

Table des matières

- Remerciements
- Introduction générale
- Première partie : Repères théoriques

**♦1. LE CONCEPT DE MDT**

◊ 1.1. Genèse et évolution du concept

- 1.1.1. D'une conception unitaire à une conception structuraliste de la mémoire humaine : les modèles à registres multiples
- 1.1.2. De la MCT à la MDT : notion issue d'un paradigme expérimental
- 1.1.3. Une conception largement répandue de la MDT : le modèle de Baddeley (1974, 1986)
- 1.1.4. Différents types de modèles de MDT
  - 1.1.4.1. Le modèle de Daneman et Carpenter (1980)
  - 1.1.4.2. Le modèle de Schneider et Detweiler (1987)
  - 1.1.4.3. Le modèle ACTnote1 d'Anderson (1983, 1989, 1993)
  - 1.1.4.4. Le modèle de Cowan (1988, 1993, 1998)
  - 1.1.4.5. Le modèle d'Engle (1990, 1993, 1994)
  - 1.1.4.6. Le modèle de Just et Carpenter (1992)
  - 1.1.4.7. Conclusion

◊ 1.2. Le système de la boucle phonologique

- 1.2.1. Le codage de l'information dans la boucle phonologique : une architecture fonctionnelle
  - 1.2.1.1. L'effet de similarité phonologique
  - 1.2.1.2. L'effet du discours non pertinent
  - 1.2.1.3. L'effet de suppression articulatoire
  - 1.2.1.4. L'effet de la longueur du mot
  - 1.2.1.5. Localisation fonctionnelle des activités de stockage et de répétition de la boucle phonologique.
- 1.2.2. Vers un modèle connexionniste de la boucle phonologique

◊ 1.3. Le système de contrôle de la MDT : l'exécuteur central

- 1.3.1. Les fonctions attribuées à l'exécuteur central
- 1.3.2. L'exécuteur central : un système unitaire ?

- 1.3.3. Le modèle du système superviseur de Norman et Shallice (1980, 1986)
- 1.3.4. Données issues des études sur le vieillissement
- 1.3.5. Données issues de la neuropsychologie
- 1.3.6. Données issues de l'imagerie cérébrale

◊ 1.4. Conclusion

♦2. Relation Émotion et Mémoire à court terme

◊ 2.1. Contribution de la neurobiologie et de l'imagerie cérébrale

- 2.1.1. Données issues de la neurobiologie animale
- 2.1.2. Contribution des études en imagerie cérébrale

◊ 2.2. Influence de l'émotion : données et modèles théoriques

· 2.2.1. L'effet de l'anxiété trait

- 2.2.1.1. Performances de sujets anxieux à une tâche de transformation et de stockage de lettres en MDT
- 2.2.1.2. Performances de sujets anxieux à une tâche de compréhension de texte en MDT
- 2.2.1.3. Les performances de sujets anxieux à des tâches d'empan et de vérification de phrase
- 2.2.1.4. Performances de sujets à l'anxiété trait élevée induits dans un état de stress à des tâches d'empan

- 2.2.2. Effets d'un état émotionnel induit
- 2.2.3. Examen critique

◊ 2.3. Induire une émotion en laboratoire

- 2.3.1. Quelques techniques d'induction
- 2.3.2. Choix d'une technique d'induction

• Deuxième partie : Travaux expérimentaux

♦INTRODUCTION

♦1. EXPÉRIENCE 1

◊ 1.1. Objectif de l'étude

◊ 1.2. Hypothèses théoriques

◊ 1.3. Méthodologie

- 1.3.1. Participants à l'expérience
- 1.3.2. Matériel expérimental

- 1.3.2.1. La tâche de Running Span
- 1.3.2.2. Construction du matériel inducteur et technique d'induction émotionnelle
- 1.3.2.3. Évaluation et contrôle de l'état émotionnel

- 1.3.3. Procédure expérimentale
- 1.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes

- 1.3.4.1. Le rappel des n dernières consonnes
- 1.3.4.2. Les temps de latence
- 1.3.4.3. Les pensées non pertinentes

◊ 1.4. Prédictions

- 1.4.1. L'effet de l'émotion sur les performances
- 1.4.2. Production de pensées non pertinentes

◊ 1.5. Résultats

- 1.5.1. Les effets de l'induction émotionnelle
  - 1.5.1.1. Le taux d'erreurs de rappel
    - ◆ 1.5.1.1.1. Le rappel des quatre dernières consonnes
    - ◆ 1.5.1.1.2. Le rappel des cinq dernières consonnes
  - 1.5.1.2. Les temps de latence
    - ◆ 1.5.1.2.1. Le rappel des quatre dernières consonnes
    - ◆ 1.5.1.2.2. Le rappel des cinq dernières consonnes
  - 1.5.1.3. La production de pensées non pertinentes
- 1.5.2. Analyse des caractéristiques de la tâche
  - 1.5.2.1. Comparaison de nos résultats avec ceux de Morris et Jones (1990) et de Van der Linden et coll. (1994)
  - 1.5.2.2. Les taux d'erreurs de rappel
    - ◆ 1.5.2.2.1. Le rappel des quatre dernières consonnes
    - ◆ 1.5.2.2.2. Le rappel des cinq dernières consonnes
  - 1.5.2.3. Analyse de la nature des erreurs
  - 1.5.2.4. Les temps de latence
    - ◆ 1.5.2.4.1. Le rappel des quatre dernières consonnes
    - ◆ 1.5.2.4.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

◊ 1.6. Discussion

**♦2. EXPERIENCE 2**

- ◊ 2.1. Objectif de l'étude
- ◊ 2.2. Hypothèses théoriques
- ◊ 2.3. Méthodologie

- 2.3.1. Participants à l'expérience

- 2.3.2. Matériel expérimental
  - 2.3.2.1. La tâche de Running Span
  - 2.3.2.2. Évaluation et contrôle de l'état émotionnel
- 2.3.3. Procédure expérimentale
- 2.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes
- ◊ 2.4. Prédictions
- ◊ 2.5. Résultats
  - 2.5.1. Effets de l'induction émotionnelle
    - 2.5.1.1. Les pourcentages d'erreurs de rappel
      - ◆ 2.5.1.1.1. Le rappel des trois dernières consonnes
      - ◆ 2.5.1.1.2. Le rappel des cinq dernières consonnes
    - 2.5.1.2. Les temps de latence
      - ◆ 2.5.1.2.1. Le rappel des trois dernières consonnes
      - ◆ 2.5.1.2.2. Le rappel des cinq dernières consonnes
  - 2.5.2. L'analyse des caractéristiques de la tâche
    - 2.5.2.1. Les pourcentages d'erreurs de rappel
      - ◆ 2.5.2.1.1. Le rappel des trois dernières consonnes
      - ◆ 2.5.2.1.2. Le rappel des cinq dernières consonnes
    - 2.5.2.2. La nature des erreurs commises au rappel
    - 2.5.2.3. Latence au rappel de la première consonne
- ◊ 2.6. Discussion
- ◊ 2.7. Discussion des expériences 1 et 2

### ♦3. EXPERIENCE 3

- ◊ 3.1. Objectif de l'étude
- ◊ 3.2. Hypothèses théoriques
- ◊ 3.3. Méthodologie
  - 3.3.1. Participants à l'expérience
  - 3.3.2. Matériel Expérimental
    - 3.3.2.1. Description de la tâche
    - 3.3.2.2. Evaluation et contrôle de l'état émotionnel
  - 3.3.3. Procédure expérimentale
  - 3.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes
    - 3.3.4.1. La qualité du rappel

- 3.3.4.2. Latence au rappel et durée de réponse

◊ 3.4. Prédictions

- 3.4.1. Les performances au rappel
  - 3.4.1.1. La qualité du rappel
  - 3.4.1.2. Latence au rappel et durée de réponse
- 3.4.2. L'influence de la réaction émotionnelle

◊ 3.5. Résultats

- 3.5.1. Les performances aux rappels
  - 3.5.1.1. La qualité du rappel des consonnes
    - ◆ 3.5.1.1.1. Le taux d'erreurs de rappel
    - ◆ 3.5.1.1.2. Le taux d'erreurs de planification
  - 3.5.1.2. Latence au rappel et durée de réponse
    - ◆ 3.5.1.2.1. Latence au rappel de la première consonne
    - ◆ 3.5.1.2.2. Analyse de la durée des réponses
- 3.5.2. Les effets de la réaction émotionnelle
  - 3.5.2.1. La qualité du rappel
    - ◆ 3.5.2.1.1. Le taux d'erreurs au rappel
    - ◆ 3.5.2.1.2. Le taux d'erreurs de planification
  - 3.5.2.2. Latence au rappel et durée de réponse

◊ 3.6. Discussion

◆ 4. EXPERIENCE 4

- ◊ 4.1. Objectif de l'étude
- ◊ 4.2. Hypothèses théoriques
- ◊ 4.3. Méthodologie
  - 4.3.1. Participants à l'expérience
  - 4.3.2. Matériel expérimental
    - 4.3.2.1. La tâche de rappel alphabétique
    - 4.3.2.2. La technique d'induction émotionnelle
    - 4.3.2.3. Contrôle de l'état émotionnel induit
      - ◆ 4.3.2.3.1. Mesure subjective: Auto-évaluation sur les échelles
      - ◆ 4.3.2.3.2. Mesure objective: enregistrement du rythme cardiaque

- 4.3.3. Procédure expérimentale
- 4.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes

- 4.3.4.1. La qualité du rappel
- 4.3.4.2. Latence au rappel et durée de réponse

◊ 4.4. Prédictions

- 4.4.1. Effet de la distance alphabétique
- 4.4.2. Effet de la priorité d'action
- 4.4.3. Effet de l'induction émotionnelle sur la qualité du rappel
- 4.4.4. Effet de l'induction sur les latences et la durée du rappel

◊ 4.5. Résultats

- 4.5.1. Caractéristiques du rappel alphabétique
  - 4.5.1.1. La qualité du rappel
  - 4.5.1.2. Latence au rappel et durée de réponse
    - ◆ 4.5.1.2.1. Analyse des latences
    - ◆ 4.5.1.2.2. Analyse de la durée des réponses
- 4.5.2. Les effets de l'induction émotionnelle
  - 4.5.2.1. La qualité du rappel alphabétique
    - ◆ 4.5.2.1.1. Le taux d'erreurs de rappel
    - ◆ 4.5.2.1.2. Le taux d'erreurs de planification
  - 4.5.2.2. Latence et durée de réponse
    - ◆ 4.5.2.2.1. Analyse des latences
    - ◆ 4.5.2.2.2. Analyse de la durée des réponses

◊ 4.6. Discussion

**◆5. EXPERIENCE 5**

◊ 5.1. Objectif de l'étude

◊ 5.2. Méthodologie

- 5.2.1. Participants à l'expérience
- 5.2.2. Matériel expérimental
  - 5.2.2.1. Le paradigme expérimental
  - 5.2.2.2. Contrôle de la qualité des listes de consonnes
  - 5.2.2.3. La technique d'induction émotionnelle
  - 5.2.2.4. Contrôle de l'anxiété état et de l'anxiété trait
    - ◆ 5.2.2.4.1. Le contrôle de l'état émotionnel
    - ◆ 5.2.2.4.2. Le contrôle de l'anxiété trait

- 5.2.3. Procédure expérimentale
- 5.2.4. Plan d'expérience et variables dépendantes

◊ 5.3. Prédictions  
 ◊ 5.4. Résultats

- 5.4.1. Les performances au rappel alphabétique
  - 5.4.1.1. La qualité du rappel
    - ◆ 5.4.1.1.1. Le taux d'erreurs de rappel
    - ◆ 5.4.1.1.2. Le taux d'erreurs de planification
    - ◆ 5.4.1.1.3. L'exactitude du premier item au rappel alphabétique
    - ◆ 5.4.1.1.4. Exactitude du rappel selon l'ordre des positions demandées au rappel alphabétique
  - 5.4.1.2. Le décours temporel du rappel alphabétique
    - ◆ 5.4.1.2.1. La variance des temps moyens inter consonnes (T.I.C.)
    - ◆ 5.4.1.2.2. Les durées moyennes respectives des quatre T.I.C
    - ◆ 5.4.1.2.3. Latence au rappel de la première consonne
- 5.4.2. Les effets de l'induction émotionnelle
  - 5.4.2.1. La qualité du rappel alphabétique
  - 5.4.2.2. Le décours temporel du rappel alphabétique
  - 5.4.2.3. Examen du nombre d'items restitués
- 5.4.3. Effets de l'anxiété trait
- 5.4.4. Effet conjoint de l'induction et de l'anxiété trait élevée

◊ 5.5. Discussion

◆ 6. Discussion Générale

- ◊ 6.1. Complexité de l'activité cognitive et effet de l'émotion induite  
 ◊ 6.2. Les effets de l'émotion induite sont-ils médiatisés par la production de pensées intrusives ?  
 ◊ 6.3. Réaction émotionnelle et stratégie de traitement  
 ◊ 6.4. Efficacité des procédures d'induction et de contrôle de l'état émotionnel  
 ◊ 6.5. Conclusion

- Bibliographie
- Annexes

- ◆ ANNEXE 1 —LISTES DES CONSONNES -EXPERIENCE 1-*Empan 4* , mises à jour = 4/6/8  
 ◆ ANNEXE 2 —IMAGES ANXIOGÈNES -EXPÉRIENCES 1 & 2-  
 ◆ ANNEXE 3—Extrait du QUESTIONNAIRE RELATIF AUX PHOTOGRAPHIES  
 ◆ ANNEXE 4 : Images neutres

- ♦ **ANNEXE 5** —Questionnaire de fin d'expérience
- ♦ **ANNEXE 6**—Analyse factorielle -expérience 1-
- ♦ **ANNEXE 7**—Recueil des pensées non pertinentes
- ♦ **ANNEXE 8**—EXEmple de pensées gênantes et sans rapport avec la tâche
- ♦ **ANNEXE 9** —Liste de consonnes -Expérience 2
- ♦ **ANNEXE 10** —Analyse factorielle -expérience 2-
- ♦ **ANNEXE 11** —Listes de consonnes -Expérience 3-
- ♦ **ANNEXE 12** —Listes de consonnes -Expérience 4-
- ♦ **ANNEXE 13** —Analyse factorielle -expérience 4-
- ♦ **ANNEXE 14** — Listes de consonnes -expérience 5-
- ♦ **ANNEXE 15** —Questionnaire relatif à l'expérience contrôle
- ♦ **ANNEXE 16**—Images induction -expérience 5-
- ♦ **ANNEXE 17**—Analyse factorielle -expérience 5-
- ♦ **ANNEXE 18**—Questionnaire de fin d'expérience
- ♦ **ANNEXE 19**— TABLE D'ETALONNAGE DE LA NOTE TOTALE D'ANXIÉTÉ À L'ECHELLE D'ANXIÉTÉ DE R. B. CATTELL

## Remerciements

Arrivée au terme de ma formation scientifique au laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs (E.M.C.), j'ai grand plaisir à remercier l'ensemble des personnes qui ont jalonné mon parcours universitaire de troisième cycle. Il s'agit des membres du laboratoire qui m'ont aidée à penser et à mener une activité de recherche et m'ont permise d'assumer des responsabilités pédagogiques. Cette communauté scientifique m'a fourni les moyens pratiques et théoriques pour réaliser un travail de recherche exigeant. Elle m'a appris la rigueur intellectuelle et la mise en question objective de mon activité qui sont deux aspects incontournables d'un travail de longue haleine réclamant une bonne résistance aux doutes, ce qui m'a parfois manqué... Elle m'a surtout donné le goût de la méthode et l'aspiration à contribuer à l'élaboration des connaissances nouvelles sur le fonctionnement cérébral.

Je souhaite mentionner ici les personnes en qui j'ai trouvé une aide précieuse et un soutien continu. Je pense à Jean Claude Bougeant qui s'est armé de patience à mes heures les plus sombres, à Remy Versace qui n'a jamais été avare de son temps pour aider les étudiants et impulser de nouvelles idées, à mes parents, Madeleine et Jean Vieillard qui ont cru en la pertinence de mon projet d'orientation, à mes amis du laboratoire : Brigitte Nevers, Gaëlle Molinari, Gaël Allain, Denis Moret, Nathalie Blanc, Catherine Padovan, Marie Pilar Quintana, avec qui j'ai partagé tous les moments de la vie de doctorant, à mon compagnon, Eric Vidal qui a pris en charge bien des aspects de notre vie quotidienne lorsque j'étais rivée sur mon écran d'ordinateur, et enfin, à la joyeuse et brillante équipe parisienne du laboratoire 'Perception et Cognition Musicales' de l'Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (I.R.C.A.M.) au sein de laquelle je découvre un nouveau champ d'étude propre à la psychologie cognitive.

## Introduction générale

Nous proposons une étude des effets d'un état émotionnel induit en laboratoire sur les performances mnésiques de sujets normaux pour tenter de spécifier les mécanismes cognitifs concernés par le facteur émotionnel. Ce travail s'inscrit dans une perspective d'exploration des modulations du fonctionnement du système de MCT engendrées par une émotion à tonalité négative.

Des études expérimentales ont déjà montré que des états émotionnels tristes et/ou joyeux induits en laboratoire provoquaient des perturbations de l'activité cognitive à court terme telles que l'altération des performances à une tâche de rappel différé (Ellis, Seibert et Varner, 1995), la chute des performances à une tâche de groupement perceptif (Seibert et Ellis, 1991b) ou encore l'allongement des temps de traitement et de

planification à des tâches de raisonnement (Oaksford, Morris, Grainger et Williams, 1996). Dans ces études, la chute des performances est interprétée sur la base d'un modèle de traitement de l'information à capacité limitée selon lequel l'effet de l'émotion est envisagé comme une compétition entre l'activité cognitive occasionnée par l'émotion et les informations pertinentes relatives à la tâche (Ellis et Ashbrook, 1988 ; Ellis et Ashbrook, 1989). En effet, selon certains auteurs (Teasdale, J. D., Dritschel, B. H., Taylor, M. J., Proctor, L., Llyod, C., Nimmo-Smith, I. & Baddeley, A. D., 1995), l'émotion provoquerait l'émergence de pensées intrusives pour la recherche d'une explication à l'état émotionnel. Le traitement de ces pensées nécessiterait l'allocation de ressources attentionnelles au détriment du traitement de la tâche cognitive.

D'autres recherches, plus axées sur l'étude de l'influence de l'anxiété état ou de l'anxiété trait, ont mis en évidence l'effet perturbateur de l'anxiété sur les capacités de stockage (Calvo et Eysenck, 1996) ainsi que sur le stockage et le traitement simultanés en MDT (Darde, 1988 ; Sorg et Whitney, 1992). Là encore, l'explication de la détérioration des performances repose sur un cadre interprétatif qui est une variante du modèle de traitement à capacité limitée. Il s'agit du modèle d'efficience des processus d'Eysenck et Calvo (1992) qui distingue l'efficience des processus de traitement et les performances réelles observées à la tâche de MDT afin de rendre compte des phénomènes de compensation de la baisse des capacités de traitement consécutive à l'anxiété.

