce sont des étudiants pré-gradués ou gradués de l'Université Laval âgés entre 20 et 33 ans (Moy.=22,4 , é.-t.=3,9). Ils ont tous une vision normale ou corrigée et ne rapportent aucun problème d'audition. Les sujets sollicités reçoivent un document d'information leur décrivant en détail l'implication d'une éventuelle participation. Tous les sujets qui acceptent de participer à l'expérience complètent un formulaire de consentement et signent une entente conjointe avant le début de l'expérimentation.

Appareillage

Les stimuli sonores et l'équipement utilisés au cours de cette expérience sont exactement les mêmes que ceux de l'expérience 1.

Conditions

Les conditions expérimentales prévalant lors de cette expérience sont essentiellement les mêmes que dans l'expérience précédente. Les séquences utilisées sont isochrones et les mêmes valeurs de SOA demeurent constantes pour chaque bloc d'essais. Comme pour l'expérience 1, la durée totale d'une séquence (D) varie selon le nombre de signaux qu'elle contient et l'intervalle qui les sépare ($D=N*(SOA+son)$). Toutefois, certaines différences importantes doivent être notées. Les essais sont regroupés en 3 blocs selon la valeur du SOA. L'ordre de présentation des blocs est déterminé aléatoirement à chaque session. Chacun des trois blocs se divise en deux sections (A et B). La section A est toujours immédiatement suivie de la section B. Dans la section A, les 5 séquences centrales de l'expérience 1, identifiées de 11 à 15, sont présentées de façon aléatoire à trois reprises. Dans la section B, 6 valeurs de SEQ sont présentées; les 5 séquences présentées dans la section A plus une séquence très longue d'une durée approximative de 32 secondes. La section B comporte 30 essais, 15 d'environ 32 secondes en plus des 15 essais de la section A. Les 30

séquences sont présentées aléatoirement pour chaque bloc d'essais. Le tableau 2 résume les conditions de l'expérience.

Tableau 2:

Conditions expérimentales pour l'expérience 2.

| SOA | Nombre de signaux et durée de la séquence (ms) | | | | | |
|--------|--|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | Sections A et B | | | | | Section B |
| 1000 | | | | | | |
| N-bips | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 32 |
| D | 11220 | 12240 | 13260 | 14280 | 15300 | 32640 |
| 500 | | | | | | |
| N-bips | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 64 |
| D | 11440 | 12480 | 13520 | 14560 | 15600 | 33280 |
| 250 | | | | | | |
| N-bips | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 128 |
| D | 11880 | 12960 | 14040 | 15120 | 16200 | 34560 |
| SEQ | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 32 |
| NP | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |

SOA = Stimulus onset asynchrony.

Nbips = Nombre de bips dans la séquence.

D = Durée totale de la séquence (ms).

NP = Nombre de présentations à l'intérieur d'un bloc d'essais.

SEQ = Identification de la séquence

Procédure

L'expérience s'effectue dans une cabine insonorisée dans laquelle on retrouve un écran d'ordinateur.

Le sujet prend place à l'intérieur de cette chambre insonorisée, confortablement assis dans une

chaise face à l'écran d'ordinateur et porte un casque d'écoute. Chaque bloc d'essais comporte deux sections: les **sections A et B**.

Dans la **section A**, la tâche du sujet consiste à réagir le plus rapidement possible à la fin d'une séquence de signaux. Un essai débute avec la présentation du mot "**ATTENTION!**" au centre de l'écran. Ensuite, la séquence est enclenchée automatiquement. Le sujet répond en appuyant sur une touche du clavier de l'ordinateur placé devant lui. La consigne générale est la suivante:

Lorsque la séquence est terminée, il faut appuyer le plus RAPIDEMENT possible sur la touche "1".

Si vous répondez correctement, le message "O.K." apparaîtra à l'écran.

Si vous appuyez sur la touche réponse avant la fin de la séquence, le message "fausse alarme" apparaîtra à l'écran.

Si vous appuyez sur la mauvaise touche, le message "mauvaise réponse" apparaîtra à l'écran.

Tentez de répondre le plus vite possible tout en évitant les "fausses alarmes" et les "mauvaises réponses".

Dans la **section B**, on présente à nouveau les séquences de bips séparées par le même SOA que dans la **section A**. Toutefois, 15 longues séquences, présentées aux participants comme des séquences continues, sont ajoutées. Un essai débute avec la présentation du mot "**ATTENTION!**" au centre de l'écran. Puis, la séquence s'enclenche automatiquement. Les consignes sont les suivantes:

Lorsque la séquence qui vous est présentée s'arrête, vous devez appuyer sur la touche "1" le plus vite possible. Lorsque la séquence qui vous est présentée est continue, il faut appuyer sur la touche "3" le plus vite possible.

Si vous répondez correctement, le message "O.K." apparaîtra à l'écran.

Si vous appuyez sur la mauvaise touche, le message "mauvaise réponse" apparaîtra à l'écran.

Tentez de répondre le plus vite possible tout en évitant les "fausses alarmes" et les "mauvaises réponses".

Une courte session de démonstration, d'une durée approximative de 5 minutes, permet au sujet de se familiariser avec le contexte expérimental. Ensuite, le sujet doit compléter 5 sessions expérimentales comportant 3 blocs de 45 essais, pour une durée approximative de 45 minutes. La section A comporte 15 essais (5 SEQ x 3 répétitions) et la section B comporte les mêmes 15 essais plus 15 essais d'environ 32 secondes. Le sujet enclenche lui-même le début de chaque bloc, ce qui lui permet de prendre le temps voulu pour se reposer.

5.2 Résultats

Toutes les analyses sont effectuées à l'aide du progiciel statistique SAS. Pour chaque sujet, deux types de réponses, présentés séparément, sont compilées pour les 5 sessions expérimentales. D'abord, les TR-A aux séquences 11 à 15 pour les **sections A et B** sont analysés séparément selon un devis intra-sujet 3 X 5 (3 SOA X 5 SEQ). Ensuite, les temps de réponse lors des séquences continues, chronométrés à partir du début des essais, sont compilés puis analysés selon un devis intra-sujet 3 X 5 (3 SOA X 5 sessions). Un participant est éliminé de l'analyse puisque ses réponses suggèrent qu'il ne s'est pas conformé correctement aux consignes de la tâche. Les réponses sont donc compilées pour 9 sujets.

Temps de réaction à l'arrêt

Au TR-A, les données marginales sont éliminées en deux étapes (Annexe B, Tableaux 2,3 et 2,4). D'abord, les fausses alarmes (**section A**, 2,47% et **section B**, 0,59%) et les mauvaises réponses (**section A**, 0,74% et **section B**, 20,89%) ne sont pas compilées pour l'analyse. Ensuite, pour chacune des trois conditions de SOA, les valeurs inférieures ou supérieures à 3 écarts-types de la moyenne sont éliminées (**section A**, 2,5% et **section B**, 2,01%).

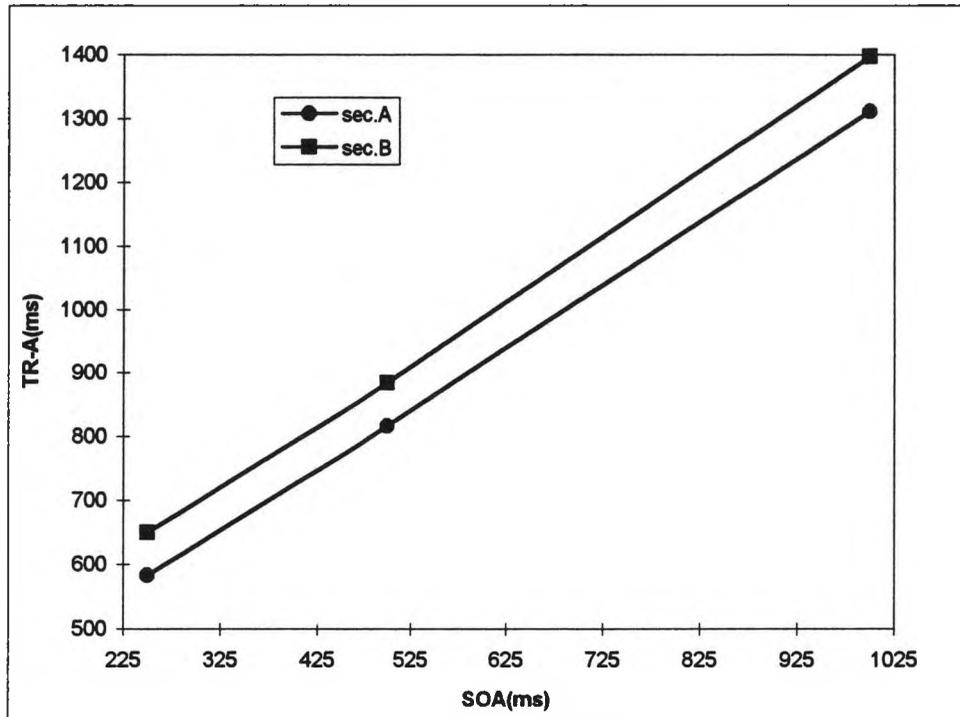


Figure 3: TR-A (ms) moyens en fonction du SOA pour les sections A (cercles) et B (carrés) (675 observations par points).

Les tableaux 2,1 et 2,2 de l'annexe B contiennent les résultats obtenus lors de l'expérience 2. Les TR-A moyens pour tous les sujets en fonction des 3 valeurs de SOA sont présentés à la figure 3. On remarque que le TR-A augmente linéairement avec la valeur du SOA pour la **section A** ($r^2=0,99$) ainsi que pour la **section B** ($r^2=0,99$). Pour la **section A**, la pente de la fonction est de 0,97 et l'ordonnée à l'origine est de 335,5. Pour la **section B**, la pente de la fonction est de 1,00 et l'ordonnée à l'origine est de 393. L'ajout des séquences continues dans le bloc d'essais provoque une augmentation de l'ordonnée à l'origine d'environ 60 ms.

Pour faciliter la comparaison des résultats aux différentes conditions de TR-A, la figure 4 présente les TR-A moyens moins le SOA en fonction de la longueur des séquences pour les **sections A** et **B**.

On remarque que dans la **section A**, le temps de réponse diminue avec l'allongement des séquences. Par contre, dans la **section B**, alors que les sujets doivent détecter les séquences continues tout en réagissant le plus vite possible aux séquences de TR-A, le temps de réponse semble rester stable malgré l'allongement des séquences. Une analyse de variance à mesures répétées est effectuée sur les 5 durées de séquence pour les trois valeurs de SOA. Pour chaque test F, les degrés de liberté sont ajustés (epsilon= ϵ) selon la méthode de Greenhouse-Geisser (voir Kirk, 1982 p.261).

D'abord en ce qui concerne les TR-A de la **section A**, l'analyse démontre un effet significatif du SOA ($F(2,16)=1231,65$, $CMe=5018,82$, $p<0,0001$, $\epsilon=0,83$). La diminution du TR-A en fonction de la longueur de la séquence est aussi significative ($F(4,32)=9,34$, $CMe=1730,55$, $p<0,006$, $\epsilon=0,37$). Malgré la baisse plus marquée du TR-A pour les séquences de 15 secondes, lorsque le SOA est de 1000ms, l'analyse ne démontre pas d'interaction significative entre la valeur du SOA et la longueur des séquences ($F(8,64)=3,04$, $CMe=1437,61$, $p<0,076$, $\epsilon=0,25$).

Dans la **section B**, l'augmentation du TR-A en fonction du SOA est significative ($F(2,16)=4207,83$, $CMe=1573,07$, $p<0,0001$, $\epsilon=0,81$). Par contre, le TR-A ne varie pas de façon systématique en fonction de la longueur de la séquence ($F(4,32)=0,69$, $CMe=1395,21$, $p<0,54$, $\epsilon=0,62$). Cette stabilité du TR-A est un facteur constant pour les trois valeurs de SOA, puisqu'il n'y

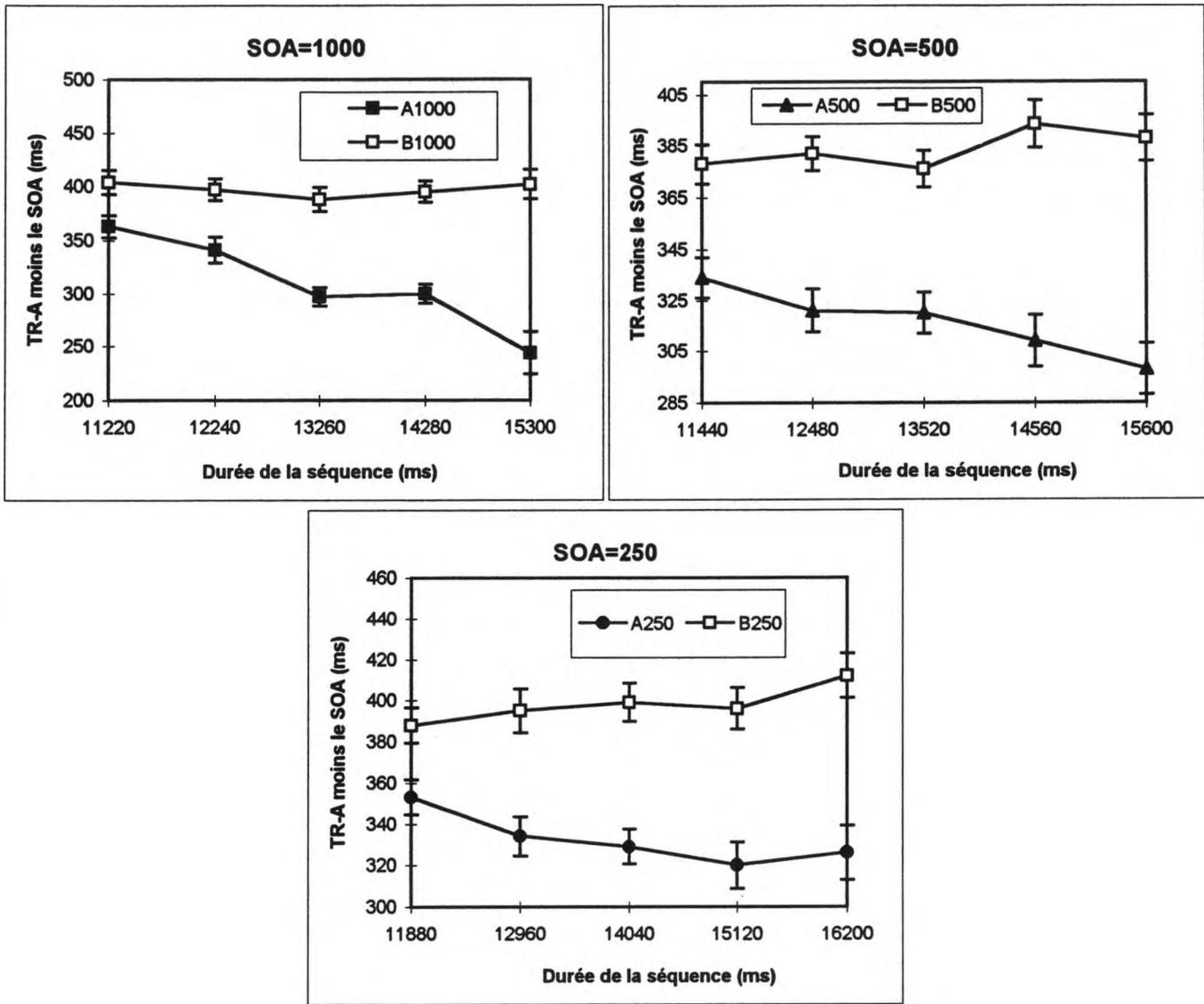


Figure 4: TR-A moyens (ms) moins le SOA en fonction de la durée des séquences (ms) pour la section A (1000=carrés, 500=triangles, 250=cercles) et pour la section B (carrés vides). Les résultats sont présentés pour les trois valeurs de SOA (1000=section supérieure gauche, 500=section supérieure droite, 250=section inférieure) (135 observations par points).

a pas d'interaction entre le SOA et la longueur de la séquence ($F(8,64)=0,55$, $CMe=1064,76$, $p<0,67$, $e=0,41$).

Détection des séquences continues

Lors des séquences continues, le temps de réponse est chronométré depuis le début de l'essai jusqu'à ce que le sujet appuie sur la touche réponse. D'abord, les mauvaises réponses (i.e., lorsque le sujet appuie sur la mauvaise touche) sont éliminées (2,0%) (Annexe B, tableau 2,7). Ensuite, les réponses sont compilées pour tous les sujets à chaque session et analysées selon un devis intra-sujet.