La théorie des effets de l'anxiété d'Eysenck et Calvo (1992) et le modèle d'allocation des ressources d'Ellis et Ashbrook (1988) constituent les principaux cadres d'interprétation des effets de l'émotion sur l'activité cognitive pour des tâches de MCT. Ils ne diffèrent pas fondamentalement puisqu'ils reposent sur le postulat d'une redistribution des ressources entre le traitement de l'émotion et l'activité cognitive en cours.

L'influence émotionnelle est en quelque sorte assimilée à une situation de double tâche. Cette représentation a l'avantage d'offrir une vision cohérente du fonctionnement cognitif. Elle permet aussi de rendre compte aisément de l'abaissement ou des variations de performances. Elle peut toutefois se révéler insuffisante si l'on veut tenter de préciser quels sont les mécanismes impliqués dans les perturbations de l'activité cognitive causées par un état émotionnel négatif. Actuellement, il n'existe pas de modèle alternatif proposant une telle description. C'est dans ce contexte que nous proposons de mener une étude exploratoire de l'influence modulatrice de l'émotion sur les activités cognitives à court terme et plus particulièrement des activités de mémoire de travail (MDT). Cette notion introduite par Baddeley et Hitch (1974) puis développée par Baddeley (1986) est aujourd'hui le modèle le plus souvent cité.

L'objectif de notre travail est double. Il propose d'une part de vérifier la pertinence des modèles explicatifs traditionnels de l'effet de l'émotion à partir d'une nouvelle tâche de MDT. Et d'autre part, de mettre en relation les performances des sujets faisant l'expérience d'une émotion négative avec les processus impliqués dans le contrôle des opérations de stockage, de manipulation et de récupération de l'information en MDT. Cette option pour l'étude des opérations contrôlées répond à la nécessité de mieux connaître les processus exécutifs en MDT. Par ailleurs, elle permet d'aborder la relation mise en évidence par Teasdale, Proctor, Llyod et Baddeley (1993) entre les pensées intrusives associées à l'émotion et l'implication de l'exécuteur central dans leur production. Enfin, la relation entre l'état émotionnel et les capacités de traitement à court terme est une question essentielle parce qu'elle concerne les modulations possibles du fonctionnement mnésique en réponse aux sollicitations de l'environnement. Cette problématique, que la psychologie cognitive a tardé à reconnaître comme un objet d'étude possible, mérite donc d'être explorée pour clarifier ce rapport subtil entre émotion et cognition. Notre travail est une contribution à ce projet.

Cette étude du fonctionnement de la MDT sous contrainte émotionnelle ne prend pas en compte l'aspect clinique des émotions parce que l'existence de facteurs confondus relatifs à différents désordres émotionnels, ajoutée aux effets comportementaux de la prise de médicaments, constituent deux difficultés majeures pour l'étude expérimentale de l'effet des désordres affectifs sur la MDT de patients cliniques. Il est par exemple difficile de déterminer si les effets d'un état dépressif sont le résultat de l'état émotionnel spécifique du patient ou s'ils sont liés au syndrome général du désordre émotionnel. Par ailleurs, comme le souligne de Bonis (1996), l'émotion pathologique n'est pas une caricature de l'émotion ordinaire. Elle ne fournit pas une vision

accrue de l'émotion et n'offre donc pas de meilleur point de vue sur ce phénomène. Sans doute, le rapport entre les désordres émotionnels et l'émotion ordinaire ne se réduit pas à un rapport de proportion. Enfin, un autre motif réside dans le fait qu'il existe aujourd'hui plusieurs méthodes d'induction émotionnelle permettant de produire des états émotionnels en laboratoire. Ces techniques représentent un objet d'étude intéressant et cohérent avec les objectifs de notre recherche.

Dans notre étude, l'état émotionnel induit est considéré comme un moment de rupture, une interruption des plans d'action dirigés vers un but au cours du déroulement des processus cognitifs (Simon, 1967, cité dans Erber & Tesser, 1992). Il se rapproche de ce qu'Oatley et Johnson-Laird (1987) appellent une émotion complexe, c'est-à-dire un état mental ayant un contenu propositionnel relatif aux représentations des causes de l'expérience personnelle.

Dans une première partie théorique, le concept de MDT sera considéré au travers de sa genèse et sera discuté à la lumière des données empiriques et théoriques actuelles. Les systèmes de maintien et de traitement contrôlé de l'information verbale en MDT seront présentés dans le détail. Les questions relatives aux effets d'un état émotionnel négatif sur l'activité mnésique à court terme et aux techniques de laboratoire qui permettent de l'induire seront alors abordées, avec, au préalable, une présentation de quelques travaux récents en neurobiologie et en neuropsychologie qui démontrent l'existence d'une étroite relation entre les traitements cognitifs et émotionnels.

Dans une seconde partie, deux séries d'expériences seront décrites et discutées. La première permettra d'examiner, à l'aide de la tâche de *Running Span* (Morris et Jones, 1990), l'effet d'une émotion induite par des images anxiogènes sur les capacités de stockage et de traitement simultanés d'une information verbale. Dans la seconde série d'expériences, une nouvelle tâche de MDT, destinée à mieux dissocier la qualité du stockage et l'efficience de la manipulation de l'information, sera proposée pour appréhender l'influence modulatrice de l'émotion sur les processus exécutifs de la MDT. Au fil des expériences, le cadre classique d'interprétation des données en termes d'allocation de ressources sera abandonné au profit d'une perspective plus axée sur les processus plutôt que sur les performances.

## **Première partie : Repères théoriques**

### **1. LE CONCEPT DE MDT**

#### **1.1. Genèse et évolution du concept**

##### **1.1.1. D'une conception unitaire à une conception structuraliste de la mémoire humaine : les modèles à registres multiples**

La notion de mémoire renvoie à un système, soit un ensemble de processus de traitement qui permet de coder l'information extraite de l'environnement, de la stocker dans un format particulier, puis de la récupérer et de l'utiliser dans des opérations diverses pour agir sur le monde (Lecocq, 1994).

Dans les années 60, les partisans d'un système de mémoire non unitaire ont utilisé la métaphore informatique pour décrire l'architecture d'un système cognitif possédant deux types de stockage. Cette idée reposait sur le fait qu'il existe dans l'ordinateur un espace de travail et un espace contenant l'ensemble des données.

Transposée à la mémoire humaine, cette représentation a permis de faire l'hypothèse d'une mémoire à court terme (MCT) où l'information est stockée de manière transitoire avant de disparaître ou d'être intégrée à un deuxième stock à plus long terme. Dès lors, un grand nombre d'études ont été conduites pour fournir des preuves empiriques (Glanzer et Cunitz, 1966, cités dans Parkin, 1993) et neuropsychologiques (Milner, 1966, cité dans Baddeley, 1993a ; Shallice et Warrington, 1970, cités dans Baddeley, 1993a) d'une distinction entre

un stock à court terme et un stock à long terme.

Glanzer et Cunitz (1966, cités dans Parkin, 1993) ont montré que certaines tâches possédaient deux composantes distinctes. Dans une première expérience, ils ont présenté sur un écran et de manière séquentielle, 20 mots courts apparaissant 2 s chacun. Suite au dernier item, les sujets devaient effectuer un rappel libre. L'analyse de la proportion de mots rappelés en fonction de leur position dans la liste a mis en évidence un profil de réponse en forme de U indiquant que les premiers et les derniers mots de la liste étaient les mieux rappelés. Ce profil correspondait aux effets aujourd'hui bien connus de primauté et de récence. Une interprétation simple a été d'admettre que les items montrant un effet de récence étaient stockés dans une unité de stockage à court terme temporaire et fragile, alors que les items associés à l'effet de primauté traduisaient un stockage à plus long terme.

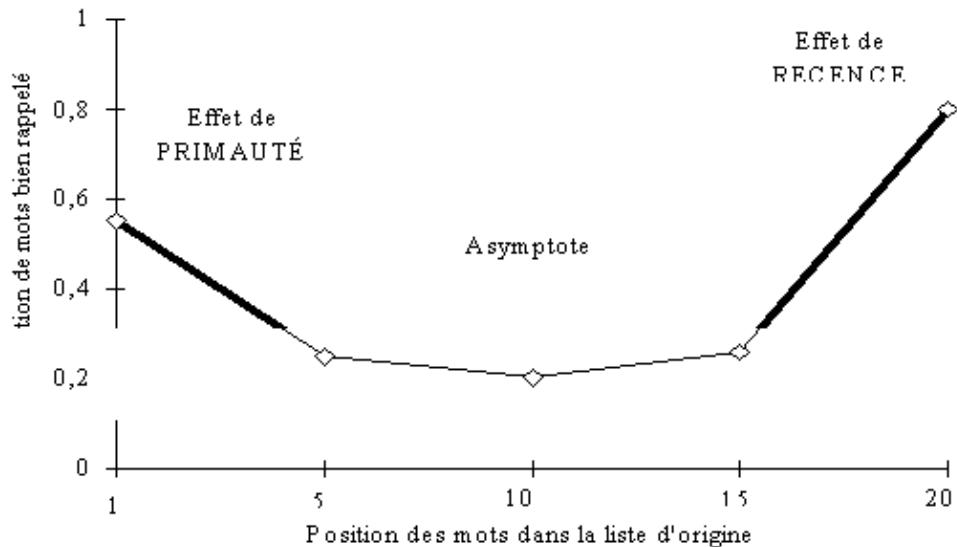


Fig.1.1— Résultat typique au rappel libre montrant l'effet de primauté et de récence

Glanzer et Cunitz ont confirmé cette interprétation en montrant que la partie droite de la courbe avait des propriétés temporelles spécifiques. Une hypothèse sur les caractéristiques du stock à court terme était que les éléments de ce stock pouvaient disparaître rapidement s'ils ne faisaient pas l'objet d'une répétition mentale leur permettant d'atteindre le stock à long terme car de nouvelles informations entrantes viendraient interférer avec elles. Une tâche de rappel libre comprenant une condition de rappel standard et une condition où les sujets effectuaient un comptage à l'envers juste avant le rappel a été conduite. L'activité de comptage était considérée comme une nouvelle information entrante susceptible d'interférer avec celles du stock à court terme. Les résultats ont montré qu'en condition de comptage, l'effet de récence disparaissait alors que le reste de la courbe n'était pas affecté. À l'inverse, Glanzer (1972, cité dans Baddeley, 1993a) a montré que la familiarité des mots influençait l'apprentissage à long terme et déterminait les performances pour les premiers items appris alors qu'elle n'avait aucune incidence sur l'effet de récence. Cela conforte donc l'idée qu'il existe deux mécanismes de stockage distincts.

L'étude de patients cérébro-lésés a fourni des arguments en faveur d'une distinction entre deux systèmes mnésiques grâce à la mise en évidence d'une double dissociation. Une première dissociation simple a été révélée avec le cas du patient amnésique H.M. souffrant de graves déficits en apprentissage alors que son empan mnésique demeurait tout à fait normal (Milner, 1966, cité dans Baddeley, 1993a). La seconde dissociation simple correspondait au cas opposé du patient K.F. qui possédait une MLT tout à fait opérationnelle alors que son stock à court terme était très réduit (Shallice et Warrington, 1970, cités dans Baddeley, 1993a). Cette double dissociation a suggéré que les stocks à court et à long terme étaient indépendants car impliqués chacun dans le maintien temporaire ou à plus long terme de l'information.

#### 1.1.1. D'une conception unitaire à une conception structuraliste de la mémoire humaine : les modèles à registres multiples

Le modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968) est une illustration d'architecture intégrant plusieurs systèmes mnésiques (figure 1.2.).

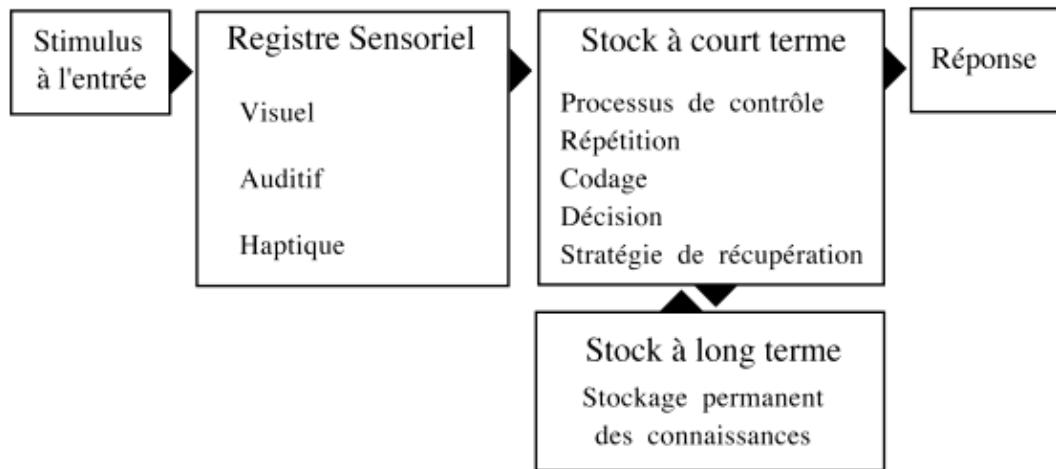


Fig.1. 2.— Architecture simplifiée du modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968)

Il comprend un buffer capable de stocker temporairement l'information sensorielle provenant de différentes modalités, qui communique avec une unité de stockage à court terme de capacités limitées, elle-même connectée à une unité de stockage à plus long terme. La caractéristique de ce modèle est que les informations transitent nécessairement par le stock à court terme pour être conservées dans l'unité à plus long terme. En effet, selon Atkinson et Shiffrin (1968), le processus de répétition contrôlé responsable du maintien de l'information dans le registre à court terme détermine la probabilité que celle-ci soit « copiée » dans le registre à long terme. Par ailleurs, le système de stockage à court terme joue un rôle central dans la réalisation de tâches cognitives.

Dans ce modèle à registres multiples, les stocks à court et à long terme sont unitaires, les opérations qui s'y déroulent sont toujours les mêmes et l'acquisition des connaissances, qui suppose un temps de séjour dans le stock à court terme, est représentée dans le même format. Cette caractéristique selon laquelle la probabilité de transfert en MLT dépend du temps passé dans le registre à court terme constitue un problème majeur de ce modèle. Plusieurs résultats ont montré que l'apprentissage est possible sans que l'information soit longuement répétée dans le stock à court terme, ou encore qu'un déficit en MCT n'affectait pas systématiquement les capacités d'apprentissage (Shallice et Warrington, 1970, cités dans Baddeley, 1993a). Par ailleurs, les travaux de Baddeley et Hitch (1974) ont montré que ce type de modèle structurel ne permettait pas de rendre compte des performances à des tâches cognitives complexes où les capacités de traitement étaient fortement mobilisées. Cette démonstration a constitué le point de départ d'une nouvelle conception de la MCT, objet par la suite d'un très grand nombre d'études expérimentales.

### 1.1.2. De la MCT à la MDT : notion issue d'un paradigme expérimental

La MCT est considérée comme un lieu de stockage transitoire ne pouvant retenir qu'une petite quantité d'information (empan) pendant une courte période (oubli rapide).

En 1956, Milner (cité dans Parkin, 1993) a proposé, pour estimer la capacité de stockage de la MCT, une technique de mesure de l'empan mnésique qui consistait à présenter une liste d'items (chiffres, mots...) destinée à être répétée dans l'ordre. La taille de la liste augmentait jusqu'au moment où le sujet n'était plus capable d'effectuer le rappel sériel strict. Les résultats ont montré que la valeur moyenne de l'empan était de sept, plus ou moins deux items. Toutefois, cette limitation de l'empan ne devait pas correspondre à sept unités

élémentaires mais plutôt à sept structures, c'est-à-dire des regroupements élémentaires appelés « chunks » constituant chacun une unité d'informations et permettant de retenir un maximum d'informations (augmentation de l'empan).

Deux études célèbres (Peterson et Peterson, 1959; Waugh et Norman, 1965, cités dans Weil-Barais, 1994) ont tenté d'expliquer les mécanismes d'oubli en MCT. L'expérience de Peterson et Peterson a consisté à présenter des listes de trigrammes devant être rappelées après un délai variable compris entre zéro et quelques secondes. À chaque intervalle de rétention, les sujets effectuaient une tâche distractrice supposée empêcher toute répétition mentale du trigramme. Les résultats ont montré que les performances au rappel diminuaient avec l'augmentation de la durée des intervalles de rétention. Cela fournissait la preuve d'un déclin spontané des traces stockées en MCT. Une objection à cette technique est qu'il est difficile d'affirmer avec certitude que les sujets ne font rien pendant les intervalles de rétention. Il est possible qu'un phénomène d'interférence, liée à l'arrivée de nouvelles informations dans le stock, intervienne. Pour vérifier cette hypothèse, Waugh et Norman ont mis en oeuvre une procédure visant à faire varier l'intervalle de rétention des informations et le nombre d'items interférents. Une liste de 16 chiffres était présentée aléatoirement. Certains apparaissaient plusieurs fois et d'autres une seule fois. Le dernier chiffre de la liste était suivi par la présentation d'un des chiffres accompagné d'un signal sonore (sonde). La tâche consistait à se rappeler le chiffre qui suivait immédiatement cette sonde (cible) dans la liste. Le nombre de chiffres séparant l'indice de la cible variait ainsi que la vitesse de présentation des items. Les résultats ont montré que la vitesse de présentation n'avait pas d'effet sur les performances alors que celles-ci se dégradaient rapidement lorsque le nombre d'items de même nature intercalés entre la cible et la sonde augmentait. Ceci a suggéré que l'interférence était un des éléments constitutifs de l'oubli à court terme.

À partir de l'hypothèse d'Atkinson et Shiffrin (1971, cités dans Ehrlich et Delafoy, 1990) selon laquelle le registre à court terme, ou MCT, assurerait l'exécution de tâches cognitives complexes, Baddeley et Hitch (1974) ont souhaité d'une part vérifier si des tâches comme l'apprentissage, le raisonnement ou la compréhension mettaient en jeu ce registre et d'autre part estimer les limites d'empan dans ces conditions de traitement. Par exemple, dans une étude portant sur les capacités de raisonnement, Baddeley et Hitch (1974) ont testé l'hypothèse selon laquelle l'exécution simultanée d'une tâche de MCT et d'une tâche de raisonnement provoquerait une réduction des performances à la dernière épreuve. Pour cela, ils ont utilisé un paradigme de double tâche où les sujets effectuaient un test de raisonnement verbal tout en se souvenant de suites de chiffres variant entre 0 et 8. Le test de raisonnement consistait en une vérification de phrases dont le niveau de complexité variait en fonction de leur forme active ou passive, affirmative ou négative. Le temps et la qualité des réponses étaient enregistrés. Dans la tâche mnésique concurrente, les sujets répétaient à voix haute des chiffres et les rappelaient après le test de raisonnement. D'après les modèles de mémoire à registres multiples, si la MCT est utilisée pour le raisonnement, le fait de la charger avec une tâche concurrente devrait affecter le temps et la qualité des réponses. Ainsi, plus le nombre de chiffres à retenir est élevé, plus la capacité de la MCT devrait être mobilisée et plus les interférences avec les performances au test de raisonnement devraient être importantes.