Les tableaux 2,5 et 2,6 de l'annexe B présentent les réponses obtenues aux séquences continues. Les distributions des fréquences de réponses des 9 sujets pour les trois valeurs de SOA, compilées lors des 5 sessions expérimentales, sont présentées à la figure 5. Les nombres en abscisse correspondent à la valeur centrale d'une classe de données (e.g., la classe 9 inclut toutes les réponses émises avant 9500ms alors que la classe 10 inclut toutes les réponses émises entre 9500 et 10500ms). On remarque que, lors d'une séquence continue, les sujets répondent en moyenne 16929ms après le début de l'essai lorsque le SOA est de 1000ms, 16687ms lorsque le SOA est de 500ms et 16875ms lorsque le SOA est de 250ms. Les résultats semblent relativement stables dès la première session expérimentale, comme le suggère la figure 6.

Les analyses effectuées sur les latences moyennes de réponse pour chacune des 5 sessions expérimentales démontrent une forte stabilité pour les trois valeurs de SOA ($F(2,16)=0,13$, $CMe=3363286,99$, $p<0,85$, $e=0,87$) et ce, dès la première session expérimentale, puisqu'il n'y a pas d'effet de session ($F(4,32)=0,91$, $3300009,02$, $p<0,42$, $e=0,50$).

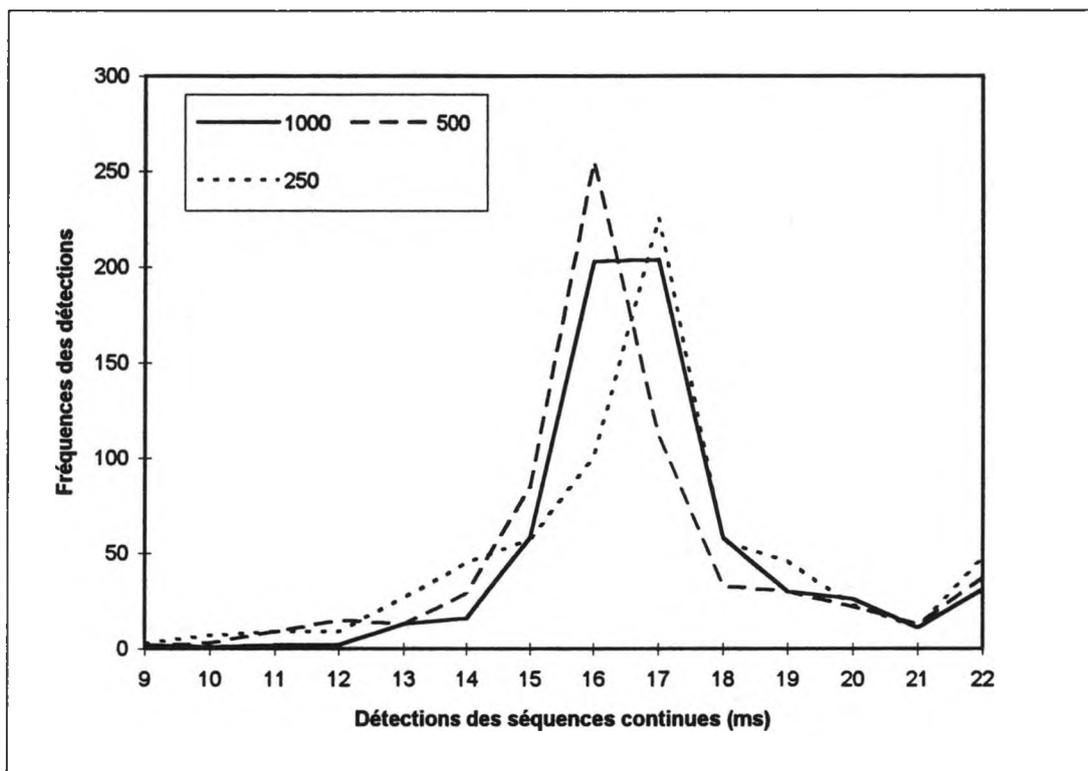


Figure 5: Distributions des fréquences de réponses lors des séquences très longues de la section B (SEQ=32). Chaque courbe représente 675 observations.

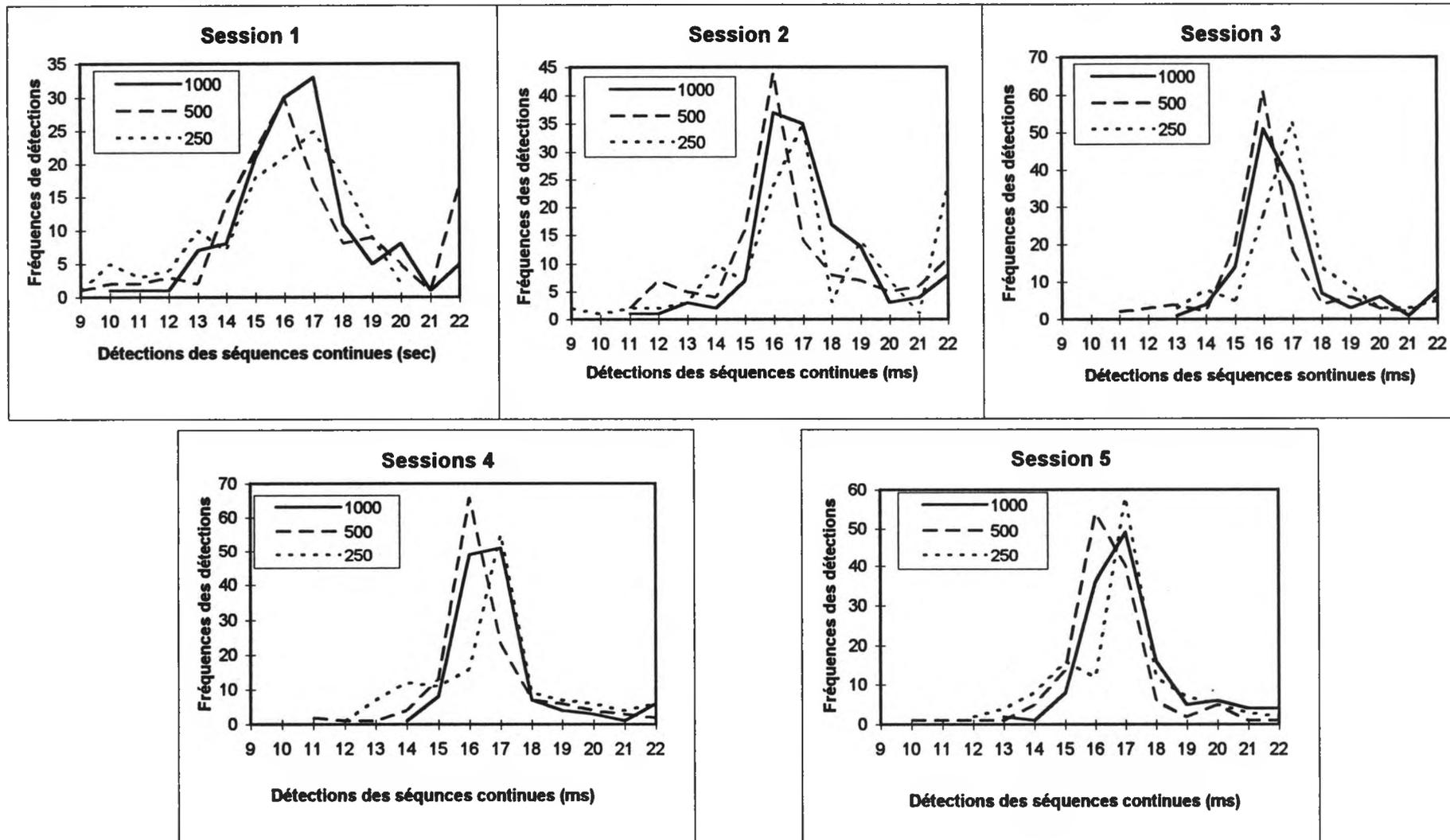


Figure 6: Distribution des fréquences de réponses lors des séquences très longues de la section B (SEQ=32) pour chacune des 5 sessions expérimentales. Chaque courbe représente 135 observations.

5.3 Discussion

La discrimination efficace des séquences continues, parmi les séquences de TR-A, constitue un appui considérable à l'interprétation globale. Ces résultats suggèrent que les sujets peuvent détecter de façon effective les séquences continues et celles de TR-A. Après 16 secondes environ, les sujets “ savent ” qu'ils sont en présence d'une séquence qui ne s'arrêtera pas.

Étant donné les différences importantes entre les conditions expérimentales, les résultats doivent être interprétés différemment lorsqu'il y a (section B) ou non (section A) des séquences continues. La section A constitue une condition identique à celle de l'expérience 1, à l'exception du fait que cette fois-ci la distribution des séquences à l'intérieur des blocs d'essais est strictement rectangulaire. Pour cette condition, les résultats démontrent que les sujets se comportent normalement à la tâche de TR-A. En effet, comme pour l'expérience précédente, on observe une relation linéaire presque parfaite entre le TR-A moyen et la valeur du SOA. De plus, le TR-A diminue progressivement à mesure que la durée des séquences s'allonge. Étant donné que la durée moyenne des essais est la même que pour l'expérience 1, la section A constitue une condition contrôle avec ce nouveau groupe de sujet qui permet une fois de plus de mettre en évidence le rôle d'une représentation interne de l'intervalle entre les bips ainsi qu'une utilisation efficace de la longueur moyenne des essais dans un même bloc.

Dans la section B, les participants doivent réagir le plus rapidement possible à l'arrêt d'une séquence ou détecter une séquence continue. Dans ces conditions, la latence de réponse à l'arrêt des séquences est légèrement plus élevée que dans la section A. Le temps de réponse est d'environ 60 ms plus lent pour la section B avec les trois valeurs de SOA. Par contre, l'augmentation linéaire en fonction du SOA est similaire à la condition contrôle affichant une pente de 1. On peut attribuer l'augmentation de la latence moyenne de réponse par l'ajout d'une touche de réponse. En effet, lors de la section B, le sujet se retrouve devant une tâche ressemblant beaucoup au temps de réaction au choix. Dans cette situation, le sujet doit, en plus de réagir le plus rapidement possible à la fin d'une séquence, choisir la clé de réponse appropriée au type de séquence qui lui est présentée.

Malgré la saine apparence de ces résultats, un phénomène demeure quelque peu énigmatique. À l'intérieur d'un même bloc d'essais, le temps de réponse demeure relativement stable peu importe la longueur des séquences. Il n'y a donc aucun effet de préparation apparent. Il est délicat d'associer cette stabilité uniquement à l'ajout d'un choix de réponse puisque l'incertitude temporelle peut moduler la performance des sujets en TR au choix comme en TR simple. Plusieurs études ont démontré que l'incertitude temporelle influence la préparation à réagir en TR au choix comme en TR simple, et ce même si les participants n'ont aucune indication concernant la nature du signal auquel ils devront réagir (Boons et Bertelson, 1961; Bertelson, 1967). Par ailleurs, il est possible que l'absence de préparation temporelle dans la condition B soit liée à l'interférence d'un nouveau facteur d'incertitude lié au type de séquence. Dans la section B, 50% des séquences sont continues et 50% sont des séquences de TR-A. Le nouveau facteur d'incertitude est lié à la modification de la probabilité d'occurrence du signal attendu par le sujet. Plus précisément, le sujet s'attend à une séquence de TR-A en début d'essai. Comme pour la section A, plus le temps passe, plus il s'attend à ce que la séquence se termine. Par contre, avec l'augmentation de la probabilité conditionnelle que la séquence se termine, la probabilité que la séquence soit une séquence continue augmente aussi. Ainsi, le niveau d'incertitude liée au type d'événement est maximal en fin de séquences.

En temps de réaction simple, Polzella, Ramsey et Bower (1989) ont observé une modification similaire dans le processus de préparation en utilisant des essais-pièges (*catch-trials*). Dans leur expérience, un essai-piège est un essai qui ne contient pas de signal d'exécution (SE). Les auteurs ont clairement démontré que l'ajout d'essais-pièges, en condition PP variable, provoque une augmentation du TR lors des PP plus longues. Selon les auteurs, cette modification de la préparation serait liée à une augmentation de l'incertitude quant à au type de stimulus présenté. Comme les séquences sont distribuées de façon rectangulaire, plus le temps passe après le début d'un essai donné, plus la probabilité d'occurrence du signal d'exécution augmente. Par contre, avec l'augmentation de la probabilité d'occurrence du signal d'exécution, la probabilité qu'il n'y ait pas de SE augmente aussi. Ainsi, la diminution de l'incertitude temporelle normalement observée avec l'allongement des PP cède la place à une forte augmentation de l'incertitude liée au type de stimulus.

Il est possible que dans la section B de notre expérience, l'ajout d'un facteur d'incertitude modifie de façon trop importante le processus de réponse pour nous permette d'appuyer notre interprétation théorique de l'effet de l'allongement des séquences en TR-A. Par contre, les résultats démontrent que, tout en répondant correctement aux séquences de TR-A, les sujets peuvent discriminer les séquences continues. Malgré les limites de la méthode utilisée, il n'est pas exclu que cette discrimination repose sur un critère temporel global relatif à la durée objective des séquences.

DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION

L'objectif de la présente étude est de mieux comprendre la diminution du TR-A en fonction du nombre de signaux contenus dans une séquence, un phénomène expérimental fréquemment observé en TR-A mais trop souvent négligé par les auteurs. Les études classiques sur la préparation à répondre en temps de réaction simple ont permis l'élaboration sommaire d'une interprétation selon laquelle la diminution du TR-A avec l'allongement des séquences repose essentiellement sur l'utilisation d'un indice temporel global relatif à la durée des essais dans un même bloc. Cette hypothèse suggère que, dans une tâche de TR-A, les participants utilisent un indice temporel supplémentaire, en plus d'une représentation interne de l'intervalle (SOA) entre les bips, pour réagir le plus rapidement possible à la fin d'une séquence. Au cours d'un bloc d'essais, le sujet fixe un critère temporel global. Lorsque la durée de la séquence est supérieure à ce critère global interne, le sujet s'attend à ce que la séquence se termine et se prépare à répondre. Le processus préparatoire est responsable de la diminution du TR-A en fonction de l'allongement des séquences dans un même bloc d'essais.

L'expérience 1 appuie l'utilisation de l'information temporelle, relative à la durée des essais, dans le processus de réponse au TR-A. Les résultats démontrent que la diminution de la latence de réponse peut être associée à l'allongement des séquences plutôt qu'à l'augmentation du nombre de stimuli. Si tel est le cas, l'amélioration de la performance des sujets pourrait être associée à la construction progressive d'un critère temporel interne représentant la durée moyenne des essais.

L'expérience 2 vise à tester cette hypothèse. Pour ce faire, les sujets complètent une tâche de TR-A comportant des séquences très longues. Les séquences très longues sont présentées comme des séquences continues que le sujet doit interrompre de lui-même. La tâche du participant consiste à réagir le plus rapidement possible à l'arrêt d'une séquence et à détecter les séquences très longues. L'absence de l'effet de préparation dans ces conditions appuie indirectement l'hypothèse en faveur d'un indice temporel global.

Les résultats de l'expérience 2 semblent valider l'hypothèse d'un indice temporel global. Toutefois, il apparaît que l'ajout des séquences continues modifie de façon importante le processus de réponse sollicité lors de l'arrêt des séquences. En effet, dans ces conditions, le TR-A ne diminue pas avec l'allongement des séquences. La stabilité du TR-A peut s'expliquer par l'ajout d'un facteur d'incertitude car si la probabilité que la séquence se termine augmente avec le passage du temps, la probabilité que la séquence soit continue augmente aussi. Bref, à mesure que l'incertitude temporelle diminue, l'incertitude concernant le type de séquence augmente. Ces résultats soulignent l'importance d'un indice de probabilité dans le processus de réponse, ce qui suggère que les participants n'utilisent pas directement l'information temporelle globale. Il est plus probable que ce soit un indice de probabilité subjective qui permette au sujet d'accélérer sa réponse. Le chronométrage global serait utilisé pour estimer la probabilité conditionnelle que la séquence se termine.