Pour une charge mnésique élevée (8 items), les résultats ont montré que les temps de réponses au test de raisonnement augmentaient mais que la qualité de ces réponses demeurait constante en comparaison avec la condition contrôle sans charge concurrente. Cela suggérait l'existence d'un espace de travail aux propriétés différentes de celles de la MCT, impliquant que toutes les formes de mémoire immédiates ne partageaient pas une capacité commune. D'autres résultats ont permis à Baddeley et Hitch (1974) d'avancer l'idée que cet espace de travail distinct de la MCT avait une capacité limitée pouvant être allouée de manière flexible au stockage ou au traitement des informations. Il s'agissait de la MDT.

À travers leur approche différentielle de la compréhension de texte, Daneman et Carpenter (1980) ont rapidement adhéré à l'idée d'une MDT. Dans une étude sur l'empan de lecture consistant à lire un maximum de phrases à voix haute tout en maintenant disponible le dernier mot de chaque phrase en vue d'un rappel ordonné, ces auteurs ont montré que l'empan de lecture et les performances de compréhension étaient corrélés

alors que la mesure d'empan classique et les performances de compréhension ne l'étaient pas. Autrement dit, les capacités de MCT ne rendaient pas compte de la compréhension des phrases. Par ailleurs, l'empan de lecture et l'empan mnésique reposaient sur des capacités différentes. La corrélation entre empan de lecture et compréhension de phrases suggérait que cette dernière dépendait des capacités de MDT. Ces résultats ont donc constitué un argument supplémentaire en faveur de l'existence d'une MDT impliquée dans les activités de compréhension du langage.

### 1.1.3. Une conception largement répandue de la MDT : le modèle de Baddeley (1974, 1986)

Dès 1974, Baddeley et Hitch ont proposé une définition de la MDT selon laquelle «the core of the working memory system consists of limited capacity 'work space' which can be divided between storage and control processing demands.». D'après cette définition, la MDT (figure 1.3.) est un système de ressources attentionnelles doté d'une structure et d'un mode de fonctionnement propres permettant l'exécution d'un traitement, simultanément au stockage des informations utiles à ce traitement.



Fig. 1.3.— Représentation schématique du modèle de MDT d'après Baddeley (1986)

Ce modèle hiérarchique s'appuie sur une conception classique selon laquelle les processus de traitement opèrent sur les représentations maintenues dans des espaces de stockage. La fonction de maintien temporaire et de manipulation de l'information s'effectue dans la limite des capacités de traitement disponible et s'exerce par l'intermédiaire de trois composantes distinctes correspondant à deux systèmes dits « esclaves » et un administrateur central. Les deux premières composantes correspondent à la boucle phonologique qui maintient temporairement actives les informations verbales, et au calepin visuo-spatial qui assure le stockage à court terme de l'information spatiale et visuelle. Leur activité est coordonnée par l'administrateur central dont le fonctionnement sera assimilé par Baddeley à un système attentionnel de capacité limitée responsable des traitements contrôlés et des stratégies d'exécution.

La MDT est considérée aujourd'hui comme un système nécessaire à l'exécution d'un grand nombre d'activités impliquant le stockage et le traitement de l'information. Elle serait engagée dans l'activité de lecture (Cantor et Engle, 1991; Just et Carpenter, 1992), le calcul mental (De Rammelaere, Stuyen et Vandierendonck, 1999; Ehrenstein, Schweickert, Choi, et Proctor, 1997; Logie, Kenneth et Wynn, 1994; Riddoch, et Humphreys, 1995.), la compréhension des relations spatiales (Farrand et Jones, 1996 ; Robbins, Anderson, Barker, Fearnighough, Henson, Hudson et Badelley, 1996), la mise à jour de l'information (Morris et Jones, 1990 ; Van der Linden, Brédart, et Beerten, 1994) ou encore la formation de pensées intrusives (Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-smith et Baddeley, 1995; Teasdale, Proctor, Llyod et Baddeley, 1993).

Le modèle de Baddeley et Hitch (1974) repose sur la métaphore spatio-temporelle supposant l'existence, à l'intérieur du système cognitif, d'espaces dévolus au stockage et au traitement de l'information symbolique (Barrouillet, 1996). Dès 1986, Baddeley a fait évoluer cette conception en envisageant l'administrateur central comme un pôle attentionnel caractérisé par des capacités d'activation et d'inhibition (Norman et Shallice, 1980, 1986 cités dans Shallice, 1995). Le modèle de Baddeley (1986) se situe alors à mi-chemin entre la métaphore spatio-temporelle et la métaphore énergétique laquelle met l'accent sur les processus d'activation et d'inhibition. Ici le traitement de l'information en MDT suppose un stockage temporaire sous forme d'activation, limitée dans le temps, d'une partie de la MLT.

Les caractéristiques des composantes de stockage et de traitement de l'information verbale seront détaillées plus loin dans ce chapitre puis étudiées dans la partie expérimentale. En revanche, n'étant pas directement impliqué dans les paradigmes utilisés, le calepin visuo-spatial ne sera pas abordé dans le détail. Notons qu'il fait actuellement l'objet d'un nombre croissant de recherches alors qu'il est resté longtemps inexploré du fait de la complexité des techniques à utiliser pour l'isoler des autres instances. Selon Baddeley (1992a), il serait lié au processus de perception visuelle et d'action. Une épreuve classique supposée le mettre en jeu est le rappel de séquences d'énoncés décrivant des déplacements sur une matrice de  $4 \times 4$  carrés (Baddeley et Lieberman, 1980, cités dans Ehrlich et Delafoy, 1990). Cette tâche exige en effet l'utilisation d'un codage spatial de la configuration décrite, à l'intérieur d'une matrice, par les énoncés. La démarche adoptée pour étudier les caractéristiques du calepin visuo-spatial est inspirée des méthodes d'interférences utilisées pour mettre en évidence les effets spécifiques à la boucle phonologique. L'hypothèse sous-jacente est que l'architecture fonctionnelle des deux systèmes esclaves est relativement similaire.

#### **1.1.4. Différents types de modèles de MDT**

La notion de MDT a permis l'émergence d'autres conceptions souvent spécifiques au cadre théorique auquel elles se rattachent (psychologie générale, différentielle). Nous présentons les principaux modèles issus de la métaphore spatio-temporelle ou énergétique (Barrouillet, 1996). La première métaphore décrit le système cognitif comme une architecture structurale comprenant des lieux de stockage et de traitement limités d'un point de vue spatial (espace de stockage) et temporel (durée de maintien). La seconde renvoie à un « état de la mémoire » (Roulin et Monnier, 1996) c'est-à-dire à un réseau associatif doté de différents niveaux d'activation. À l'exception du modèle de Baddeley (1986) développé de manière transversale dans ce chapitre, du modèle hybride de Schneider et Detweiler (1987) intégrant une instance de contrôle au sein d'un réseau connexionniste et du modèle de Daneman et Carpenter (1980) appartenant à la métaphore spatio-temporelle, les modèles présentés ci-dessous reposent sur la métaphore énergétique.

##### **1.1.4.1. Le modèle de Daneman et Carpenter (1980)**

Ce modèle s'appuie sur l'étude différentielle de la compréhension de texte, visant à montrer que les individus diffèrent dans la mise en oeuvre des processus d'intégration requis par la lecture. Pour Daneman et Carpenter (1980), une répartition déséquilibrée des capacités de la MDT entre le traitement des mots et le stockage des informations antérieurement traitées pourrait expliquer les différences de performance de lecture. Cette hypothèse, validée par le biais du test d'empan de lecture (§ 1.1.2) a permis de montrer que cet empan constituait un indicateur fiable de la capacité de MDT distribuée de manière flexible vers ses fonctions de stockage et de traitement en fonction des stratégies mises en oeuvre pour exécuter la tâche. Le principe du modèle est que les capacités inutilisées du traitement sont affectées au maintien des résultats de ces opérations de traitement. Lorsque ces derniers sont coûteux, les capacités disponibles diminuent et la quantité d'information pouvant être stockée est alors réduite. En définitive, l'efficacité du traitement détermine ici directement l'espace disponible pour le maintien de l'information. Toutefois, la capacité de traitement n'est pas une propriété générale mais une capacité opérationnelle, spécifique à un ensemble d'opérations mentales, en l'occurrence ici, l'activité de compréhension de texte.

##### **1.1.4.2. Le modèle de Schneider et Detweiler (1987)**

Le modèle de Schneider et Detweiler (1987) est une architecture connexionniste constitué de régions de traitements inter reliées et organisées en plusieurs modules de traitement. Un système de contrôle supervise le maintien et la sortie de l'information provenant des divers modules et régions. La particularité du modèle est que l'information qui circule dans le système est associée à un contexte temporel qui facilite la récupération des informations même après un court délai et permet de reprendre une activité interrompue sans dégradation des performances. L'architecture du modèle comporte trois niveaux hiérarchiques de représentation du plus local au plus général. Le premier indique comment le système stocke, catégorise et transmet l'information en son sein. Le second permet d'accéder à une représentation des phénomènes de stockage temporaire dans les

modules et des traitements séquentiels qui s'y déroulent. Le troisième concerne l'architecture complète du système de MDT (figure 1.4.).

C'est à un niveau général du système que les interactions entre les régions de traitement sont représentées. Celles-ci sont supervisées par le contrôle central qui échange des informations avec chaque module mais ne communique pas directement avec les vecteurs « messagers ». Le centre de contrôle ne s'apparente donc pas à un « exécuteur central » au sein duquel la totalité des messages doit transiter. Deux modules peuvent communiquer entre eux sans que l'information soit obligatoirement transmise au centre de contrôle. Cela favorise la circulation rapide de l'information et permet aux différentes régions d'activer conjointement et automatiquement une autre région de traitement.

L'originalité du modèle repose sur l'information de contexte qui module le système de stockage de la MDT. Le contexte de stockage joue en effet un rôle critique dans le maintien temporaire de l'information à l'intérieur du système, car il rend compte des variations continues des représentations liées à l'état interne du sujet. Quand la région étiquetée « contexte » transfère de l'information dans la boucle des vecteurs « messagers », elle vient moduler le stockage de l'information circulant dans le système. Cette modulation dépend principalement des codes activés lors de la transmission de l'information et de la vitesse de déclin spécifique aux différentes connexions réalisées dans les modules.

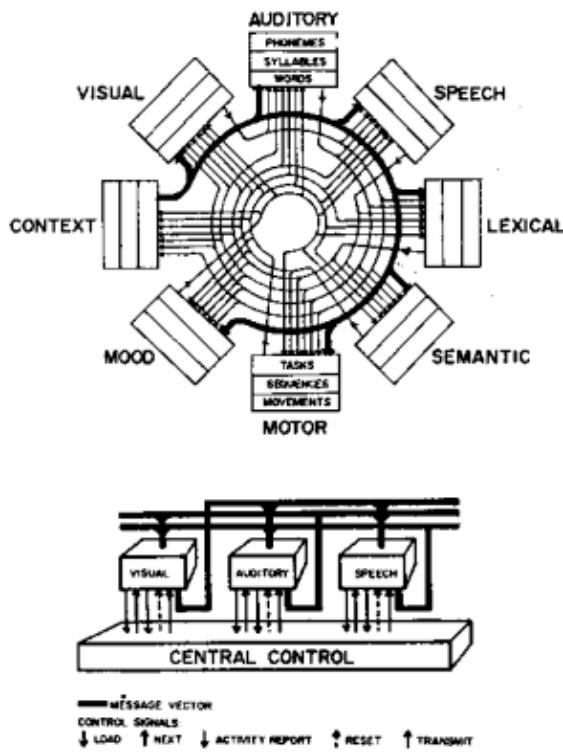


Fig. 1.4. — Architecture du modèle connexionniste de Schneider et Detweiler (1987) : régions de traitement du système (haut) et système de contrôle (bas).

L'architecture du modèle comporte plusieurs espaces de stockage qui se situent dans différentes régions et dans les différents modules de chaque région. Ces espaces de stockage, à capacité limitée, assurent les entrées et sorties séquentielles de l'information. Selon Schneider et Detweiler (1987), l'information de contexte est un indice utile pour la récupération des informations transitant dans ces buffers. Plus généralement, le stockage dépendrait du type de module activé, du type d'information transmise à travers les vecteurs « messagers » et du codage utilisé. Parallèlement au stockage, il existerait une grande variété de stratégies de traitement en MDT. Cette diversité de stratégies s'expliquerait par le nombre important de régions et modules de traitement,

d'espaces de stockage et de systèmes de contrôle. Dans le modèle, les stratégies reposent sur l'allocation de ressources diversifiées contribuant aux espaces de stockage et aux structures de contrôle. Bien que relativement complexe, cette architecture intègre certaines contraintes biologiques et comportementales capable de rendre compte de la complexité de la mémoire humaine.

### 1.1.4.3. Le modèle ACT<sup>note1</sup> d'Anderson (1983, 1989, 1993)

Il a été développé à partir d'études sur l'acquisition d'habiletés cognitives. Dans une première version du modèle (1982, 1983, cité dans Anderson, 1989) la MDT sert d'espace mental pour l'acquisition d'habiletés cognitives et astreint l'apprentissage à des règles de traitement séquentiel. Elle se caractérise par une quantité limitée d'activation se propageant dans un réseau d'éléments interconnectés (Anderson 1983, cité dans Carlson, Sullivan et Schneider, 1989). Ces éléments interconnectés correspondent à trois composantes: une mémoire à long terme déclarative sous forme de réseau où les noeuds peuvent avoir différents niveaux d'activation, une mémoire procédurale constituée de règles de production applicables, de manière automatique, aux situations rencontrées dans l'environnement et enfin, une mémoire de travail qui forme l'interface entre les deux précédentes composantes (figure 1.5.).

Ces composantes interagissent dans un espace de traitement unique où les opérations de stockage et de traitement se réalisent de manière coordonnée. Selon Carlson, Wenger, et Sullivan (1993), la coordination concerne à la fois les informations perceptives et mnésiques et implique un certain contrôle caractérisé par le déplacement de l'attention pour la sélection des différentes opérations de stockage et de traitement en interaction dans l'espace du système. Ce modèle constitue une référence pour les modèles envisageant la MDT comme une partie active de la MLT.

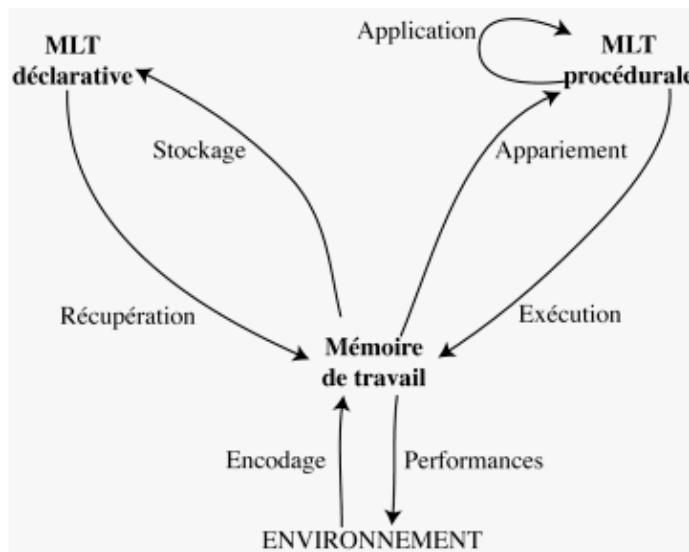


Fig. 1.5. — Architecture générale du système de production ACT d'Anderson (1983, cité dans Gaonac'h et Larigauderie, 2000)

Dans la dernière version du modèle, baptisée ACT-R, Anderson (1993, cité dans Anderson, Reder et Lebriere, 1996) combine une conception traditionnelle de la MDT à une conception issue de la théorie des systèmes de production où la MDT comprend l'information déclarative disponible sur laquelle des règles de production opèrent. Ces règles de production correspondent aux connaissances procédurales. Ici, le concept d'activation est substitué à la notion d'espace limité, c'est-à-dire que les limites de stockage et de traitement traduites en termes d'espace limité sont remplacées par la notion de limite d'activation. Dans le modèle ACT-R, diverses traces en mémoire déclarative possèdent des niveaux différents d'activation qui déterminent la vitesse et la probabilité avec laquelle elles seront traitées par des règles de production. Ces connaissances déclaratives sont

regroupées par «chunks». Le processus d'activation détermine la disponibilité et le degré d'association de ces informations en MDT. L'activation d'un «chunk» est la somme des sources d'activation reçues des éléments du focus attentionnel. De cette manière, il est possible de distinguer les éléments activés, les différentes sources d'activation et la force de l'association entre les éléments actifs. La capacité limitée de la MDT repose donc ici sur les capacités de récupération en MLT qui dépendent de l'attention génératrice de sources d'activation et de la force d'association des éléments activés (Anderson, Reder et Lebiere, 1996). La MDT n'est donc pas considérée comme une structure mais plutôt comme le produit de processus d'activation. Selon Anderson et coll. (1996), le rapprochement entre la limitation de sources d'activation du modèle ACT-R et la limitation des ressources de l'exécuteur central du modèle de Baddeley (1986) est tout à fait acceptable.

#### **1.1.4.4. Le modèle de Cowan (1988, 1993, 1998)**

Cowan (1988) propose un modèle alternatif du traitement de l'information en s'appuyant sur une représentation globale du décours dynamique des transformations de l'information plutôt que sur une représentation structurelle en termes de stocks. Il aborde ce qui est essentiel pour le fonctionnement de la MCT en omettant volontairement la description de sous-systèmes spécialisés, car il suppose l'existence d'un système de stockage commun où les éléments sont activés en fonction de leurs propriétés.

Dans ce modèle, le stimulus accède à un stock sensoriel où ses caractéristiques sont préservées. Dans le même temps, l'information en MLT est activée. Le stock à court terme assure le codage du stimulus et le maintien des codes activés en MLT. Selon que le contenu du stock à court terme soit familier ou nouveau, il demeure hors du champ de la conscience ou bien sollicite l'attention du sujet. Dans le cas où l'information requiert une prise en charge par les processus attentionnels parce qu'elle n'a pas encore fait l'objet d'une habitation, elle atteint le focus attentionnel pour être placée sous le contrôle de «l'exécuteur central». Celui-ci permet de diriger les processus attentionnels et assure la récupération des informations contenues en MLT. Le focus attentionnel constitue donc la part active de la MDT sur laquelle «l'exécuteur central» exerce ses fonctions de sélection, de maintien et de récupération des informations.