En accord avec les modèles connus sur l'estimation de la durée (Church, 1984; Allan, 1992), on peut supposer que l'information temporelle globale, négligée par les modèles de TR-A, fonctionne sous le contrôle de l'horloge interne. Ainsi, de la même façon qu'il utilise une représentation interne de la durée physique du SOA, le sujet intériorise une représentation de la durée globale d'un essai en fonction de la durée des différentes séquences rencontrées. Chaque valeur de durée est représentée par une variable aléatoire normalement distribuée dont la moyenne est un estimé de la durée réelle. Cette interprétation alternative s'inspire de plusieurs études récentes qui ont clairement démontré que dans certaines conditions précises, il est possible pour des sujets humains

et animaux de chronométrer simultanément plusieurs durées (voir Leak et Gibbon, 1995; Fetterman et Killeen, 1995; Rousseau et Rousseau, 1996).

Enfin, comment consolider cette nouvelle interprétation avec les modèles théoriques de TR-A qui reposent essentiellement sur une représentation interne de l'intervalle entre les signaux successifs ? Il est bien évident que le processus de réponse repose en majeure partie sur une représentation interne du SOA, indépendamment de la longueur des essais. Il est plus probable que la préparation à répondre, en admettant qu'il s'agisse réellement d'un processus préparatoire, influence précisément le temps d'initiation de la réponse. Devant l'absence d'interaction entre la durée des séquences et la valeur du SOA, on peut considérer que l'effet de la durée agit sur une composante non-temporelle (Rousseau et Rousseau, 1996). Ainsi, selon les modèles de TR-A proposé par Rousseau et Rousseau (1996), l'indice temporel global agit probablement sur le critère décisionnel.

Selon Rousseau et Rousseau (1996), comme la représentation interne de la durée de l'intervalle est une variable aléatoire normalement distribuée, on peut considérer que le critère de réponse est statistique et l'exprimer en écarts-types de la distribution. Le sujet émet une réponse lorsque la durée perçue est supérieure à la représentation interne de la durée du SOA plus un certain nombre d'écarts-types. Lors d'un essai donné, on peut supposer que le nombre d'écarts-types nécessaire pour l'obtention du critère soit lié à un estimé de la durée globale de la séquence. L'effet du chronométrage global pourrait se traduire par un déplacement du critère faisant en sorte qu'une valeur de durée interne (locale) plus faible serait acceptée comme indiquant la fin d'une séquence. Ce critère moins conservateur permettrait une réponse plus rapide. Cependant, une telle modification du critère aurait pour effet d'augmenter la probabilité de fausses alarmes en fonction de la durée. Or, le taux de fausses alarmes est très faible et n'appuie pas ce genre de conclusion.

Une autre hypothèse possible consiste à associer l'effet de la longueur des séquences à une augmentation de l'activation physiologique à mesure que la probabilité conditionnelle que la séquence se termine augmente. Il est bien connu en effet que les processus préparatoires provoquent certaines modifications physiologiques. Par exemple, la diminution progressive du

rythme cardiaque jusqu'à l'occurrence du signal d'exécution est normalement considérée comme un indice de préparation (van der Molen, Boomsma, Jennings et Nieuwboer, 1989). Comme le soulignent van der Molen et ses collaborateurs (1989), il a été démontré que dans une tâche où la période préparatoire est constante (6 ou 12 secondes), la décélération du rythme cardiaque est maximale à un moment très près de l'occurrence du stimulus. Avec des périodes préparatoires variables, la diminution est maximale à la valeur moyenne des PP (9 sec.) et reste stable jusqu'à l'occurrence du signal d'exécution. Or, il est aussi bien connu que l'activation physiologique provoque des variations dans le taux d'émission de l'horloge interne (Church, 1984). Par exemple, Church (1984) suggère que les variations de performance observées chez le rat, lorsqu'on le place en situation de stress, peuvent être interprétées comme une modification de la vitesse de l'émetteur de l'horloge interne. De la même façon, on peut supposer que l'attente du signal d'exécution, qui correspond à la fin d'une séquence en TR-A, provoque une certaine forme d'activation physiologique ayant comme effet d'augmenter la fréquence d'émission d'impulsions. Ainsi, en temps réel, l'atteinte du critère temporel se ferait plus rapidement.

En conclusion, il est évident que les expériences rapportées dans cette étude ne nous permettent pas d'expliquer parfaitement les mécanismes de réponse mis en branle lors d'une tâche de temps de réaction à l'arrêt. Toutefois, il semble évident que le décours temporel des essais permet aux participants de se préparer à répondre. Cette préparation se traduit par l'amélioration progressive de la performance des sujets à mesure que la fin de la séquence est prévisible. Étant donné l'étroite relation entre la durée objective d'une séquence et la probabilité qu'elle se termine, il est extrêmement difficile de répartir le rôle de l'information temporelle et probabiliste dans le processus de réponse. Il est possible que l'information temporelle soit nécessaire à l'élaboration d'un estimé de la probabilité conditionnelle que la séquence se termine.

Quoiqu'il en soit, cette étude démontre clairement que les modèles de TR-A reposant essentiellement sur la représentation interne du SOA doivent être remaniés pour respecter davantage la complexité des processus cognitifs et perceptuels impliqués dans ce type de tâche. Un modèle plus fidèle doit tenir compte de la capacité des participants à ajuster leur réponse en

fonction du contexte temporel. Le rôle omniprésent de l'information temporelle dans ce type de situation expérimentale rejoint à bien des égards certaines propositions récentes soulignant l'importance de la structure temporelle des événements dans les processus attentionnels (Jones et Boltz, 1989). Par exemple, certains auteurs prétendent que l'incertitude temporelle et la structure rythmique des événements influencent l'allocation attentionnelle dans des tâches d'attention sélective ou de jugement de durée d'événements musicaux (Jones et Yee, 1993), ou encore dans une tâche de classification de stimuli visuels (Jones et Skelly, 1993). On peut aisément faire le rapprochement entre ces récentes observations et les propositions émises au milieu du siècle par les psychologues intéressés à la période préparatoire, à savoir que le contexte temporel permet aux sujets de se préparer à un événement, bref à mieux s'adapter aux conditions expérimentales. Dans la vie de tous les jours, une telle capacité d'adaptation est une condition essentielle pour qu'un individu puisse s'ajuster à un environnement constamment dynamique, tant sur le plan spatial que temporel.

RÉFÉRENCES

- Akerboom, S., & ten Hoopen, G. (1983). The effect of a contralateral drone on the perceptual onset asynchrony of interaural tone sequences. Perception & Psychophysics, 33 (6), 571-574.
- Akerboom, S., ten Hoopen, G., Olierook, P., & van der Schaaf, T. (1983). Auditory Spatial Alternation Transforms Auditory Time. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9 (6), 882-897.
- Akerboom, S., ten Hoopen, G., & van der Knoop, A. (1985). Does the octave illusion evoke the interaural tempo illusion. Perception & Psychophysics, 38 (3), 281-285.
- Allan, L. G. (1992). The Internal Clock Revisited. In F. Macar, V. Pouthas, W.J. Friedman (Eds.) Time, Action et Cognition: Towards Bridging the Gap. (pp. 191-202) Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Bertelson, P. (1967). Time Course of Preparation. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 19(3), 272-279.
- Boons, J.-P. & Bertelson, P. (1961). L'influence de l'incertitude temporelle sur le temps de réaction de choix. L'année psychologique, 61, 362-376.
- Brebner, J. M. T. & Welford, A. T. (1980). Introduction: An Historical Background Sketch. In A. T. Welford (Ed.). Reaction Times. (pp. 1-23) New York: New York Academic Press.
- Church, R. M. (1984). Properties of the Internal Clock. In J. Gibbon et L. Allan (Eds.), Timing and Time Perception. (Annals of the New York Academy of Sciences: Vol. 423, pp.566-582). New York: New York Academy of Sciences.
- Fetterman, G. & Killeen, P. R. (1995). Categorical Scaling of Time: Implications for Clock-Counter Models. Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 21 (1), 43-63.
- Granjon, M. & Reynard, G. (1980). Caractéristiques et évolution des stratégies préparatoires développées dans des tâches de temps de réaction. In J. Requin (Ed.), Anticipation et comportement. (pp. 65-73) Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.

Hendrikx, P. (1980). Reaction time in function of foreperiod duration and conditional probability of signal occurrence in the presence of a continuous time cue. In J. Requin (Ed.), Anticipation et comportement. (pp. 75-84) Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.

Holender, D. (1980). Le concept de préparation à réagir dans le traitement de l'information. In J. Requin (Ed.), Anticipation et comportement. (pp. 29-64) Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.

Jones, R. M. & Boltz, M. (1989). Dynamic Attending and Responses to Time. Psychological Review. 96(3), 459-491.

Jones, R. M. & Skelly, J. J. (1993). The Role of Event Time in Attending. Time & Society. 2(1), 107-128.

Jones, R. M. & Yee, W. (1993). Attending to Auditory events: the role of temporal organization. In S. McAdams & E. Bigand (Eds.), Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Human Audition. (pp. 69-112) Oxford Science Publisher.

Kirk, R. E. (1982). Experimental design: Procedures for the behavioral sciences. (2nd. ed.). Belmont:Brooks/Coles.

Kornblum, S. (1973). Simple reaction time as a race between signal detection and time estimation: A paradigm and Model. Perception & Psychophysics, 13, 108-112.

Leak, M. T. & Gibbon, J. Simultaneous Timing of Multiple Intervals: Implications of the Scalar Property. Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes. 21(1), 3-19.

Le Ny, J.-F. (1991). Grand dictionnaire de la psychologie. H. Bloch, R. Chemama, A. Gallo, P. Leconte, J.-F. Le Ny, J. Postel, S. Moscovici, M. Reuchlin, E. Vurpillot (Eds.). Paris:Larousse.

Luce, R. D. (1986). Response Times: Their role in inferring elementary mental organization. New York: Oxford University Press.

Niemi, P. & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and Simple Reaction Time. Psychological Bulletin, 89 (1), 133-162.

Ollman, R. T., & Billington, M. J. (1972). The Deadline Model for Simple Reaction Times. Cognitive Psychology, 3, 311-336.

Polzella, D. J., Ramsey, E. G., & Bower, S. M. (1989). The effects of brief variable foreperiods on simple reaction time. Bulletin of the Psychonomic Society, 27 (5), 467-469.

Rousseau, L. & Rousseau, R. (1994) Stop-Reaction Time and the Internal Clock. Cahiers de recherche de l'école de psychologie, 1994-148.

Rousseau, L. & Rousseau, R. (1996). Stop-Reaction Time and the Internal Clock. Perception & Psychophysics, 58 (3), 434-448.

Requin, J. & Granjon, M. (1969). The effect of conditional probability of the response signal on the simple reaction time. Acta Psychologica, 31, 129-144.

Requin, J., Granjon, M., Durup, H., & Reynard, G. (1973) Effects of a timing signal on simple reaction time with a rectangular distribution of foreperiods. Journal of experimental psychology, 25, 344-353.

Schaefer, F. (1990). The Effect of System Response Times on Temporal Predictability of Work Flow in Human-Computer Interaction. Human Performance, 3(3), 173-186.

Stilz, I. (1972). Conditional probability and components of RT in the variable foreperiod experiment. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 24, 159-168

ten Hoopen, G. (1985). The Detection of Anisochrony in Monaural and Interaural Sequences. In J. A. Michon & J. L. Jackson (Eds.), Time, Mind, and Behavior (pp. 140-150). Berlin: Springer-Verlag.

ten Hoopen, G., & Akerboom, S. (1983). The subjective tempo difference between interaural and monaural sequences as a function of sequence length. Perception & Psychophysics, 34 (5), 465-469.

ten Hoopen, G., Boelaarts, L., Gruisen, A., Apon, I., Donders, K., Mul, N., & Akerboom, S. (1994). The detection of anisochrony in monaural and interaural sound sequences. Perception & Psychophysics, 56 (1), 110-120.

ten Hoopen, G., Vos, J., & Dispa, J. (1982). Interaural and Monaural Clicks and Clocks: Tempo Difference Versus Attention Switching. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8 (3), 422-434.

van der Molen, M. W., Boomsma, D. I., Jennings, J. R. & Nieboer, R. T. (1989). Does the Heart Know What the Eye Sees? A Cardiac/Pupillometric Analysis of Motor Preparation and Response Execution. Psychophysiology, 26 (1), 70-80.

ANNEXE A

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE 1

Tableau 1,1 : Temps de réponse moyens pour chaque condition expérimentale lors de l'expérience 1 (SEQ= 11 à 15, SOA=250,500,1000).

| TR-A moyen pour chaque valeur de SOA. (960 obs./cell.) | | | |
|---|------------|------------|-------------|
| | 250 | 500 | 1000 |
| | 593 | 848 | 1352 |

| TR-A moyens et durée totale de la séquence (D(ms)) en fonction de SEQ pour chaque valeur de SOA. (192 obs./cell.) | TR-A moyens moins le SOA en fonction de SEQ. (192 obs./cell.) |
|--|--|
| SEQ | 1000 500 250 |
| 11 | 1362 855 607 |
| D | 11220 11440 11880 |
| 12 | 1360 855 596 |
| D | 12240 12480 12960 |
| 13 | 1350 851 595 |
| D | 13260 13520 14040 |
| 14 | 1343 836 582 |
| D | 14280 14560 15120 |
| 15 | 1347 845 588 |
| D | 15300 15600 16200 |
| Moy: | 1352 848 594 |

Tableau 1,2 : TR-A moyens pour chacun des 8 sujets (S) à chaque condition expérimentale lors de l'expérience 1
 (B1: SOA=1000, B2: SOA=500, B3: SOA=250 et S1 à S5 = SEQ 11 à SEQ 15) (24 obs./cell).

| S | B1S1 | B1S2 | B1S3 | B1S4 | B1S5 | B2S1 | B2S2 | B2S3 | B2S4 | B2S5 | B3S1 | B3S2 | B3S3 | B3S4 | B3S5 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 1316 | 1330 | 1323 | 1308 | 1321 | 777 | 796 | 785 | 755 | 795 | 526 | 523 | 535 | 527 | 539 |
| 2 | 1345 | 1331 | 1309 | 1317 | 1331 | 845 | 856 | 855 | 824 | 829 | 600 | 579 | 601 | 568 | 556 |
| 3 | 1332 | 1336 | 1351 | 1335 | 1322 | 869 | 858 | 859 | 867 | 856 | 615 | 598 | 589 | 571 | 605 |
| 4 | 1325 | 1313 | 1295 | 1323 | 1333 | 833 | 834 | 834 | 827 | 818 | 599 | 611 | 608 | 591 | 570 |
| 5 | 1281 | 1272 | 1294 | 1246 | 1258 | 773 | 770 | 764 | 762 | 749 | 500 | 520 | 513 | 516 | 487 |
| 6 | 1363 | 1385 | 1357 | 1364 | 1364 | 904 | 891 | 879 | 856 | 872 | 709 | 627 | 614 | 620 | 665 |
| 7 | 1468 | 1466 | 1446 | 1429 | 1459 | 900 | 921 | 905 | 880 | 911 | 644 | 675 | 645 | 631 | 640 |
| 8 | 1461 | 1445 | 1440 | 1417 | 1390 | 946 | 911 | 921 | 906 | 926 | 669 | 634 | 649 | 629 | 640 |

Tableau 1,3 : Nombre d'essais (réussis ou erronés) et pourcentages d'observations éliminées pour chaque valeur de SOA lors de l'expérience 1.

| SOA | 1000 | 500 | 250 | Total |
|-----------------------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| Nombre d'essais | 960 | 960 | 960 | 2880 |
| Anticipations (%) | 6 (0,6%) | 14 (1,5%) | 5 (0,5%) | 25 (0,87%) |
| Corrects | 954 | 946 | 955 | 2855 |
| +/- 3 é.-t. (%/Corrects) | 15 1,6% | 18 1,9% | 13 1,4% | 46 1,6% |
| Nombre d'essais retenus | 939 | 928 | 942 | 2809 |

ANNEXE B

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE 2

Tableau 2,1 : Temps de réponse moyens pour chaque condition expérimentale lors de l'expérience 2 (SEQ= 11 à 15, SOA=250,500,1000).