Pour Cowan (1993), la MCT est un système hiérarchique où les représentations activées en MLT sont dissociées de celles prises en charge par le focus attentionnel. Les représentations activées en MLT restées hors du focus attentionnel sont néanmoins disponibles au cas où l'attention se porterait sur elles. Ainsi, le contenu du focus est un sous-ensemble de ce qui est activé en mémoire. Cette conception hiérarchisée (figure 1.6.) suppose que les caractéristiques des informations du focus attentionnel soient distinctes de celles activées en dehors de celui-ci. Cowan (1993) utilise la métaphore neurologique pour définir le phénomène d'activation comme un patron spatio-temporel de l'activité cognitive qui renvoie à l'activation et à l'inhibition de l'information nerveuse. Comme Baddeley, Cowan (1993) envisage le rôle de l'activation d'une information sous la forme d'une séquence d'unités activées temporairement qui déclinent naturellement si un mécanisme de rafraîchissement n'intervient pas pour les réactiver. Les caractéristiques de ce mécanisme de rafraîchissement ont été illustrées avec l'effet de longueur du mot qui a suggéré à Baddeley que la longueur des mots était un facteur capable de ralentir le rafraîchissement. Selon Baddeley (1983), il existe une relation linéaire entre l'empan mnésique et la rapidité avec laquelle un sujet peut prononcer une liste de mots. La vitesse d'articulation permettrait d'estimer cette rapidité de répétition sub-vocale des mots, qui détermine à son tour le nombre de représentations phonologiques pouvant être maintenues actives simultanément dans le stock phonologique.

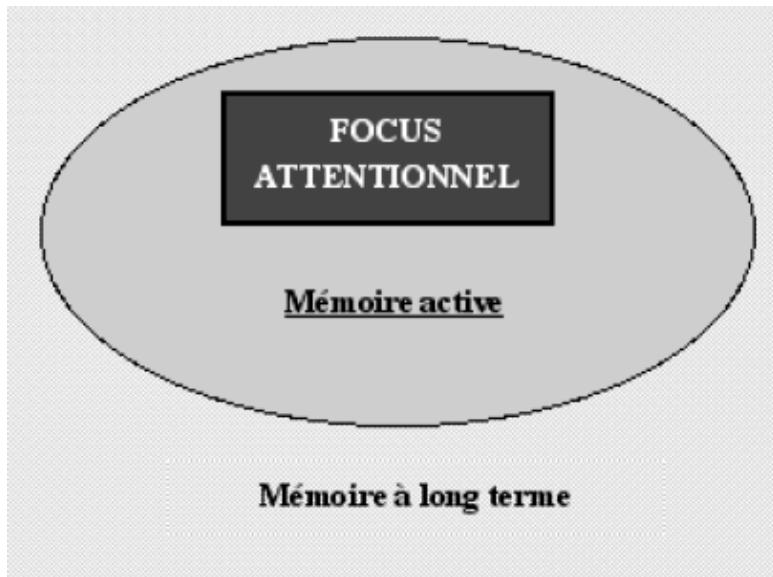


Fig. 1.6.— Représentation schématique du système de mémoire de Cowan (1988) : la MCT est la portion active de la MLT et aux informations du focus attentionnel.

Cowan, Day, Sault, Keller, Johnson et Flores (1992, cités dans Cowan, 1993) ont étudié cet effet de longueur du mot du point de vue de la durée de la restitution orale pour mieux comprendre le rôle de l'activation et de l'attention dans les tâches de MCT. Ils ont observé qu'en fonction du temps nécessaire pour répéter un mot d'une liste, la mémoire pour les autres mots de la liste avait tendance à décliner. Autrement dit, l'activation en mémoire déclinait régulièrement au cours de la restitution des items. Cette observation semblait cohérente avec l'hypothèse de vitesse de répétition selon laquelle la période de déclin de l'information s'étend sur un délai de quelques secondes (2,5) au-delà duquel la perte des items est inévitable (Baddeley, 1986). Toutefois, pour Cowan (1993), cette explication demeurait insuffisante parce qu'elle ne rendait pas compte des contraintes liées à la durée de répétition d'une séquence entière d'items. Une explication alternative des effets liés à la durée de rétention des items en MCT est que la prononciation d'un mot mobilise l'attention (focus attentionnel) et favorise alors le déclin des autres mots de la séquence. Une manière d'atténuer ce déclin est de réactiver chacun des items au cours de la restitution orale. Ce processus de réactivation interviendrait dans l'intervalle de temps entre le rappel de chaque item. L'hypothèse d'une MCT dotée d'un mécanisme de réactivation cyclique des items a été validée dans l'étude conduite par Cowan et coll. (1992, cités dans Cowan, 1993). Cette hypothèse implique que la durée de l'énonciation de la longueur de l'empan au rappel n'a pas besoin d'être corrélée avec l'empan car elle dépend de la vitesse de réactivation des items. Cette hypothèse met également l'accent sur l'interaction entre les processus d'activation et de déplacement de l'attention dans le fonctionnement de la MCT.

Une étude complémentaire de Cowan, Wood, Wood, Keller, Nugent et Keller (1998) a permis de montrer que l'empan mnésique reposait non seulement sur la répétition sub-vocale mais également sur des processus de récupération de l'information (réactivation) en MCT. Les données ont par ailleurs montré que les performances relatives à la répétition sub-vocale n'étaient pas corrélées à celles qui sous-tendaient les processus de récupération en mémoire. Cela suggère que la répétition sub-vocale et la récupération en mémoire contribuent toutes deux à la qualité de l'empan mnésique mais constituent chacune un mécanisme indépendant sous-jacent au fonctionnement de la MDT. Le rythme de répétition articulatoire rendrait compte de l'efficience des opérations propres à la boucle phonologique alors que la stratégie de réactivation des items en présence d'une charge mnésique refléterait davantage l'efficacité de l'exécuteur central (Cowan et coll., 1998).

#### **1.1.4.5. Le modèle d'Engle (1990, 1993, 1994)**

À partir d'une série d'expériences visant à étudier les capacités de la MDT en compréhension du langage, Engle (1986, 1989, cité dans Cantor et Engle, 1993) puis La Pointe et Engle (1990) ont suggéré que l'empan simple (capacité stockage MCT) et complexe (capacité stockage et traitement MDT) n'étaient pas fondamentalement différents dans ce qu'ils mesuraient car ils semblaient rendre compte des performances de lecture de manière non spécifique. Une autre étude réalisée par Engle, Cantor et Carullo (1992, cités dans Cantor et Engle, 1993), a permis de montrer que les différences individuelles en compréhension du langage provenaient moins de l'efficacité des processus de traitement que de la quantité d'activation disponible en MDT pour la récupération de l'information en MLT. Engle a alors suggéré que la MDT était dotée de capacités générales non spécifiques.

Cette vision qui s'inscrit dans une approche énergétique proche du modèle d'Anderson (1983), a conduit Engle, Cantor et Carullon (1992, cités dans Cantor et Engle, 1993) à développer un modèle de capacité de la MDT. Ce modèle, proche des théories avancées par Anderson (1983, cité dans Conway et Engle, 1994), Schneider et Detweiler (1987) et Cowan (1988), vise à rendre compte des différences individuelles dans le cadre d'activités comme la compréhension de texte pour laquelle la MDT est largement mise à contribution.

Le modèle suppose l'existence d'une ressource unique de traitement mobilisée chaque fois que l'information en MLT activée au-delà d'un certain seuil est maintenue temporairement en MDT. Comme dans le modèle ACT\* d'Anderson, l'activation est une ressource limitée qui se propage automatiquement dans un réseau formé de concepts reliés. Lorsque le niveau d'activation d'un concept atteint son seuil critique, il devient disponible et peut alors faire l'objet de traitements variés. Cet état d'activation n'assure pas nécessairement l'accès à la conscience ou au focus attentionnel. Il permet simplement à l'information d'être active afin que les processus de traitement opèrent sur elle. Un traitement ne s'opère que si toutes les connaissances nécessaires à son déroulement atteignent le niveau critique d'activation. Pour se réaliser, le traitement nécessite une demande d'activation supplémentaire qui consiste à maintenir disponible les productions partielles ou finales des traitements ainsi que les buts liés à la procédure en cours. Une autre caractéristique du modèle est que la quantité limitée de ressources allouée à l'activation des concepts interconnectés en MLT (dont le niveau d'activation ne dépasse pas le seuil critique d'activation en MDT), détermine le nombre de concepts qui peuvent être actifs au-dessus du seuil en MDT. Autrement dit, la quantité d'activation limitée en MLT détermine directement la capacité de la MDT. Cantor et Engle (1993) apportent un argument en faveur de cette hypothèse en montrant que le temps de récupération de l'information en MLT (« fan effect ») est en étroite relation avec la taille de l'empan de lecture en MDT.

Enfin, dans une étude visant à comprendre comment les différences individuelles de capacité en MDT affectent la récupération en mémoire primaire et secondaire, Conway et Engle (1994) ont révisé leur modèle en montrant que la capacité dépendait davantage de processus d'inhibition volontaires, lesquels permettent de supprimer des éléments non pertinents activés automatiquement et dépendent des ressources disponibles du système. En cela, ce modèle s'apparente à l'administrateur central de Baddeley (1986) conçu comme un système attentionnel assurant l'inhibition des informations superflues ainsi que l'activation et le maintien des informations relatives à la tâche.

#### **1.1.4.6. Le modèle de Just et Carpenter (1992)**

Suite aux travaux de Daneman et Carpenter (1980), Just et Carpenter (1992) ont étudié les différences individuelles dans la compréhension du langage en s'appuyant sur la notion de capacité limitée. Leur modèle ne comporte pas d'espaces de stockage à modalité spécifique car le maintien et le traitement de l'information reposent sur un mécanisme unique d'activation. Ici, la MDT est assimilée à l'exécuteur central du modèle de Baddeley (1986) où les mécanismes d'activation se substituent aux ressources pour assurer le maintien et le traitement de l'information. La capacité de la MDT correspond donc à la quantité maximale d'activation disponible. Les traitements sont réalisés à l'intérieur d'un système de production dans lequel les symboles

sont manipulés par modification de leur niveau d'activation. Dans le modèle, une règle de production de type «condition-action» propage l'activation d'un élément à un autre. L'élément source détermine les conditions d'activation et l'élément final correspond à l'action. Les traitements sous-jacents à la compréhension sont considérés comme parallèles. Une opération de traitement peut donc être exécutée simultanément à une autre et générer des productions partielles.

Si la quantité d'activation disponible n'est pas suffisante pour assurer la propagation des informations, le niveau d'activation des éléments stockés et traités est réduit dans des proportions identiques pour satisfaire aux limites de la MDT. Cela a pour conséquence de ralentir les traitements (augmentation du nombre de cycles requis pour atteindre le niveau d'activation voulu) et de provoquer l'oubli d'une partie de l'information (production partielle maintenue temporairement). Ainsi, la vitesse et la qualité de la compréhension du langage dépendent de la capacité de la MDT pour le stockage et le traitement des informations. Just et Carpenter (1992) ont utilisé la tâche d'empan de lecture (§ 1.1.2) pour distinguer des sujets possédant un empan élevé ou faible. D'après le modèle, la différence d'empan s'explique par le fait que les sujets avec un empan élevé utilisent peu de ressources de traitement pour la compréhension. Cela leur permet, contrairement aux sujets avec un empan faible, de bénéficier de plus de ressources pour stocker les items. En définitive, ce modèle repose moins sur la notion d'architecture à modules fonctionnels distincts que sur une capacité limitée d'activation issue d'un pool unique de ressources.

#### **1.1.4.7. Conclusion**

L'émergence des modèles de MDT issus de la métaphore neurologique (Anderson, 1983; Cowan, 1988; Engle, 1990; Just et Carpenter, 1992) répond à l'ambition d'interpréter différemment les données empiriques sur les performances en MDT en vue de formuler des hypothèses fonctionnelles nouvelles. L'implication théorique de l'approche énergétique est que les composantes de stockage et de traitement de l'information ne sont plus dissociées. La dimension traitement se révèle être centrale. En effet, l'information n'est pas maintenue pour être traitée, mais c'est le maintien qui résulte du traitement (Roulin et Monnier, 1996). Ces modèles permettraient de mieux rendre compte de la spécificité des capacités de la MDT en fonction de l'activité cognitive. En revanche, le fait que chacun d'eux s'origine dans un domaine de recherche spécifique qui a développé ses propres représentations et concepts ne facilite pas leur généralisation aux domaines voisins.

À l'inverse, le modèle de Baddeley (1986), qui se situe à mi-chemin entre la métaphore spatio-temporelle et énergétique, constitue un cadre interprétatif relativement robuste et ouvert pour opérationnaliser les mécanismes. Il a en effet permis de spécifier le système responsable du maintien actif de l'information verbale (§1.2.) tout en restant ouvert sur une conception énergétique de l'instance de contrôle (§1.1.3.). Ce modèle repose sur un solide corpus de données empiriques. Il représente donc un bon cadre de pensée pour aborder la question de la modulation du fonctionnement mnésique à court terme en situation d'induction émotionnelle. De plus, nous verrons que la plupart des travaux menés sur cette question ont fait appel à ce modèle (Chapitre2).

### **1.2. Le système de la boucle phonologique**

De manière générale, quelle que soit la modalité d'entrée de l'information dans le système mnésique, celle-ci fait l'objet d'un codage, c'est-à-dire d'une transformation liée au fait que ce n'est pas le stimulus lui-même qui est enregistré, mais une représentation de celui-ci.

Conrad et Hule (1964, cités dans Lecocq, 1994, Baddeley, 1992b et Baddeley, 1993a) ont examiné les erreurs d'intrusion à une tâche de rappel de lettres et de discrimination auditive. Les performances ont montré que les intrusions étaient phonologiquement similaires aux items correctement rappelés et que la tâche de discrimination générait le même type d'erreurs que pour le rappel de lettres. Ces données ont suggéré à Conrad et Hule que le stockage à court terme d'un matériel présenté visuellement reposait sur un codage

acoustique.

Dans une expérience utilisant quatre classes de mots, Baddeley (1966, cité dans Baddeley, 1993a) a montré que la mémoire immédiate dépendait de l'information phonologique. Des mots ayant une ressemblance phonologique (tas, bas, pas, ras, mas) ou aucune ressemblance phonologique (pot, barre, vol, pierre, riz), des mots dont le sens se ressemblait (grand, large, haut, gros, vaste) et enfin des mots dont le sens était différent (beau, tard, froid, cher, mince) ont été présentés. La tâche consistait en un rappel sériel immédiat de ces classes de mots. Les résultats ont clairement montré que les items ayant une ressemblance phonologique étaient beaucoup plus difficiles à apprendre que les autres classes d'items. Ces résultats ont suggéré que la mémorisation était médiatisée par la sonorité ou les propriétés articulatoires des items encodés.

### 1.2.1. Le codage de l'information dans la boucle phonologique : une architecture fonctionnelle

Parce qu'elle a bénéficié d'un grand nombre d'études, la boucle phonologique est le système le plus élaboré du modèle. Selon la structure hypothétique de Baddeley (1983, 1994), elle comporte deux composantes distinctes dont l'une maintient l'information verbale dans une unité de stockage et l'autre assure son entretien par le biais d'un processus de répétition articulatoire contrôlé capable de «rafraîchir» l'information et de la renvoyer dans l'unité de stockage. La durée très brève du stockage (1,5 s) oblige en effet le processus de récapitulation articulatoire à réintroduire continuellement l'information dans l'unité de stockage passive. Ce processus reposera sur l'autorépétition sub-vocale et permettrait également à l'information encodée visuellement d'être convertie en un code phonologique pour circuler dans la boucle phonologique. La validité de cette architecture, illustrée en figure 1.7. s'appuie sur un grand nombre d'études expérimentales présentées plus bas.

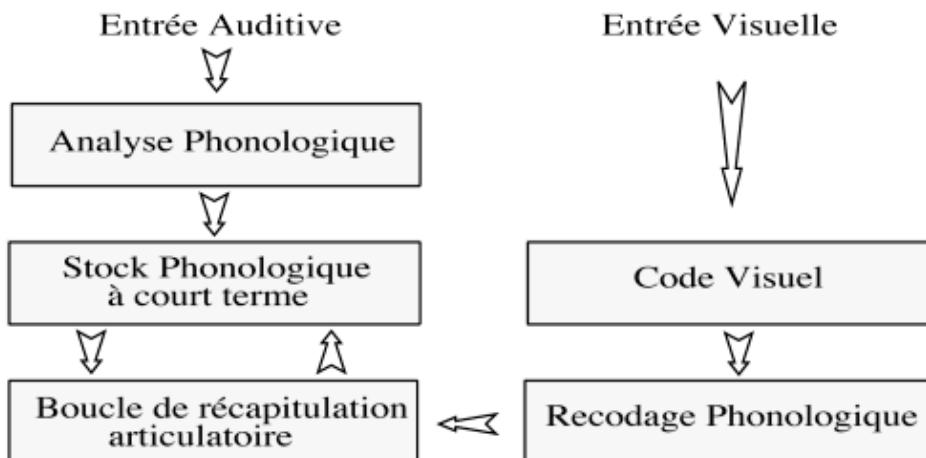


Fig. 1.7.— Architecture Fonctionnelle de la boucle phonologique (Van der Linden, 1994)

#### 1.2.1.1. L'effet de similarité phonologique

Pour Baddeley (1993b) la notion de similarité phonologique est neutre sur la question de savoir si les informations contenues dans la boucle phonologique bénéficient d'un codage acoustique, phonétique ou phonologique. L'effet de similarité phonologique constitue tout de même un phénomène robuste caractérisé par le fait que des items phonologiquement similaires sont moins bien rappelés que des items non similaires. Selon Baddeley (1993a), cet effet suggère que la similarité phonologique rend les items plus difficiles à discriminer vis-à-vis du code articulatoire sous la forme duquel ils sont stockés. La présence de l'effet de similarité phonologique est l'indicateur d'une activité normale du stock phonologique.

### **1.2.1.2. L'effet du discours non pertinent**

Ce phénomène, décrit par Salamé et Baddeley (1987, cités dans Baddeley, 1993a), montre que lorsqu'on demande à des sujets d'effectuer un rappel immédiat de neuf chiffres présentés visuellement tout en ignorant des mots ou syllabes prononcés simultanément à voix haute, la qualité du rappel diminue en comparaison avec la situation où il se fait dans le silence. L'hypothèse explicative est que le matériel verbal pertinent ou non, même ignoré, accède au stock phonologique, constituant un codage concurrent dans la boucle phonologique.