TR-A moyen pour chaque valeur de SOA. (675 obs./cell.)

| | Sections | |
|-------------|----------|------|
| | A | B |
| 250 | 583 | 650 |
| 500 | 817 | 884 |
| 1000 | 1311 | 1397 |

TR-A moyens et durée totale de la séquence (D(ms)) en fonction de SEQ pour chaque valeur de SOA dans la section A et B. (135 obs./cell.)

| SEQ | A250 | B250 | D | A500 | B500 | D | A1000 | B1000 | D |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 11 | 603 | 638 | 11880 | 834 | 878 | 11440 | 1363 | 1404 | 11220 |
| 12 | 584 | 645 | 12960 | 821 | 882 | 12480 | 1341 | 1397 | 12240 |
| 13 | 579 | 649 | 14040 | 820 | 876 | 13520 | 1297 | 1388 | 13260 |
| 14 | 570 | 646 | 15120 | 809 | 899 | 14560 | 1300 | 1395 | 14280 |
| 15 | 576 | 685 | 16200 | 798 | 888 | 15600 | 1244 | 1402 | 15300 |
| Moy: | 582.4 | 652.6 | | 816.4 | 884.6 | | 1309 | 1397.2 | |

TR-A moyens moins le SOA en fonction de SEQ pour chaque valeur de SOA dans la section A et B. (135 obs. cell.)

| | A250 | B250 | A500 | B500 | A1000 | B1000 |
|-----------|------|------|------|------|-------|-------|
| 11 | 353 | 388 | 334 | 378 | 363 | 404 |
| 12 | 334 | 395 | 321 | 382 | 341 | 397 |
| 13 | 329 | 399 | 320 | 376 | 297 | 388 |
| 14 | 320 | 396 | 309 | 399 | 300 | 395 |
| 15 | 326 | 435 | 298 | 388 | 244 | 402 |

Tableau 2.2: Temps de réponse moyens pour chacun des 9 sujets (S) à chaque condition expérimentale lors de l'expérience 2 (B=soa et S=séquence) pour les blocs avec (b) et sans (a) séquences continues (15 obs./cell.).

| S | B1S1 | B1S2 | B1S3 | B1S4 | B1S5 | B2S1 | B2S2 | B2S3 | B2S4 | B2S5 | B3S1 | B3S2 | B3S3 | B3S4 | B3S5 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1(a) | 1403 | 1399 | 1356 | 1345 | 1332 | 843 | 825 | 852 | 815 | 839 | 620 | 589 | 591 | 538 | 605 |
| 1(b) | 1422 | 1434 | 1352 | 1379 | 1391 | 875 | 903 | 892 | 853 | 886 | 634 | 624 | 675 | 600 | 652 |
| 2(a) | 1322 | 1351 | 1308 | 1333 | 1350 | 861 | 876 | 845 | 824 | 859 | 601 | 598 | 572 | 588 | 567 |
| 2(b) | 1455 | 1412 | 1512 | 1473 | 1501 | 939 | 926 | 950 | 956 | 880 | 661 | 647 | 674 | 731 | 722 |
| 3(a) | 1308 | 1290 | 1255 | 1242 | 1177 | 802 | 761 | 792 | 744 | 715 | 551 | 500 | 495 | 499 | 476 |
| 3(b) | 1328 | 1313 | 1317 | 1408 | 1459 | 826 | 781 | 825 | 819 | 838 | 541 | 558 | 574 | 533 | 627 |
| 4(a) | 1501 | 1423 | 1382 | 1339 | 1323 | 896 | 867 | 880 | 928 | 830 | 762 | 750 | 778 | 726 | 777 |
| 4(b) | 1436 | 1488 | 1474 | 1449 | 1380 | 923 | 922 | 963 | 957 | 951 | 748 | 738 | 725 | 738 | 761 |
| 5(a) | 1356 | 1308 | 1291 | 1276 | 1202 | 807 | 830 | 849 | 828 | 766 | 659 | 608 | 582 | 565 | 550 |
| 5(b) | 1446 | 1440 | 1419 | 1375 | 1409 | 876 | 911 | 861 | 909 | 912 | 663 | 682 | 624 | 655 | 729 |

Tableau 2,2 (suite)

| S | B1S1 | B1S2 | B1S3 | B1S4 | B1S5 | B2S1 | B2S2 | B2S3 | B2S4 | B2S5 | B3S1 | B3S2 | B3S3 | B3S4 | B3S5 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 6(a) | 1305 | 1278 | 1273 | 1244 | 1232 | 805 | 811 | 787 | 779 | 762 | 537 | 530 | 546 | 548 | 543 |
| 6(b) | 1333 | 1315 | 1303 | 1316 | 1356 | 821 | 856 | 799 | 856 | 821 | 571 | 559 | 560 | 594 | 529 |
| 7(a) | 1294 | 1329 | 1203 | 1307 | 1261 | 744 | 785 | 738 | 748 | 752 | 507 | 495 | 513 | 507 | 506 |
| 7(b) | 1316 | 1316 | 1300 | 1323 | 1368 | 840 | 830 | 815 | 800 | 841 | 542 | 577 | 564 | 645 | 545 |
| 8(a) | 1381 | 1332 | 1305 | 1270 | 1295 | 840 | 803 | 790 | 781 | 812 | 558 | 542 | 530 | 548 | 527 |
| 8(b) | 1398 | 1385 | 1402 | 1349 | 1424 | 866 | 874 | 859 | 874 | 857 | 656 | 643 | 662 | 644 | 685 |
| 9(a) | 1390 | 1368 | 1284 | 1338 | 949 | 909 | 828 | 849 | 823 | 828 | 619 | 633 | 589 | 602 | 596 |
| 9(b) | 1483 | 1468 | 1356 | 1460 | 1333 | 946 | 933 | 891 | 1011 | 919 | 706 | 735 | 709 | 670 | 714 |

Tableau 2,3 : Nombre d'essais (réussis ou erronés) et pourcentages d'observations éliminées pour chaque valeur de SOA lors de la section A de l'expérience 2.

| SOA | 1000 | 500 | 250 | Total |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Nombre d'essais | 675 | 675 | 675 | 2025 |
| Anticipations (%) | 19 (2,81%) | 19 (2,81%) | 12 (1,78%) | 50 (2,47%) |
| Erreurs (%) | 1 (0,15%) | 2 (0,3%) | 12 (1,78%) | 15 (0,74%) |
| Corrects | 655 | 654 | 651 | 1960 |
| +/- 3 é.-t. (% /Corrects) | 24 3,66% | 13 1,99% | 12 1,84% | 49 2,5% |
| Nombre d'essais retenus | 631 | 641 | 639 | 1911 |

Tableau 2,4 : Nombre d'essais (réussis ou erronés) et pourcentages d'observations éliminées pour chaque valeur de SOA lors de la section B de l'expérience 2.

| SOA | 1000 | 500 | 250 | Total |
|------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Nombre d'essais | 675 | 675 | 675 | 2025 |
| Anticipations (%) | 7 (1,04%) | 5 (0,74%) | 0 (0%) | 12 (0,59%) |
| Erreurs (%) | 110 (16,3%) | 132 (19,56%) | 181 (26,81%) | 423 (20,89%) |
| Corrects | 558 | 538 | 494 | 1590 |
| +/- 3 é.-t. (% /Corrects) | 10 1,79% | 13 2,42% | 9 1,82% | 32 2,01% |
| Nombre d'essais retenus | 548 | 525 | 485 | 1558 |

Figure 2,5: Fréquences des réponses correctes aux séquences très longues (SEQ=32) lors de l'expérience 2. Les réponses sont regroupées en classes de 1 secondes et présentées pour toutes les sessions et pour chaque session séparément. Les classes sont représentées par la valeur centrale (e.g., la classe 9 inclut toutes les réponses plus petites que 9500 ms alors que la classe 10 inclut toutes les réponses entre 9500 et 10500 ms).