L'étude de Salamé et Baddeley offre d'autres résultats importants. Premièrement, le discours non pertinent affecte davantage le rappel d'items qui lui sont phonologiquement similaires. Deuxièmement, les effets du discours non pertinent disparaissent en condition de suppression articulatoire. Ce dernier résultat, répliqué avec des charges mnésiques de six et neuf items (Hanley, 1997), suggère que le matériel verbal présenté visuellement doit être répété dans la boucle phonologique avant d'atteindre le stock phonologique et éventuellement faire l'objet d'une interférence avec le discours non pertinent.

### **1.2.1.3. L'effet de suppression articulatoire**

Cet effet se manifeste lorsque l'on occupe le processus de récapitulation avec une répétition itérative de mots sans signification, ou de sons comme « bla...bla », en même temps que la boucle phonologique contient des éléments destinés à être rappelés. Le détournement du processus de récapitulation pour la répétition des mots ou des sons ne permet pas à l'information pertinente d'être entretenue et maintenue active dans la boucle phonologique. Cela provoque alors une chute significative des performances à une tâche de rappel sériel immédiat. L'effet de suppression articulatoire abolit généralement les effets dépendants du processus de récapitulation comme, par exemple, l'effet de longueur du mot ou de similarité phonologique. Ainsi, dans une étude utilisant la suppression articulatoire, Baddeley, Lewis et Vallar (1984, cités dans Baddeley, 1993a) ont constaté que l'effet de similarité phonologique était supprimé pour des informations présentées visuellement alors qu'il demeurait pour des informations présentées auditivement. Cela suggérait que selon leur modalité d'entrée, les informations impliqueraient un traitement différent dans la boucle phonologique.. Pour une information auditive, l'entrée dans le stock serait directe et ne nécessiterait pas de codage particulier. En revanche, l'information visuelle exigerait un transfert vers le stock phonologique par l'intermédiaire du processus de récapitulation articulatoire (figure 1.7.).

### **1.2.1.4. L'effet de la longueur du mot**

Le fait que le rappel de mots monosyllabiques soit plus facile qu'un rappel de mots polysyllabiques suggère que l'empan mnésique est déterminé par la durée de prononciation des items présentés (Baddeley, Thomson et Buchanan, 1975, cités dans Baddeley, 1993a). Le facteur déterminant correspondrait effectivement à la durée de prononciation plutôt qu'au nombre de syllabes car la comparaison des performances au rappel entre des mots de deux syllabes ayant soit une prononciation lente, soit une prononciation rapide, montre que les premiers produisent un empan plus court que les seconds. La réduction de l'empan associée à l'effet de longueur du mot rendrait compte du fait que des mots longs qui prennent plus de temps pour être prononcés empêchent la trace mnésique des mots précédents de bénéficier d'une récapitulation articulatoire, ce qui aurait pour conséquence de les effacer. Baddeley et coll. (1975, cités dans Baddeley, 1993a) ont étudié plus finement le paramètre de vitesse d'articulation et ont montré que la relation entre la durée totale de prononciation et la probabilité de rappel correct formait une ligne droite (figure 1.8.). Ces données ont suggéré que l'empan mnésique correspondait au nombre d'éléments, de quelque longueur qu'ils soient, pouvant être prononcés en 2 ou 2,5 secondes. Le nombre d'items rappelés serait donc fonction du temps d'articulation sub-vocale.

Néanmoins, cette hypothèse de déclin rapide a été remise en cause par l'étude de Richardson, Longoni et Di Masi (1996) où des sujets devaient effectuer un rappel sériel de mots similaires ou non phonologiquement, avec des délais de rétention variables (0 ou 10s) occupés ou non par une activité de suppression articulatoire. Les résultats de cette expérience montrent que l'effet de similarité phonologique subsiste jusqu'à un délai de

rétenzione égal à 10 secondes pendant lequel l'utilisation de la répétition articulatoire est entravée par l'activité de suppression articulatoire. Autrement dit, cela suggère que le code phonologique de l'information est maintenu au-delà d'un intervalle de temps de 2 secondes.

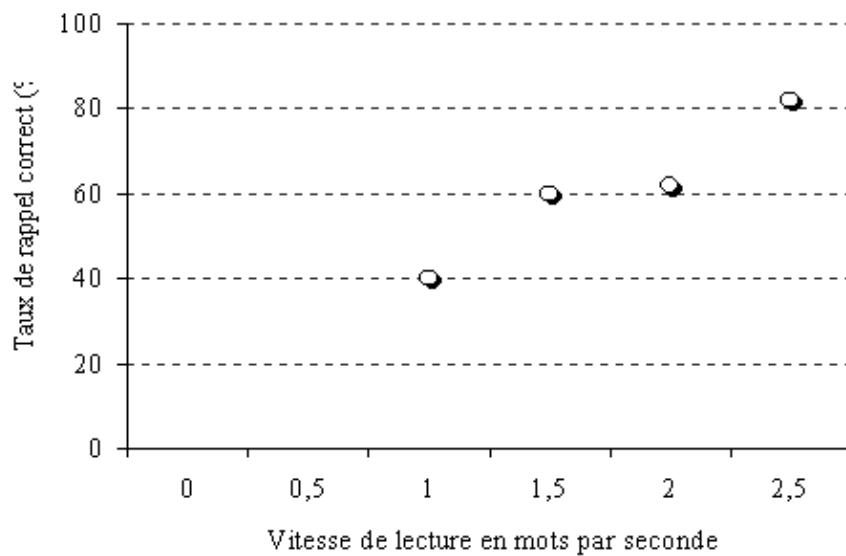


Fig. 1.8. — Relation approximative entre vitesse de lecture et rappel observé par Baddeley & coll. (1975, cité dans Baddeley, 1993a)

Par ailleurs, une série d'expériences conduite par Caplan, Rochon et Waters (1992) sur les déterminants articulatoires de l'effet de longueur du mot dans une tâche d'empan montre que l'effet de longueur du mot n'apparaît pas lorsque des mots possédant un nombre de syllabes et de phonèmes équivalents, diffèrent par la durée et /ou la complexité de leurs gestes articulatoires. Autrement dit, quand les mots ont le même nombre de phonèmes, ni leur durée d'articulation ni la complexité d'articulation associées à leur production n'affectent les performances en tâche d'empan. Pour Caplan et coll. (1992), ces données montrent que c'est la structure phonologique du mot, et non les caractéristiques articulatoires, qui détermine la valeur des effets de longueur du mot à une tâche d'empan. Des résultats antérieurs (Bishop et Robson, 1989) suggèrent en même temps que les effets de longueur du mot reposent principalement sur des mécanismes de planification des formes phonologiques. La mesure des performances de mémorisation à une tâche d'empan de patients atteints d'un haut niveau de perturbation articulatoire touchant spécifiquement leur capacité à planifier les gestes moteurs du langage, met en évidence une perte de l'effet de longueur du mot en modalités visuelle et auditive. En comparaison, d'une part avec des performances normales d'empan, et d'autre part des effets de similarité phonologique et de longueur du mot normaux de patients atteints d'une perturbation de l'articulation, cela suggère que les mécanismes de répétition utilisent les processus de planification du langage qui spécifient les gestes articulatoires, et non les gestes articulatoires eux-mêmes.

### 1.2.1.5. Localisation fonctionnelle des activités de stockage et de répétition de la boucle phonologique.

L'analyse des fonctions cognitives à partir de l'étude des lésions cérébrales montre que dans tous les cas de déficits de la MDT, le cortex pariétal gauche est impliqué. Les études en imagerie fonctionnelle avec des sujets non lésés montrent que le cortex pariétal gauche est actif lorsque le stock phonologique est mobilisé (Becker, MacAndrew et Fiez, 1999).

Par ailleurs, l'hypothèse d'une boucle phonologique possédant deux composantes affectées au stockage et à

l'entretien de l'information verbale a reçu des validations supplémentaires grâce aux études en neuroimagerie qui abordent la MDT d'un point de vue neurologique. Ces études visent à spécifier quelles sont les régions impliquées au cours de différentes activités de MDT et à déterminer quelles fonctions cognitives sont médiatisées par ces régions cérébrales. Paulesu, Frith et Frackowiak (1993) ont établi un corrélat neuronal avec les deux composantes de stockage et de répétition de la boucle phonologique en utilisant une technique d'imagerie fonctionnelle. Ils ont comparé l'activité neuronale associée à un jugement de rimes de lettres présentées visuellement avec celle associée au rappel de listes d'items présentés visuellement. La première activité impliquait principalement le système de répétition sub-vocale alors que la seconde engageait à la fois le stock phonologique et le système de répétition sub-vocale. Selon que le matériel présenté correspondait à des lettres anglaises ou coréennes, le codage phonologique était ou non impliqué. La condition de présentation d'items coréens constituait pour les deux tâches la condition contrôle à partir de laquelle les autres activités cognitives ont été comparées. Ces comparaisons ont révélé que le stock phonologique était localisé au niveau du gyrus supramarginal gauche alors que le système de répétition sub-vocale était associé à l'activation de l'aire de Broca.

Dans une série d'expériences utilisant une tâche de reconnaissance de lettres et une tâche n-back consistant à décider si un item cible contenu dans une liste est identique à celui présenté n items avant, Awh, Jonides, Smith, Shumacher, Koeppe et Katz (1996) ont également mis en évidence, à l'aide de la technique T.E.P., l'existence de deux régions distinctes impliquées dans l'activité de stockage et de répétition sub-vocale. Leurs résultats montrent que le stockage implique les régions pariétales postérieures alors que la répétition articulatoire implique les régions pariétales antérieures (aire de Broca, notamment).

L'étude de Smith et Jonides (1997) confirme ces données en montrant une nouvelle fois l'existence d'activations séparées des circuits pariétal postérieur et antérieur, selon que l'activité en MDT implique le stockage unique ou la répétition sub-vocale.

D'autres contributions neuropsychologiques ont permis de spécifier le rôle des différentes composantes de la boucle phonologique. Par exemple, Belleville, Peretz et Arguin, (1992) ont pu mettre en évidence l'existence d'un déficit spécifique de la répétition articulatoire chez un patient cérébro-lésé dont les performances en rappel immédiat montraient une réduction de l'empan mnésique et une absence des effets de longueur du mot, de similarité phonologique et de suppression articulatoire. Associées à la découverte d'un déficit sélectif du système de stockage phonologique (Vallar et Baddeley, 1984, cités dans Belleville et coll., 1992), ces données constituent un exemple de double dissociation entre un système de répétition articulatoire et un système de stockage phonologique, et offrent un argument solide en faveur du modèle d'architecture fonctionnelle de la boucle phonologique proposée par Baddeley (1986).

## 1.2.2. Vers un modèle connexionniste de la boucle phonologique

Toutefois, une limite du modèle traditionnel de la boucle phonologique (Baddeley, 1986) repérée par Burgess et Hitch (1992) est la difficulté à rendre compte exactement de la manière dont la rétention et la restitution ordonnée des items se réalisent. Burgess et Hitch (1992) proposent un modèle connexionniste étendu de la boucle phonologique qui intègre un mécanisme de stockage des associations entre les positions sérielles des items et rend compte des contraintes empiriques liées à la boucle phonologique. Dans ce modèle, les séquences temporelles d'items sont stockées dans un réseau comportant un ensemble d'unités disposées en couches où l'activation d'une couche projette sur la couche suivante. Les items sont représentés localement par des unités comportant des valeurs d'activation comprises entre -1 et +1 qui dépendent de la somme des poids d'activation des autres unités auxquelles elles sont connectées. Les valeurs d'activation des unités sont toujours bruitées car elles incluent une part aléatoire d'éléments. L'architecture du modèle comporte cinq couches d'unités représentées en figure 1.9.

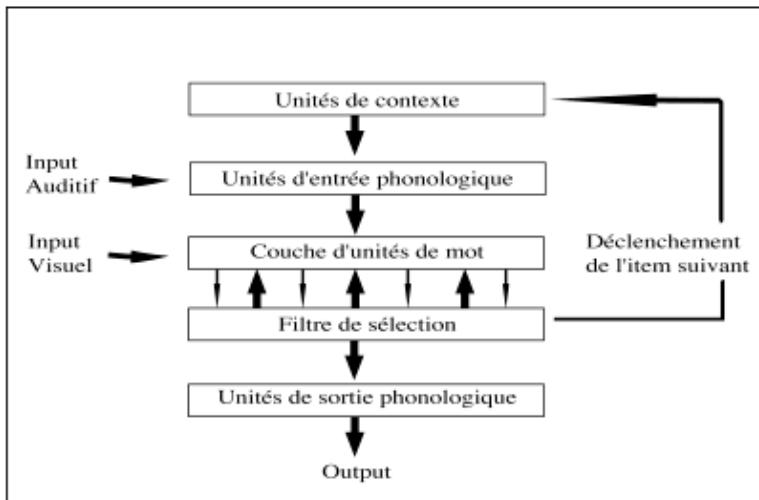


Fig. 1.9.— Architecture du modèle connexionniste de la boucle phonologique. (Burgess et Hitch, 1992)

Selon que l'item est présenté visuellement ou auditivement, l'entrée dans le modèle n'est pas identique. Les entrées auditives activent les unités d'entrée phonologique alors que les entrées visuelles activent les unités de mot. L'input visuel active les unités d'entrées phonologique par l'intermédiaire d'un feedback entre le filtre de sélection et les unités de contexte. Dans cette boucle connexionniste, l'activation se propage des unités de contexte jusqu'aux unités de sortie phonologique affectées à la répétition articulatoire. La couche d'unités de contexte représente les informations non phonologiques d'ordre temporel. Les sorties articulatoires dépendent d'un système de filtre où des inhibitions latérales suppriment les unités les moins actives. L'unité sélectionnée la plus active sera écartée du filtre immédiatement après son rappel. Ce système de filtre est assimilé à un processus de planification articulatoire. Les erreurs de rappel interviennent selon la somme de «bruit» introduite dans les valeurs d'activation. Le bruit est proportionnel au nombre d'items actifs. Plus les items sont nombreux, plus le bruit est important, moins la sélection est efficace car les valeurs d'activation entre le bruit et certains items sont similaires. Les systèmes de feedback entre différentes couches du réseau stockent sous forme de connexions les associations entre les items ainsi que celles entre le contexte et les items. Ces associations sont des indices temporels pour le rappel. Ce sont des patrons d'activation dont le poids décroît avec le temps et que seule les répétitions permettent de réactiver.

La volonté de décrire plus finement le fonctionnement de la boucle phonologique. a conduit Hitch, Burgess, Towse et Culpin (1996) à étudier les mécanismes sous-tendant le phénomène de groupement temporel qui est la segmentation d'une séquence d'items en petites sous séquences connue pour favoriser une meilleure qualité de rappel. Dans une série d'expériences de rappel sériel immédiat de mots, Hitch et coll. (1996) ont montré que le groupement temporel impliquait la composante de stockage de la boucle phonologique. tout en étant indépendant des caractéristiques phonologiques et de longueur d'items. Ceci n'étant pas cohérent avec les prédictions du modèle classique de MDT, Hitch et coll. (1996) ont tenté de spécifier le fonctionnement de la boucle phonologique sur la base d'une architecture connexionniste. Version modifiée du modèle de Burgess et Hitch (1992), ce modèle possède les mêmes attributs et spécifie davantage les particularités de certaines couches d'unités. Par exemple, la couche d'unité d'entrée phonologique correspondrait au stock phonologique alors que le feedback partant de la couche d'unités de sortie vers la couche d'entrée phonologique assurerait le rafraîchissement des items associés au contexte. La caractéristique essentielle du modèle réside dans la couche d'unités de contexte assimilée à une fenêtre mobile où chaque unité est activée pour une courte durée, créant ainsi un recouvrement de contexte entre les items adjacents. Ici, les associations inter item n'existent pas indépendamment du contexte. Les erreurs de rappel s'expliquent par l'impact du bruit associé aux valeurs d'activation des unités et par le déclin des associations de contexte inter item. La couche d'unités de contexte se déclenche chaque fois qu'une nouvelle séquence est présentée. Selon Hitch et coll. (1996), la fenêtre mobile suppose une série d'oscillateurs temporels reflétant le rythme de présentation des listes. Le groupement temporel, considéré comme la modification d'étiquetage des items à leur position sérielle

d'origine, induirait la production d'indices temporels distincts constitutifs des sous-séquences qui faciliteraient le rappel de la séquence entière.

Dans une troisième version (Burgess & Hitch, 1999), le filtre de sélection des items est directement implémenté au niveau de la couche d'unités de mot où l'unité la plus active est sélectionnée puis associée au contexte et aux unités phonologiques. Ce modèle révisé tente de rendre compte des phénomènes d'apprentissage et de déclin des informations en intégrant des valeurs de poids de connexion qui évoluent selon des règles d'apprentissage. D'un point de vue fonctionnel, le rappel oral et la répétition articulatoire correspondent à une même activité qui nécessite la mise à jour constante des informations de contexte, l'inhibition progressive des items récemment activés et la sélection de l'item suivant le plus actif pour le rappel. En définitive, les informations de contexte et les mécanismes d'activation et d'inhibition des unités phonologiques assurent conjointement la restitution ordonnée des items. En revanche, cette modélisation ne prévoit pas l'intervention d'un système de contrôle pour la répétition et le rappel des items, qui paraît nécessaire pour rendre compte des différentes stratégies de maintien et de récupération de l'information.

## **1.3. Le système de contrôle de la MDT : l'exécuteur central**

### **1.3.1. Les fonctions attribuées à l'exécuteur central**

L'exécuteur central est un système complexe dont la particularité est d'être hautement intégré aux systèmes périphériques (boucle phonologique, calepin visuo-spatial) qu'il contrôle et coordonne. Selon Baddeley (1986) il s'agit d'un système attentionnel de contrôle capable de sélectionner les stratégies cognitives et de coordonner l'information en provenance des deux systèmes périphériques. Baddeley lui reconnaît une autre fonction qui consiste à affecter une part de sa capacité limitée pour accroître la quantité d'information maintenue dans les systèmes esclaves. Cela suppose en définitive qu'il existe au sein de l'exécuteur central une composante de planification et de contrôle, et une composante de traitement correspondant aux ressources.

En s'appuyant sur une série d'études relatives aux performances de double tâche, à la production aléatoire de lettres, aux effets du vieillissement et aux différences d'empan mnésique, Baddeley (1996) a proposé une exploration de l'exécuteur central en essayant de spécifier dans quelle mesure il permettait d'expliquer les résultats de ces expériences. Ces rapprochements lui ont permis de décliner quatre fonctions de l'exécuteur central respectivement associées à la coordination de l'activité des sous-systèmes de la MDT, à l'inhibition des automatismes, à la sélection de l'information et à l'activation de l'information en MLT. Par ailleurs, les travaux de Morris et Jones (1990), ont montré que l'administrateur central était impliqué dans les opérations de mises à jour de listes d'items. Plus exactement, il jouerait un rôle dans la modification de statut d'une représentation maintenue temporairement en mémoire en fonction de l'arrivée d'un nouvel input.