| Groupe (9 sujets) | | | | Session 1 | | | | Session 2 | | | |
|--------------------------|------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|-------------|
| SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 |
| 9 | 3 | 2 | 2 | 9 | 1 | 1 | | 9 | 2 | | |
| 10 | 7 | 3 | 1 | 10 | 5 | 2 | 1 | 10 | 1 | | |
| 11 | 9 | 9 | 2 | 11 | 3 | 2 | 1 | 11 | 2 | 2 | 1 |
| 12 | 9 | 15 | 2 | 12 | 4 | 3 | 1 | 12 | 2 | 7 | 1 |
| 13 | 27 | 13 | 13 | 13 | 10 | 2 | 7 | 13 | 3 | 5 | 3 |
| 14 | 45 | 29 | 16 | 14 | 7 | 14 | 8 | 14 | 10 | 4 | 2 |
| 15 | 57 | 85 | 58 | 15 | 18 | 22 | 21 | 15 | 7 | 16 | 7 |
| 16 | 101 | 255 | 203 | 16 | 21 | 30 | 30 | 16 | 24 | 44 | 37 |
| 17 | 126 | 112 | 204 | 17 | 25 | 17 | 33 | 17 | 35 | 14 | 35 |
| 18 | 56 | 33 | 58 | 18 | 18 | 8 | 11 | 18 | 3 | 8 | 17 |
| 19 | 46 | 30 | 30 | 19 | 9 | 9 | 5 | 19 | 14 | 7 | 13 |
| 20 | 23 | 22 | 26 | 20 | 2 | 5 | 8 | 20 | 7 | 5 | 3 |
| 21 | 11 | 13 | 11 | 21 | | 1 | 1 | 21 | 1 | 6 | 4 |
| 22 | 48 | 37 | 31 | 22 | 11 | 17 | 5 | 22 | 24 | 11 | 8 |

Tableau 2,5 (suite)

| Session 3 | | | | Session 4 | | | | Session 5 | | | |
|------------------|------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|-------------|
| SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 |
| 9 | | 1 | 1 | 9 | | | 1 | 9 | | | |
| 10 | | | | 10 | | | | 10 | 1 | 1 | |
| 11 | 4 | 2 | | 11 | | 2 | | 11 | | 1 | |
| 12 | | 3 | | 12 | 1 | 1 | | 12 | 2 | 1 | |
| 13 | 3 | 4 | 1 | 13 | 7 | 1 | | 13 | 4 | 1 | 2 |
| 14 | 8 | 2 | 4 | 14 | 12 | 4 | 14 | 14 | 8 | 5 | 1 |
| 15 | 5 | 20 | 14 | 15 | 11 | 13 | 8 | 15 | 16 | 14 | 8 |
| 16 | 28 | 61 | 51 | 16 | 16 | 66 | 49 | 16 | 12 | 54 | 36 |
| 17 | 53 | 18 | 36 | 17 | 55 | 23 | 51 | 17 | 58 | 40 | 49 |
| 18 | 14 | 4 | 7 | 18 | 9 | 7 | 7 | 18 | 12 | 6 | 16 |
| 19 | 9 | 6 | 3 | 19 | 7 | 6 | 4 | 19 | 7 | 2 | 5 |
| 20 | 3 | 3 | 6 | 20 | 6 | 4 | 3 | 20 | 5 | 5 | 6 |
| 21 | 3 | 2 | 1 | 21 | 4 | 3 | 1 | 21 | 3 | 1 | 4 |
| 22 | 5 | 6 | 8 | 22 | 6 | 2 | 6 | 22 | 2 | 1 | 4 |

Figure 2,6: Fréquences des réponses correctes aux séquences très longues (SEQ=32) lors de l'expérience 2. Les réponses sont regroupées en classes de 1 secondes et présentées pour chaque sujets. Les classes sont représentées par la valeur centrale (e.g., la classe 9 inclut toutes les réponses plus petites que 9500 ms alors que la classe 10 inclut toutes les réponses entre 9500 et 10500 ms).

| Sujet #1 | | | | Sujet #2 | | | | Sujet #3 | | | |
|-----------------|------------|------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|
| SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 |
| 9 | | 1 | | 9 | 1 | 1 | | 9 | | | |
| 10 | | | | 10 | 1 | 1 | | 10 | | | |
| 11 | | | | 11 | 4 | 5 | | 11 | | | |
| 12 | | | | 12 | 1 | 5 | | 12 | | | |
| 13 | | | | 13 | 11 | 3 | 3 | 13 | | | |
| 14 | 2 | | | 14 | 5 | 6 | 3 | 14 | | 9 | 2 |
| 15 | 2 | 1 | 3 | 15 | 9 | 3 | 6 | 15 | 6 | 42 | 14 |
| 16 | 3 | 30 | 6 | 16 | 5 | 9 | 10 | 16 | 23 | 19 | 40 |
| 17 | 36 | 14 | 44 | 17 | 6 | 6 | 6 | 17 | 32 | 2 | 10 |
| 18 | 5 | 1 | 6 | 18 | 6 | 8 | 6 | 18 | 10 | 3 | 2 |
| 19 | 5 | 4 | 4 | 19 | 8 | 4 | 10 | 19 | 1 | | 1 |
| 20 | 3 | 3 | 6 | 20 | 7 | 5 | 6 | 20 | 3 | | |
| 21 | 2 | 2 | 2 | 21 | 1 | 4 | 5 | 21 | | | |
| 22 | 17 | 18 | 3 | 22 | 10 | 12 | 19 | 22 | | | |

Figure 2,6 (suite)

| Sujet #4 | | | | Sujet #5 | | | | Sujet #6 | | | |
|-----------------|------------|------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|
| SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 |
| 9 | | | | 9 | | | | 9 | | | |
| 10 | | | | 10 | | | | 10 | 1 | 1 | |
| 11 | 1 | | | 11 | | | | 11 | | 1 | |
| 12 | | | | 12 | | | | 12 | 4 | 4 | |
| 13 | 1 | | | 13 | | | 1 | 13 | 2 | 6 | 1 |
| 14 | | 2 | | 14 | 1 | 1 | 3 | 14 | 9 | 8 | 5 |
| 15 | 4 | 8 | 2 | 15 | 5 | 1 | 7 | 15 | 6 | 14 | 15 |
| 16 | 13 | 41 | 20 | 16 | 13 | 51 | 23 | 16 | 21 | 9 | 22 |
| 17 | 48 | 11 | 29 | 17 | 43 | 11 | 27 | 17 | 10 | 10 | 18 |
| 18 | 4 | 2 | 7 | 18 | 5 | 3 | 8 | 18 | 7 | 6 | 1 |
| 19 | | 3 | 4 | 19 | 4 | 4 | 2 | 19 | 7 | 5 | 3 |
| 20 | | 3 | 7 | 20 | | 1 | 2 | 20 | 1 | 4 | 1 |
| 21 | 2 | 1 | 1 | 21 | | 21 | | 21 | 1 | 2 | 2 |
| 22 | 1 | | 2 | 22 | 3 | 1 | 2 | 22 | 5 | 1 | 4 |

Figure 2,6 (suite)

| Sujet #7 | | | | Sujet #8 | | | | Sujet #9 | | | |
|-----------------|------------|------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|
| SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 | SOA | 250 | 500 | 1000 |
| 9 | 2 | | | 9 | | | | 9 | | | 2 |
| 10 | 5 | 1 | 1 | 10 | | | | 10 | | | |
| 11 | 5 | | 2 | 11 | | 2 | | 11 | | | |
| 12 | 3 | | 2 | 12 | 1 | 6 | | 12 | | | |
| 13 | 11 | 1 | 8 | 13 | 2 | 3 | | 13 | | | |
| 14 | 21 | 1 | 3 | 14 | 1 | 2 | | 14 | 5 | | |
| 15 | 17 | 8 | 3 | 15 | 6 | 8 | 4 | 15 | 2 | | 4 |
| 16 | 6 | 36 | 28 | 16 | 11 | 21 | 21 | 16 | 6 | 39 | 22 |
| 17 | 1 | 15 | 16 | 17 | 21 | 14 | 16 | 17 | 29 | 19 | 38 |
| 18 | | 4 | 6 | 18 | 13 | 2 | 18 | 18 | 6 | 4 | 4 |
| 19 | 2 | 3 | 1 | 19 | 12 | 4 | 3 | 19 | 7 | 3 | 2 |
| 20 | | | 1 | 20 | 3 | 3 | 1 | 20 | 6 | 3 | 2 |
| 21 | | 1 | | 21 | 4 | | | 21 | 1 | 1 | 1 |
| 22 | | | | 22 | | | 1 | 22 | 12 | 5 | |

Tableau 2,7 : Nombre d'essais (réussis ou erronés) et pourcentages d'observations éliminées pour la détection des séquences très longues (SEQ=32) lors la section B de l'expérience 2.

| SOA | 1000 | 500 | 250 | Total |
|-----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Nombre d'essais | 675 | 675 | 675 | 2025 |
| Anticipations | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Erreurs (%) | 18 (2,67%) | 17 (2,52%) | 7 (1,04%) | 42 (2,0%) |
| Corrects | 657 | 658 | 668 | 1983 |