### **1.3.2. L'exécuteur central : un système unitaire ?**

Dans le modèle de Baddeley et Hitch (1974) les capacités de traitement de la MDT reposent sur une instance unique de traitement : l'administrateur central, qui est conçu comme un pool de ressources allouées au traitement et au stockage des informations. À la suite des travaux réalisés sur la capacité de la MDT, notamment dans le champ d'étude de la compréhension du langage, un certain nombre de questions sur la relation hypothétique entre des capacités spécifiques et différentes composantes de la MDT se sont fait jour. Une nouvelle façon d'envisager la notion de MDT a été alors de proposer l'existence non pas d'un seul système de traitement mais de plusieurs sous-systèmes spécialisés dotés chacun d'une fonction de traitement. En même temps, des tentatives ont été entreprises pour trouver une mesure capable de rendre compte de la capacité générale de la MDT (Daneman et Green, 1986, cités dans Ehrlich et Delafoy, 1990). Celles-ci n'ont pas donné de résultats concordants et, actuellement, il n'existe pas de mesure vraiment fiable. Cela suggère que la MDT ne possède pas un pool de ressources unitaire mais des capacités fonctionnelles spécifiques. Cette

conception soulève la question de l'existence d'une multitude de processus exécutifs et pose le problème de leur modélisation. Toutefois, nous avons vu que les modèles utilisant la métaphore neurologique parvenaient à résoudre ce problème d'espaces multiples en faisant l'hypothèse d'une ressource unique représentée par des mécanismes d'activation automatiques ou contrôlés.

Pour sa part, Baddeley a proposé dès 1986 non pas une distinction entre plusieurs sous-systèmes supplémentaires mais une dissociation entre deux aspects principaux de l'administrateur central : ses ressources et son rôle de contrôle et de planification. Dans cette perspective, l'administrateur n'est plus envisagé comme un système unitaire. Il constitue un système hybride où le pool de ressources est à la fois un espace de traitement (métaphore spatio-temporelle) et un ensemble de processus d'activation et d'inhibition pour la sélection et le contrôle de la mise en oeuvre des stratégies (métaphore énergétique). Les traitements contrôlés qui s'opèrent en MDT deviennent le produit de processus d'activation et d'inhibition. Autrement dit, l'instance de contrôle s'apparente à une propriété émergente de ces processus attentionnels (Barrouillet, 1996). De notre point de vue, ce changement de perspective nous autorise à adopter le terme de processus exécutifs plutôt que la notion d'administrateur central pour désigner le système attentionnel de la MDT.

Letho (1996) apporte des arguments empiriques en faveur d'un exécuteur central non unitaire en étudiant la relation entre les capacités de MDT et des tests cliniques destinés à évaluer les fonctions exécutives de contrôle et de planification. Le calcul des corrélations entre les performances obtenues à des tâches d'empan complexe (empan de mots et vérification de phrases; empan de mots et résolution de calculs arithmétiques simples) et de mise à jour (*Running Span*) montre des inter corrélations significatives. En revanche, l'examen de la relation entre les tâches d'empan complexe et les tests cliniques (tour de Hanoï ; tâche de poursuite d'un but) ne révèlent aucune corrélation significative. Selon Letho (1996), ces résultats suggèrent premièrement que la tâche de mise à jour est pertinente pour explorer les capacités de l'exécuteur central. Deuxièmement, l'absence de corrélation entre les résultats aux tests cliniques et aux tâches d'empan complexes suggère que les fonctions exécutives ne sont pas en relation étroite avec un facteur général de capacité. Autrement dit, ces données suggèrent l'existence de fonctions exécutives différenciées, non centrales, qui opéreraient de manière relativement indépendante.

Un argument supplémentaire en faveur d'une conception modulaire de l'instance de contrôle de la MDT est issu du modèle du système superviseur attentionnel (Norman et Shallice, 1980, 1986, cités dans Shallice, 1995), sur lequel Baddeley (1986) s'appuie pour décrire les fonctions de l'administrateur central. Selon ce modèle, le système cognitif serait doté d'un superviseur capable d'assurer des fonctions de programmation, de régulation et de contrôle du comportement (Shallice, 1995). Le caractère général de ces fonctions soulève la question de la configuration modulaire ou équivalente du système superviseur. Shallice (1995) préfère une conception modulaire au regard des données psychophysiologiques. Selon lui, « *l'idée selon laquelle le système superviseur est intérieurement modulaire est compatible avec les témoignages psychophysiologiques de dissociations entre les différentes fonctions de supervision à l'intérieur des lobes frontaux* ». En effet, des données issues de l'imagerie cérébrale (§1.3.6.) sont en faveur d'une conception non unitaire de l'exécuteur central.

Dans son article de 1996 consacré à l'exploration de l'exécuteur central, Baddeley se positionne en faveur d'une conception modulaire de celui-ci. Toutefois, la question de savoir si l'exécuteur central peut être envisagé comme un système coordinateur de multiples systèmes exécutifs ou bien comme un ensemble de processus de contrôle autonomes demeure ouverte dans sa conclusion.

### **1.3.3. Le modèle du système superviseur de Norman et Shallice (1980, 1986)**

Le modèle de contrôle attentionnel de l'action de Norman et Shallice (1980, 1986, cités dans Shallice, 1995) a constitué une possibilité de décrire les fonctions de planification et de contrôle attribuées par Baddeley à l'administrateur central.

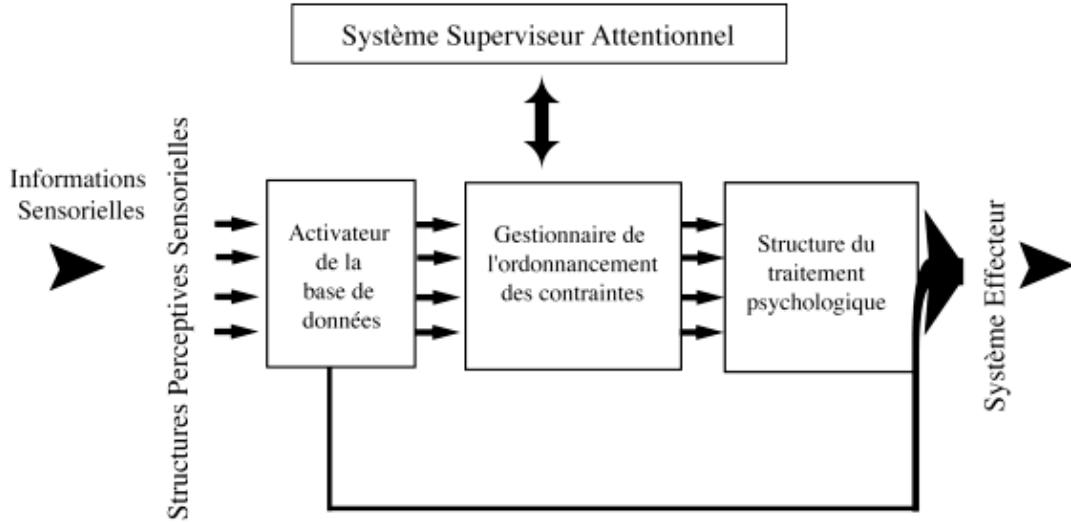


Fig. 1.10.— Le modèle de Norman et Shallice (1980, 1986)

Dans ce modèle, deux niveaux de conduite sont caractérisés par des programmes d'action différents. Un premier niveau de conduite correspond au déclenchement automatique de schémas de pensée ou d'action de bas niveau pouvant se trouver en compétition inhibitrice. Le mécanisme de sélection des schémas, ou Gestionnaire de l'Ordonnancement des Contraintes, repose sur leurs seuils d'activation respectifs. Son fonctionnement automatique vise donc essentiellement les schémas des conduites familiaires de routine. Dans les situations où la sélection routinière de pensées et d'actions est inefficace parce que le contexte comporte une nouveauté ou nécessite une prise de décision qui réoriente l'action, le modèle prévoit un Système Attentionnel Superviseur (S.A.S) capable de mettre en oeuvre un programme de pensée ou d'action de plus haut niveau. De tels programmes permettraient d'inhiber les réponses automatiques pour initier un programme d'action plus adapté. Le système superviseur vise donc à moduler le fonctionnement du reste du système. Il exerce une influence sur l'inhibition des schémas de fonctionnement automatiques par l'intermédiaire d'un contrôle sur les paramètres de résolution. Ainsi, les intentions liées aux buts de la tâche influencent les processus d'inhibition. Pour Arbuthnott (1995), cela suppose un processus de comparaison entre la représentation des stimuli liés à la tâche et celle des buts qui lui sont reliés. Si le résultat de la comparaison est cohérent, il reçoit une activation. Sinon, il reçoit une inhibition. La figure 1.10. illustre le fonctionnement du modèle.

L'unité étiquetée « Activateur de la base de données » correspond à un ensemble de sous-systèmes dotés de fonctions de contrôle. Ceux-ci déclenchent le choix d'un schéma de pensées ou d'actions dans l'unité « Gestionnaire de l'ordonnancement des contraintes ». Le choix d'un schéma intervient lorsque son niveau d'activation dépasse un seuil donné. Une fois actif, le schéma se réalise dans son intégralité, sauf si l'action inhibitrice d'autres schémas déclenchés par l'activateur de base de données intervient, ou si un programme de niveau supérieur est initié. La sélection d'un schéma active d'autres schémas associés parfois nécessaire pour la réalisation du programme d'actions et déclenche la sélection de variables liées aux buts spécifiques du programme. L'unité étiquetée « Structures de traitement psychologique » correspond aux opérations du système qui s'exécutent en temps réel, et qui sont impliquées dans le contrôle décentralisé des mécanismes d'inhibition. Dans ce modèle, un second mécanisme de contrôle de plus haut niveau est nécessaire pour rendre compte des actions volontaires associées aux intentions et aux capacités cognitives. Ce système correspond à l'unité étiquetée « Système Superviseur Attentionnel ». Il ne contrôle pas directement le comportement mais agit dans les situations où la sélection routinière d'actions est inadéquate pour moduler l'activation et l'inhibition de schémas d'actions spécifiques. De cette manière, le S.A.S maintient les buts de l'action, contrôle l'efficacité d'une stratégie et modifie son déroulement si elle s'avère inadaptée.

Shallice (1995) avance deux raisons supplémentaires pour justifier l'existence d'un S.A.S. La première est que le gestionnaire de l'ordonnancement des contraintes dépend de paramètres déclencheurs automatiques résultant des renforcements subis par l'organisme. Les schémas de routine interviennent donc chaque fois que l'organisme est en présence de stimuli déclencheurs. Sans contrôle supérieur, on assisterait à un comportement de persévération. Sans le S.A.S producteur de réponses planifiées, le gestionnaire de l'ordonnancement des contraintes pourrait conduire à un comportement opposé de grande distractibilité, survenant à l'occasion de l'activation de schémas voisins associés au premier schéma d'action automatique. Cette propagation de l'activation favoriserait la capture du comportement par des éléments non pertinents de l'environnement.

Les données empiriques qui permettent d'établir un lien entre le S.A.S de Norman et Shallice (1980, cités dans Baddeley, 1996) et l'exécuteur central de Baddeley (1986) résultent principalement des performances à une tâche de production aléatoire de chiffres ou de lettres appelée « Random Generation » (Baddeley, 1966, cité dans Baddeley, 1992b et Baddeley, 1996). Celles-ci montrent que plus la cadence de production est rapide, moins les séquences produites sont aléatoires. Une façon d'interpréter ces résultats est de supposer que la production de lettres implique des schémas routiniers de récupération basés sur des mécanismes de récitation de l'ordre alphabétique ou d'acronymes. Une production aléatoire nécessite alors l'intervention constante du S.A.S. pour inhiber ces séquences stéréotypées. Selon Baddeley (1996), la réduction du caractère aléatoire des séquences en condition de production rapide dépendrait du temps nécessaire au passage d'un plan de récupération stéréotypé à un plan non stéréotypé d'une part, et au contrôle de la production d'autre part. En d'autres termes, la production aléatoire impliquerait les fonctions de planification et de contrôle de l'exécuteur central de la MDT. Le Random Generation constitue de ce fait une tâche secondaire précieuse pour charger l'exécuteur central et étudier ses implications dans diverses activités de contrôle (Baddeley, 1992b). Néanmoins, Towse (1998) montre que cette tâche ne charge pas l'exécuteur central de manière équivalente selon que la production aléatoire utilise une modalité de production orale ou motrice (utilisation du pavé numérique). En effet, comparativement à la production orale, l'activité motrice favorise la production aléatoire et n'est pas affectée par la quantité d'items à produire. Selon Towse (1998) cette différence s'explique par le fait que la production orale nécessite effectivement la production des réponses possibles, alors qu'en condition de production motrice elles sont disponibles en permanence sur le pavé numérique. Par ailleurs, lorsque la quantité d'items à produire oralement augmente, la sélection des candidats potentiels pour la production est rendue plus difficile. Ces résultats suggèrent que la production aléatoire peut refléter l'efficacité de fonctions exécutives distinctes et suppose donc l'existence d'un exécuteur central non unitaire. Ainsi, dans une autre série d'expériences, Towse et Valentine (1997) ont montré que la production aléatoire de chiffres reposait sur des mécanismes comme la mémorisation de la fréquence de sélection des combinaisons d'items déjà produites et la capacité à inhiber les suites stéréotypées, c'est-à-dire des candidats induits par la sélection précédente.

### **1.3.4. Données issues des études sur le vieillissement**

Le modèle proposé par Baddeley constitue le cadre théorique le plus fréquemment utilisé par les auteurs étudiant la question des effets du vieillissement sur l'activité cognitive par l'évaluation directe de la MDT des sujets âgés. Ces études mettent en évidence un effet de l'âge sur les performances à des tâches exigeant la réalisation simultanée d'opération de stockage et de traitement (Van der Linden, 1994, 1995). L'interprétation classique consiste à dire que ces tâches constituent une activité dont le niveau de complexité est tel qu'il dépasse les ressources de traitement de la MDT des sujets âgés. Ce niveau d'interprétation est toutefois trop général et ne permet pas de savoir sur quel processus exact les effets de l'âge interviennent.

Des études portant sur l'analyse des composantes de la tâche révèlent que toutes les formes de complexité n'interagissent pas avec l'âge de la même façon. Selon Van der Linden (1994), cela constitue un argument pour discuter la notion de ressources. Une autre hypothèse est que les stratégies de traitement qui mobilisent les capacités de l'administrateur central sont moins utilisées par les sujets âgés. Une manière d'examiner les effets du vieillissement a été de proposer une tâche de MDT nécessitant le maintien en mémoire d'une charge

de six items tout en effectuant des opérations de mise à jour sur ceux-ci (Van der Linden, Brédart, Beerten, 1994). Cette tâche de mises à jour ou *Running Span* (Morris et Jones, 1990) qui sera largement développée dans la suite de ce travail, a permis de montrer que le vieillissement affectait la réalisation concomitante des opérations de mise à jour et de stockage mais qu'il n'avait pas d'effet sur l'une ou l'autre de ces opérations prises isolément. Autrement dit, ces résultats suggéraient l'existence d'un effet de l'âge sur les ressources de l'administrateur central, mais ne montraient pas d'influence significative sur ses fonctions de contrôle et de planification.

### 1.3.5. Données issues de la neuropsychologie

Des études en neuropsychologies tendent à montrer que les déficits des fonctions exécutives sont associés à des lésions frontales (Shallice, 1982, 1988, cité dans Baddeley, 1996). Ces syndromes constituent des données importantes pour l'étude des activités de contrôle de haut niveau, lesquelles sont impliquées, selon Luria (1973, cité dans Gaonac'h & Larigauderie, 2000) dans l'intention d'agir, l'élaboration des plans et le contrôle de l'efficacité de l'action orientée vers un but. En effet, la région frontale est reconnue pour être impliquée dans la coordination de divers éléments d'une activité complexe orientée vers un but. Par exemple, l'observation des performances de sujets frontaux à des tâches «artificielles» ou «écologiques» met en évidence des troubles de la programmation, de la régulation et du contrôle de l'activité (Shallice, 1995; Miotto et Morris, 1998). Dans une série d'expériences Wiegersma, Van Der Scheer, et Hijman (1990) ont étudié les performances de patients frontaux à des tâches requérant soit la rétention passive de chiffres, soit la recherche et la comparaison d'items présentés auditivement ou d'items devant être produits et organisés spontanément de manière orale ou motrice. Comparativement aux sujets contrôle, les frontaux témoignent d'un déficit important pour les tâches requérant une production orale ou motrice spontanée et organisée de l'information. Cela suggère que la lésion frontale affecte les processus de sélection pour la production spontanée d'informations organisées. Selon Wiegersma et coll. (1990) ces résultats mettent en évidence un déficit attentionnel chez les patients frontaux.

Parmi les fonctions de contrôle du lobe frontal, les mécanismes d'inhibition tiennent une place importante. Des études en neuropsychologie (Peret, 1974; Milner, 1963; Van der Linden, Bruyer, Roland, et Schills, 1993; Burgess et Shallice, 1996; Andrés et Van der Linden, 1996, 1997, cités dans Andrés et Van der Linden, 1998) ont utilisé des tests classiques d'inhibition (Stroop, Wisconsin, interférence proactive AB-AC, test de Hayling, tâche d'oubli dirigé à court et à long terme), pour vérifier si des patients frontaux présentaient des déficits d'inhibition. Les données se révèlent discordantes et font parfois l'objet d'interprétations divergentes. Pour Andrés et Van der Linden (1998), ces fonctions ne sont pas uniquement sous-tendues par le cortex frontal mais plutôt par un réseau cortico-sous-cortical plus diffus. Selon, Baddeley (1994, 1996) la localisation anatomique n'offre pas des critères de définition suffisants de l'exécuteur central car sa complexité et l'étendue de l'implication des lobes frontaux ne permettent pas d'établir une corrélation parfaite entre eux.

Une illustration de la complexité des implications de l'exécuteur dans des déficits frontaux est l'observation des performances de MDT du patient A.M., cérébro-lésé au niveau de la région fronto basale et périventriculaire frontale gauche (Van der Linden, Coyette et Seron, 1992). Les tests cliniques n'ont révélé aucun déficit de la MLT, des fonctions attentionnelles, du langage ou de la perception. En revanche, A.M. montrait une réduction de l'empan et une diminution de l'effet de récence en présentation visuelle. L'examen du fonctionnement de la boucle phonologique a démontré que le stockage phonologique et le mécanisme de contrôle articulatoire étaient opérationnels. La poursuite des investigations en situation d'attention divisée avec stockage de l'information a révélé une réduction des ressources de l'exécuteur central qui n'affectait pas le traitement des informations mais leur stockage. S'inspirant de l'hypothèse de Vallar et Baddeley (1983 cités dans Van der Linden et coll., 1992) selon laquelle le centre exécutif est aussi responsable du maintien et de la répétition de l'information, Van der Linden et coll. (1992) ont expliqué les performances d'A.M. comme relevant d'une stratégie d'adaptation consistant à allouer la faible quantité de ressources disponibles au traitement de l'information plutôt qu'au stockage. Cette interprétation s'inscrit dans une perspective de fractionnement des capacités de l'exécuteur central.

Enfin, une autre difficulté liée à l'étude des lésions frontales est le fait que les tests cliniques ne rendent pas toujours compte de certains déficits chez des sujets frontaux qui présentent d'importants troubles de la prise de décision et de la planification dans leur vie quotidienne (Shallice et Burgess, 1991 ; Damasio, 1995).

### 1.3.6. Données issues de l'imagerie cérébrale

À l'aide de la technique T.E.P., Jonides, Lauber, Smith, Awh, Minoshima et Koeppe (1997) ont étudié les effets de la variation d'une charge mnésique en MDT sur l'activation cérébrale. Ils ont utilisé la tâche «n-back» pour mobiliser simultanément les processus de stockage et de manipulation de l'information verbale. Les sujets devaient décider pour chaque lettre de la série, si elle coïncidait ou non avec celle présentée n fois auparavant. Les résultats ont montré que l'augmentation de la valeur du n entraînait un accroissement de l'activation des régions impliquées dans le stockage (cortex pariétal postérieur), la répétition sub-vocale (cortex préfrontal), l'inhibition (cortex préfrontal dorsolatéral) et l'attention (cortex pariétal). L'élévation de la charge n'entraînait donc pas le recrutement de régions supplémentaires mais augmentait l'activité de celles déjà impliquées, suggérant la mobilisation de ressources plus importantes. Cela soutenait l'idée que les processus de stockage et de traitement contrôlés recrutent un réseau distribué de régions cérébrales. En répliquant ces données, Smith et Jonides (1997) ont soutenu l'idée que les variations d'activation dans diverses tâches de MDT pouvaient s'expliquer parce que les mêmes composantes étaient mobilisées à des degrés différents. Leur examen par I.R.M.f. de la durée d'activation des régions impliquées dans le maintien (région pariétale postérieure), la répétition sub-vocale (région de Broca) et la mise à jour des informations verbales (région préfrontale dorsolatérale) au n-back span en fonction d'une charge mnésique donnée, a révélé que l'augmentation du degré d'activation impliquait non seulement un accroissement de l'intensité de l'activité cérébrale, mais un allongement de la durée des traitements. Par ailleurs, la région préfrontale dorsolatérale était activée lors du maintien d'une charge mnésique notable dans les temps inter item, indiquant que des processus exécutifs étaient responsables de la mise à jour et du maintien de l'information. Ces données confortent donc l'idée d'une implication de l'exécuteur central pour le contrôle des mécanismes de répétition et de maintien de l'information.

Les bases neurologiques de l'exécuteur central ont été étudiées par d'Esposito, Detre, Alsop, Shin, Atlas et Grossman (1995) avec la technique I.R.M.f. Leur étude visait à examiner l'activation du cerveau lors d'une double tâche consistant à exécuter simultanément une tâche de jugement sémantique et de rotation spatiale. Leur hypothèse était que les régions cérébrales activées lors de la double tâche correspondraient aux bases neuronales du système exécutif de la MDT. La comparaison entre l'activité cérébrale en situation de double tâche et celle observée en situation de simple tâche a montré que la double tâche provoquait une augmentation significative de l'activation bilatérale dans le cortex préfrontal dorsolatéral. En revanche, quel que soit son niveau de difficulté, la simple tâche ne mobilisait pas le cortex préfrontal dorsolatéral suggérant que son recrutement n'est pas lié à l'accroissement de l'effort cognitif. Selon d'Esposito et coll. (1995) cela soutient l'hypothèse d'une implication spécifique du cortex préfrontal dorsolatéral dans une des fonctions principales du centre exécutif : la coordination des activités en MDT. Par ailleurs, d'Esposito et coll. (1995) ont observé l'activation du noyau cingulaire antérieur, responsable du partage attentionnel, simultanément au cortex préfrontal dorsolatéral. Cette implication concomitante en double tâche a suggéré à d'Esposito et coll. (1995) que le centre exécutif comportait probablement diverses composantes exécutives.

Dans une autre étude I.R.M.f. testant la spécialisation des régions dorsolatérale et ventrolatérale du cortex préfrontal pour le maintien ou le traitement de l'information verbale, d'Esposito, Postle, Ballard et Lease (1999) ont utilisé des tâches de rappel différé et de réorganisation alphabétique de lettres pour comparer l'activation des régions cérébrales en condition de maintien actif seul ou de manipulation. Ils ont montré que le maintien actif requis par les deux tâches engageait l'activité des régions dorsolatérale et ventrolatérale. L'activité de la région dorsolatérale était en revanche plus active en condition de manipulation. D'Esposito et coll. (1999) ont rejeté l'hypothèse d'un effort cognitif supplémentaire pour la manipulation car aucune augmentation non spécifique de l'activité cérébrale n'était observée. De plus, Barch (1997, cité dans d'Esposito et coll., 1999) a montré que la région dorsolatérale n'était pas sensible aux modifications de

complexité de l'activité et n'était donc pas le siège d'allocation de ressources pour la manipulation. D'Esposito et coll. (1999) ont avancé l'idée que cette région pouvait être impliquée lorsque des processus exécutifs requis pour le rappel alphabétique (activation en MLT, stratégies de maintien et de mise en ordre,...) étaient engagés, soutenant ainsi l'idée d'une MDT non unitaire. L'étude T.E.P. de Salmon, Van der Linden, Collette, Delfiore, Maquet, Degueldre, Luxen et Franck (1996, cités dans d'Esposito et coll., 1999) a par ailleurs montré que le *Running Span* activait la région dorsolatérale du cortex préfrontal droit.

Wickelgren (1997) a étudié la question du réseau distribué des régions cérébrales impliquées dans les processus exécutifs de la MDT et a soutenu l'idée, défendue par Goldam-Rakic (cité dans Wickelgren, 1997), qu'il n'existerait pas un exécuteur central mais des systèmes parallèles assurant chacun la fonction de processeur central. La MDT requerrait ainsi la coopération entre des zones dispersées du cerveau, et la coordination de l'activité de ces régions serait assurée en partie par la région préfrontale.

## 1.4. Conclusion

Les modèles issus de la métaphore neurologique débouchent sur de nouvelles possibilités de modélisations connexionnistes du fonctionnement mnésique. Aujourd'hui, une part importante des données empiriques disponibles s'inscrivent néanmoins dans le cadre théorique proposé par Baddeley (1986), dont l'intérêt est de rester ouvert aux conceptions énergétiques tout en offrant une somme de connaissances importante sur le stockage à court terme de l'information verbale. Le caractère hybride du modèle de Baddeley intègre les notions d'activation et d'inhibition plus conformes à la réalité neurologique. Il permet d'envisager l'instance de contrôle en distinguant son rôle de réservoir de ressources et ses fonctions de planification pour la mise en œuvre des opérations contrôlées. Une particularité de l'activité de MDT révélée par les études en neuropsychologie est le caractère modulaire du centre exécutif. Dans une perspective spatio-temporelle, cette conception non unitaire soulève la question du nombre de sous-systèmes requis pour le fonctionnement de la MDT. Elle paraît néanmoins compatible avec la métaphore énergétique qui modélise les capacités fonctionnelles spécifiques de la MDT non pas comme des pools de ressources différents, mais comme une ressource unique dont la limite coïncide avec les limites d'activation et d'inhibition du système face aux exigences de la tâche.

Plus généralement, Baddeley (1994) envisage la MDT comme un système de coordination et d'organisation des représentations issues des divers flux d'informations sensorielles, pouvant être assimilées à une propriété émergente capable d'influencer l'activité cognitive. Par exemple, la mise en évidence de l'implication de l'exécuteur central dans le contrôle de la production consciente de pensées non pertinentes chez des sujets dépressifs (Teasdale, Proctor, Llyod et Baddeley, 1993; Rapee, 1993 ; Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-smith, et Baddeley, 1995) atteste du fait qu'une activité contrôlée continue, qui requiert une focalisation de l'attention sur les traitements conscients, réduit considérablement la production des pensées non pertinentes. Cela suggère que la qualité de l'état mental ou du contenu de la conscience est en relation étroite avec l'activité attentionnelle et mnésique. De manière plus générale, cela soulève la question de la relation entre les émotions et la MDT.

## 2. Relation Émotion et Mémoire à court terme

### 2.1. Contribution de la neurobiologie et de l'imagerie cérébrale

La connaissance des contraintes biologiques relatives aux structures et aux mécanismes engagés dans les processus émotionnels aide à apprécier les alternatives théoriques de la psychologie cognitive sur la relation émotion/cognition (Scherer, 1993). L'imagerie cérébrale chez l'homme et les études en neurobiologie animale parviennent aujourd'hui à mettre en évidence les régions cérébrales, les circuits neuronaux et les mécanismes moléculaires impliqués dans les traitements cognitifs et émotionnels.

Les recherches en neurobiologie montrent qu'il existe une interdépendance entre les mécanismes émotionnels et cognitifs (Ledoux, 1989). Cette relation suggère que l'émotion n'agit pas de manière indépendante et que son émergence entraîne des changements dans les processus cognitifs responsables du traitement des informations. D'autres études en imagerie cérébrale sur le fonctionnement normal (Davidson et Irwin, 1999) et pathologique du cerveau humain (Damasio, 1994), fournissent aussi des arguments en faveur d'une étroite relation entre les émotions et les activités cognitives.

### 2.1.1. Données issues de la neurobiologie animale

À partir de l'étude des systèmes neurochimiques responsables des traitements émotionnels et mnésiques, Gray (1990) propose une conception non différenciée de la cognition et des émotions. Il postule l'existence d'un système cérébral commun en s'appuyant sur deux catégories d'arguments provenant à la fois des études réalisées en neurobiologie animale et en neuropsychologie. Premièrement, les drogues utilisées pour combattre l'anxiété et le stress (benzodiazépines, opiacés) sont connues pour modifier les réactions d'inhibition et pour affecter les processus mnésiques chez les animaux. Cela suggère que les mêmes systèmes neurochimiques sont impliqués dans les processus émotionnels et mnésiques. Deuxièmement, la convergence de structures cérébrales impliquées à la fois dans la génération du comportement anxieux et dans l'activité mnésique spatiale à court terme (formation hippocampique), soutient l'hypothèse de systèmes cérébraux non séparés médiatisant les traitements cognitifs et émotionnels.

Les travaux de Chapouthier (1995) centrés sur la relation entre les processus de mémorisation et l'anxiété, révèlent par ailleurs que l'injection d'une faible dose de substances excitatrices chez la souris (méthyl-bêta-carboline-3-carboxylate, responsable de la réduction de l'effet sédatif et anxiolytique du neuromédiateur GABA) favorise l'apprentissage des nouveaux stimuli. Ici, la mise en mémoire suppose une anxiété légère qui suggère l'existence d'une étroite relation entre l'apprentissage et l'anxiété.

Ledoux (1989, 1994, 1995) suggère en revanche que l'émotion et la cognition sont des systèmes distincts subissant chacun l'influence modulatrice de l'autre. En s'appuyant sur l'étude des circuits neuronaux qui sous tendent la relation entre mémoire et émotions, notamment la mémorisation d'évènements associés à la peur, Ledoux fait l'hypothèse de deux voies neuronales séparées assurant des fonctions spécifiques au cours de la réaction émotionnelle. Il propose une carte des projections corticales et sous-corticales impliquées dans la réaction émotionnelle. Les projections nerveuses reliant l'amygdale aux autres régions impliquées dans les processus cognitifs y sont décrites pour apprécier l'influence de la réaction émotionnelle sur l'activité cognitive. Les régions corticales sur lesquelles se projettent les informations nerveuses issues de l'amygdale correspondent aux régions primaires et associatives du cortex sensoriel, à l'hippocampe, au cortex périrhinal ainsi qu'au nucleus basal. Ces projections permettent respectivement de moduler la perception de l'environnement, d'évaluer le danger à partir des informations de contexte et des informations stockées en mémoire et enfin de diriger sélectivement l'attention vers les informations pertinentes de l'environnement. L'existence de telles projections montre qu'une émotion comme la peur agit directement sur les processus cognitifs. Cette relation entre processus cognitifs et mécanismes émotionnels n'est pas univoque car les projections inverses, du cortex vers l'amygdale, illustrent l'influence des traitements cognitifs sur les mécanismes émotionnels. Ledoux (1989) distingue donc deux voies correspondant aux projections cortex-amygdale et thalamus-amygdale. Les premières assureraient le traitement de la signification émotionnelle d'indices complexes, alors que les secondes seraient responsables du traitement des indices simples. Selon la complexité des éléments de la stimulation, ces projections seraient mises à contribution et pourraient entrer en action simultanément.

Cette distinction permet à Ledoux (1994, 1995) d'envisager deux circuits cérébraux au décours temporel différent pour la détection et la réaction émotionnelle. Par exemple, face à un stimulus dangereux, la voie thalamus-amygdale interviendrait pour que le thalamus traite les informations et les transmette rapidement à l'amygdale. Cette voie sous-corticale permettrait à l'organisme de réagir vite. Simultanément, le thalamus enverrait des informations au cortex visuel, lequel effectuerait un traitement plus fin, c'est-à-dire une

représentation détaillée du stimulus. Cette analyse serait alors transmise à l'amygdale par la voie cortex-amygdale pour renforcer la réaction ou au contraire l'inhiber. Cette voie relayée plusieurs fois, serait moins rapide, mais fournirait des informations plus détaillées pour influer sur la suite de la réponse comportementale. Les deux voies pourraient donc fonctionner indépendamment.

Parrot et Schulkin (1993) proposent une hypothèse fonctionnaliste alternative selon laquelle l'émotion est inhérente à la cognition parce qu'elle ne peut se réaliser sans une évaluation cognitive et parce qu'elle permet à l'organisme de se préparer à l'action et à un certain type de comportement. Autrement dit, l'émotion serait une fonction adaptative du comportement. En effet, l'influence réciproque entre les processus cognitifs et les réactions émotionnelles illustre bien les capacités d'adaptation de l'organisme dont les régulations internes garantissent une certaine forme de stabilité face aux changements de l'environnement. Ce caractère adaptatif des comportements émotionnels suppose selon Gray (soumis) que les états émotionnels passagers puissent moduler les fonctions de contrôle de haut niveau comme, par exemple, les fonctions exécutives pour intégrer le phénomène de régulation à travers le système nerveux.

## 2.1.2. Contribution des études en imagerie cérébrale

Ces études utilisent des techniques d'imagerie cérébrale structurelles ou fonctionnelles. La première correspond à l'Imagerie par Résonance Magnétique (I.R.M.) qui permet d'explorer les régions cérébrales dans différents plans en faisant appel au champ magnétique. Elle fournit une reconstruction exacte des structures du cerveau, et offre une visualisation précise des différentes régions cérébrales. La seconde technique, la T.E.P., permet d'observer le fonctionnement du cerveau par l'évaluation de l'activité métabolique. Il repose sur la détection de particules radioactives (positons) émises par un marqueur. L'imagerie cérébrale permet d'explorer l'activité et l'architecture du cerveau d'individus normaux ou de patients atteints de troubles neurologiques.

Dans le cadre de travaux sur l'activité cérébrale normale, une étude sur la relation entre les processus attentionnels et les émotions a été réalisée par Lane et coll. (1997, cités dans Davidson et Irwin, 1999) grâce au T.E.P. Dans cette étude, une activation du cortex cingulaire antérieur, connu pour jouer un rôle dans les processus attentionnels, a été observée lorsque l'attention était orientée vers les aspects émotionnels d'une stimulation en comparaison avec la situation où l'attention était portée sur des aspects non émotionnels. Ces résultats ont été interprétés comme l'indice d'une implication probable du cortex cingulaire antérieur dans les aspects attentionnels de l'émotion.

Selon Davidson et Irwin (1999), une des fonctions du processus émotionnel consiste à organiser l'action et à diriger le comportement vers des buts appropriés à l'organisme. Des données en neuroimagerie, (Ledoux, 1996, cité dans Davidson et Irwin, 1999 ; Davidson et Irwin, 1999) étayent cette hypothèse en montrant que différentes régions sont engagées dans le processus émotionnel. Par exemple, le cortex préfrontal jouerait un rôle considérable dans la représentation de l'affect. La partie ventro-médiale du cortex préfrontal serait impliquée dans la représentation des éléments positifs et négatifs des états émotionnels, alors que la partie dorso-latérale serait impliquée dans la représentation des buts vers lesquels converge le comportement. Quant à l'amygdale, elle jouerait un rôle dans la perception des indices émotionnels et dans la réponse émotionnelle, en particulier pour l'affect négatif comme la peur.

D'autres travaux en neuropsychologie, notamment ceux de Damasio (1994), se sont intéressés aux mécanismes neuraux impliqués dans le raisonnement et la perception des émotions. Selon Damasio (1994) l'expression et la perception émotionnelles sont impliquées dans la faculté de raisonnement. Cette idée repose sur le fait que les circuits neuronaux à la base de la perception émotionnelle ne sont pas seulement situés au niveau du système limbique<sup>note2</sup>, mais également dans certaines parties du cortex préfrontal ainsi que dans les régions où se projettent les signaux en provenance du corps.

Damasio (1994) s'est appuyé sur une série d'observations en neuropsychologie pour discuter de l'interaction entre les mécanismes des émotions et le raisonnement. Sa première observation a concerné le cas de Phineas Gagenote<sup>3</sup>, atteint d'une blessure à la tête causée par la pénétration d'une barre à mine dans une partie de son cerveau engendrant de graves lésions du cortex préfrontal et modifiant son comportement (personnalité inconstante et relations sociales détériorées) sans atteindre ses facultés intellectuelles. Ce cas, étudié a posteriori, a suggéré que certains systèmes neuraux du cerveau humain étaient impliqués dans le raisonnement tout en mettant en jeu les dimensions sociales et personnelles du raisonnement. L'étude plus approfondie de la trajectoire de la barre à mine réalisée par simulation à partir des photographies a permis de situer la lésion au niveau de la région préfrontale ventro-médiale. Celle-ci est aujourd'hui connue pour jouer un rôle capital dans les processus de prise de décision.

Ces hypothèses explicatives des conséquences des lésions situées au niveau de la région préfrontale ventro-médiale ont été corroborées, notamment par l'observation d'un patient atteint d'une lésion préfrontale dont les modifications du comportement, similaires à celles de Phinéas Gage, se traduisaient par une incapacité à prendre des décisions et à planifier efficacement le déroulement des activités associées à une diminution des réactions émotionnelles et de leur perception. Damasio (1994) a interprété cette configuration de troubles comme l'indice d'un rapport étroit entre l'absence d'émotions et la perturbation des facultés de prise de décision et de planification. Selon lui, les systèmes neuraux situés au niveau préfrontal sont impliqués à la fois dans les facultés de planification et de prise de décision, dans l'élaboration de réactions émotionnelles et dans la capacité de maintenir temporairement en mémoire l'image d'un objet. En effet, la prise de décision dans le domaine personnel et social comporterait de nombreuses incertitudes quant à leurs conséquences directes et indirectes sur l'individu. Ces contraintes nécessiteraient la mobilisation de multiples informations relatives au monde interne et externe de l'individu, c'est-à-dire à la récupération, au maintien et à l'attention portée sur les informations distribuées dans le cerveau parmi lesquelles certaines correspondraient à l'équilibre interne du corps. Ainsi, les processus de perception émotionnelle impliqués dans la régulation de l'état du corps, seraient aussi engagés dans la prise de décision. Le cerveau serait organisé de telle sorte que les systèmes impliqués dans le raisonnement et la prise de décision seraient inter reliés avec ceux qui sous-tendent la régulation biologique pour répondre aux impératifs de survie de l'espèce. Ici, bien que l'émotion concerne directement l'état du corps, elle constitue un processus cognitif et requiert le concours de structures corticales et sous-corticales. Elle implique les circuits neuraux des mécanismes émotionnels préprogrammés et les circuits plus élaborés réclamant l'intervention des cortex préfrontaux et somatosensoriels.

Damasio (1994) envisage l'effet du facteur émotionnel sur l'activité cognitive par le biais de trois composantes impliquées dans la formation d'un lien causal entre l'événement inducteur et l'état du corps. Elles correspondent aux représentations sensorielles de l'inducteur émotionnel, aux changements de l'état du corps et à la convergence des signaux provenant de l'inducteur et des changements corporels qui en découlent. Cette dernière module l'activité cognitive, elle induit des changements dans la vitesse à laquelle les images sont engendrées et utilisées ainsi qu'un changement dans le mode de raisonnement appliqué à ces images. Dans le cas de la tristesse par exemple, l'activité cognitive se caractérise par la lenteur de formation des images, la faiblesse des processus d'association entre ces images et la concentration sur les mêmes images. Sur le plan comportemental, cet état s'accompagne d'une inhibition motrice et intellectuelle.

Selon Damasio (1994), la conséquence d'une réponse comportementale à un problème est toujours reliée à une sensation plaisante ou déplaisante. Cette association entre la perception de l'état somatique et une image particulière se réalise grâce à un système automatique d'appréciation des conséquences des actions : les marqueurs somatiques, qui permettent de rejeter ou de valider certaines actions. Ces marqueurs somatiques s'élaboreraient au cours du développement par association entre les situations, les états qu'elles induisent et leurs conséquences prévisibles sur l'organisme. Ils auraient pour siège le cortex préfrontal où convergent les informations provenant de l'environnement, les informations liées à la perception des modifications de l'état du corps associées à certaines situations rencontrées au cours du développement, et les informations sur la mobilisation des mécanismes moteurs associés à l'état du corps.

En dépit des divergences sur la question d'une différenciation de systèmes cérébraux spécifiques aux traitements émotionnels et cognitifs (Ledoux, Gray), les auteurs des études sur les circuits neuronaux et les régions cérébrales, admettent qu'il existe une réelle interaction entre les processus émotionnels et cognitifs. Aujourd'hui, les projections nerveuses vers les régions cérébrales responsables des traitements cognitifs et émotionnels sont identifiées. Cela offre une meilleure compréhension des modulations réciproques entre la réaction émotionnelle et l'activité cognitive. Par exemple, la double implication du cortex préfrontal dans les comportements affectifs et décisionnels montre qu'il constitue une zone clef d'intégration de diverses informations. L'hypothèse des marqueurs somatiques (Damasio, 1994) lui attribue également un rôle central dans l'émergence d'un comportement émotionnel.

Ces données motivent donc une approche expérimentale de l'influence d'un état émotionnel sur l'activité cognitive et en particulier sur les opérations contrôlées en MDT. En effet, grâce à l'imagerie cérébrale, Drevets et Raichle (1998) ont décelé un phénomène de réduction de l'activité des régions responsables des traitements cognitifs (cortex préfrontal dorsolatéral engagé dans MDT verbale) lorsque les sujets faisaient l'expérience d'une émotion négative. À l'inverse, l'activité des régions impliquées dans le traitement émotionnel (cortex cingulaire ventral antérieur activé par l'anxiété) diminuait lorsque les sujets étaient engagés dans des tâches cognitives nécessitant un coût attentionnel élevé. Selon Drevets et Raichle (1998), ce phénomène de désactivation des régions cérébrales est cohérent avec le modèle traditionnel de capacités limitées supposant que la somme d'informations disponibles dans le système cérébral nécessite une variété de mécanismes attentionnels capables d'assurer la sélection des traitements en compétition. La réduction de l'activité cérébrale dans le cortex préfrontal dorsolatéral suggère que l'émotion interfère avec les performances cognitives. De même, la réduction de l'activité cérébrale dans les régions responsables du traitement émotionnel est interprétée comme la conséquence d'une redistribution des ressources de traitement vers différents systèmes en fonction du coût attentionnel exigé par la tâche. Ici, la désactivation des régions responsables des traitements émotionnels reflète la réduction des ressources de traitement allouées à l'évaluation émotionnelle. Autrement dit, l'accès aux informations des régions responsables du traitement émotionnel est empêché lorsque l'activité cognitive requiert un haut niveau d'attention.

## **2.2. Influence de l'émotion : données et modèles théoriques**

### **2.2.1. L'effet de l'anxiété trait**

#### **2.2.1.1. Performances de sujets anxieux à une tâche de transformation et de stockage de lettres en MDT**

Eysenck (1985) a testé l'effet de l'anxiété trait sur les différents processus de traitement d'une tâche de MDT qui consistait en une transformation décalée d'une série de quatre lettres à partir d'un indice numérique qui variait. Dans cette tâche, les sujets devaient, par exemple, restituer la série VHKI lorsque les lettres RDGE suivies du nombre 4 étaient présentées successivement. Selon Eysenck, cette activité de MDT requérait des opérations séquentielles de transformation et de récapitulation mentale pour la restitution complète des bonnes lettres. La mesure des temps de traitement pour la transformation et la récapitulation des lettres montre que l'anxiété allonge la durée de récapitulation et de stockage mais qu'elle n'affecte pas les opérations de transformation. Précisément, l'allongement du temps de stockage et de récapitulation concernait le second, troisième et dernier item de chaque série. Selon Eysenck (1985) cela suggère que les opérations de stockage et de récapitulation correspondent à une activité contrôlée requérant les ressources de traitement de l'exécuteur central. La demande en ressources augmenterait à mesure que le nombre de lettres à traiter croît. Ces données soutiennent l'hypothèse que l'anxiété affecte les ressources de traitement de l'exécuteur central.

### 2.2.1.2. Performances de sujets anxieux à une tâche de compréhension de texte en MDT

Calvo et Eysenck (1996) ont étudié les stratégies de traitement en MDT chez les sujets à l'anxiété trait élevé avec un paradigme de compréhension de texte consistant à présenter phrase par phrase ou mot par mot des textes scientifiques avec ou sans interférence (suppression articulatoire et discours non pertinent). La présentation phrase par phrase était moins contraignante que la présentation mot par mot, car cette dernière impliquait un stockage et une mise à jour continue du stock pour l'intégration du sens du texte sans possibilité de retour en arrière ou d'allongement du temps de lecture. Les résultats ont montré qu'en condition d'interférence et de présentation phrase par phrase, les anxieux produisaient plus de répétitions à voix haute que les non anxieux, sans pour autant commettre plus d'erreurs de compréhension. En condition d'interférence et de présentation mot par mot, les anxieux ont obtenu un niveau de compréhension plus faible que les non anxieux alors qu'en l'absence d'interférence, leur compréhension était égale. Calvo et Eysenck (1996) ont interprété ces données en supposant que la boucle phonologique constituait, chez les sujets anxieux, un mécanisme auxiliaire compensatoire dans l'activité de compréhension de texte. Autrement dit, les anxieux auraient recours à cette composante pour compenser les contraintes d'exécution qui se caractérisent par une impossibilité de retours en arrière et une impossibilité à limiter le rythme de lecture. Cette stratégie de compensation leur permettrait de conserver un niveau de performance identique à celui des sujets non anxieux. Cette interprétation met en évidence le rôle adaptatif de l'anxiété dans la mobilisation des ressources. En effet, les performances des sujets anxieux sont affectées seulement si les stratégies compensatrices ne peuvent être utilisées (présentation mot par mot). Cette explication repose sur la théorie de l'efficience de traitement d'Eysenck et Calvo (1992), selon laquelle l'état d'anxiété constitue une interférence directe sur le système cognitif et une mobilisation de stratégies compensatrices indirectes (figure 2.1.).

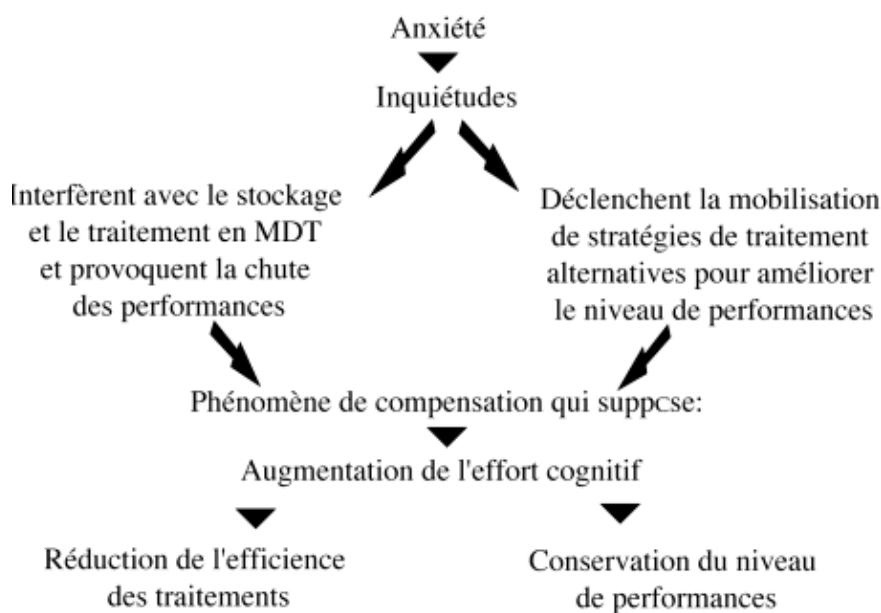


Fig 2.1 Représentation schématique de l'effet de l'anxiété sur les performances cognitives selon le modèle d'Eysenck et Calvo (1992)

Dans le modèle, l'état d'anxiété est déterminé par l'anxiété trait des sujets et par la situation stressante dans laquelle ils sont. Il se traduit par la production de pensées intrusives qui constituent le premier type d'interférence affectant automatiquement les processus cognitifs et réduisant la capacité de l'exécuteur central disponible pour la tâche (Rapee, 1993). Le phénomène de compensation indirecte serait une réponse pour éviter les conséquences redoutées d'une faible performance qui reposeraient sur la mobilisation de stratégies

permettant de contrebalancer la réduction de la capacité de l'exécuteur central. Ces stratégies assureraient l'efficacité des performances (qualité des performances) au détriment toutefois de l'efficience des processus de traitement (rapport entre performances et quantité de ressources de traitement utilisée). En revanche, lorsque les ressources ou les stratégies supplémentaires ne peuvent pas être mobilisées (exemple : contrainte de vitesse de lecture dans la tâche de compréhension de texte), l'anxiété affecte les performances. Cette théorie, où le niveau de difficulté de la tâche est envisagé en termes de mécanismes, semble mieux rendre compte de la complexité et de l'inconsistance des données relatives à l'influence de l'état émotionnel.

L'influence des pensées intrusives et leurs relations avec l'exécuteur central ont été étudiées par Teasdale, Proctor, Lloyd et Baddeley (1993) qui se sont intéressés aux interférences produites par une activité de rappel immédiat ou différé en MDT sur la production spontanée de pensées intrusives non liées à un état émotionnel. Cette étude a révélé trois phénomènes spécifiant la manière dont les ressources sont prioritairement mobilisées pour l'exécution de la tâche ou pour la production des pensées intrusives. Premièrement, la production de pensées intrusives dépend des ressources de contrôle de l'exécuteur central. Ce résultat a été répliqué par Rapee (1993) et Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-Smith et Baddeley (1995) dans des études mettant en évidence l'interférence du système exécutif avec l'apparition naturelle de pensées intrusives. Deuxièmement, les tâches de MDT requérant en continu les ressources de l'exécuteur central interfèrent avec la production des pensées. Enfin, troisièmement, une conscience élevée des stimuli de la tâche est l'indice d'un déploiement des ressources pour le contrôle de l'activité cognitive plutôt que pour la production des pensées intrusives. Le traitement d'une tâche cognitive peut donc interrompre le flux de pensées intrusives naturelles si l'espace temporel nécessaire à leur production, que constitue la MDT, est chargé par les informations relatives à la tâche. En fait, il semblerait que le partage des ressources entre le traitement des informations non pertinentes liées à l'émotion et le traitement de la tâche cognitive puisse se développer tantôt en faveur des informations pertinentes, tantôt en faveur des informations non pertinentes. L'orientation du partage des ressources est déterminée par de multiples facteurs comme la complexité de la tâche, la qualité des pensées intrusives, la possibilité de développer des stratégies alternatives de compensation. Nous verrons (§ 2.2.2.) comment le modèle explicatif des effets de la dépression d'Ellis et Ashbrook (1988), dont le fondement théorique est similaire à celui d'Eysenck et Calvo (1992), tente de rendre compte de l'effet de ces différentes variables sur la relation entre l'état dépressif et les performances cognitives.

### **2.2.1.3. Les performances de sujets anxieux à des tâches d'empan et de vérification de phrase**

Dans une étude visant à vérifier l'effet de l'anxiété trait sur les capacités de stockage et de traitement en MDT, Darke (1988) a testé les performances de sujets anxieux et non anxieux à des tâches d'empan de chiffres et de vérification de phrases. Dans la première tâche qui mobilisait uniquement les capacités de stockage, les sujets devaient rappeler immédiatement dans l'ordre sériel des listes comprenant entre 3 et 9 chiffres. Dans la seconde tâche, inspirée du paradigme d'empan de lecture de Daneman et Carpenter (1980), les capacités de stockage et de traitement étaient requises car il était demandé aux sujets de vérifier le caractère vrai ou faux de phrases dont le dernier mot devait être maintenu en mémoire pour être rappelé ultérieurement. Les résultats ont montré que pour la tâche d'empan numérique, la qualité du rappel des anxieux était nettement moins bonne que pour les non anxieux. Pour la vérification de phrase, les performances au rappel des derniers mots de chaque phrase étaient également plus faibles chez les anxieux. Darke (1988) a interprété ces données à la lumière de la théorie d'Eysenck, avançant l'idée que l'anxiété altérait à la fois le fonctionnement de la boucle phonologique et de l'exécuteur central de la MDT. L'altération des performances étant la conséquence du détournement des capacités de traitement vers les informations non pertinentes produites par l'anxiété (inquiétudes ou pensées intrusives), au détriment de la tâche en cours. La chute des performances à la tâche d'empan numérique constitue un argument supplémentaire en faveur de l'hypothèse d'Eysenck (1982, cité dans Darke, 1988) selon laquelle l'anxiété affecterait la composante phonologique et articulatoire de la MDT et par conséquent les opérations de maintien de la trace en mémoire.

#### **2.2.1.4. Performances de sujets à l'anxiété trait élevée induits dans un état de stress à des tâches d'empan**

Sorg et Whitney (1992) ont étudié l'influence de l'interaction entre l'anxiété trait et l'anxiété état induite sur les performances à une tâche d'empan de lecture recrutant les capacités de stockage et de traitement de la MDT (Daneman et Carpenter, 1980). Cette tâche consistait à lire une série de 2 à 6 phrases comportant entre 12 et 17 mots présentés séquentiellement, puis à rappeler le dernier mot de chaque phrase. Pour induire un environnement stressant, Sorg et Whitney (1992) ont utilisé un dispositif de mise en compétition entre les sujets à des jeux vidéos avant la tâche. Les résultats ont montré que l'anxiété trait combinée avec une situation stressante favorisait la chute des performances à la tâche. En revanche, en l'absence d'induction émotionnelle de stress, les sujets à l'anxiété trait élevée avaient de meilleures performances que les sujets non anxieux. Pour Sorg et Whitney (1992), ces résultats sont cohérents avec la loi de Yerkes-Dodson (§ 2.2.2.) selon laquelle un degré d'éveil trop élevé ou trop bas diminue le niveau des performances à une tâche complexe. De plus, ces données montrent que les capacités de MDT des sujets à l'anxiété trait élevée chutent en situation de stress supplémentaire. Cela traduit un effet de potentialisation entre l'anxiété trait et état dont la mesure physiologique (température cutanée) a validé les effets.

#### **2.2.2. Effets d'un état émotionnel induit**

Parallèlement à l'étude des effets de l'anxiété sur les activités cognitives, Ellis et Ashbrook (1988, 1989) ont présenté un modèle d'allocation de ressources pour rendre compte des effets de l'état dépressif sur les performances à des tâches de rappel en mémoire. Ce modèle, qui offre un cadre interprétatif des effets de l'émotion sur le fonctionnement cognitif à court terme différent de modèles de mémoire à plus long terme comme celui des réseaux associatifs de l'émotion de Bower (1981), repose sur l'idée classique selon laquelle nos capacités de traitements sont limitées et doivent être allouées aux activités cognitives en fonction de leur demande en ressources. La principale hypothèse du modèle est qu'un état dépressif affecte la quantité de ressources allouées à la tâche en cours, parce qu'il génère des pensées non pertinentes associées à cet état. La présence d'informations non pertinentes par rapport à la tâche mobilise alors une partie des ressources de traitement et réduit par conséquent la quantité de ressources allouée à l'exécution de la tâche. Cette réduction produit la chute des performances des sujets dépressifs. Selon Ellis et Ashbrook (1988, 1989), la régulation des ressources par l'état émotionnel dépendrait à la fois de l'intensité de l'état émotionnel et du coût de traitement de la tâche cognitive. Par exemple, avec une tâche coûteuse en ressources et un état émotionnel suffisamment intense, le modèle prédit que la part des ressources de traitement disponibles pour la tâche sera insuffisante pour assurer sa bonne exécution et conduira à une chute significative des performances. D'autres facteurs comme les différences inter individuelles et le contexte pourraient moduler l'effet de l'état dépressif sur la mémoire. Pour Ellis et Ashbrook (1988, 1989) les contraintes liées aux variables contextuelles limitent la généralisation des résultats. En d'autres termes, il n'existerait pas un patron simple et unique des effets de l'émotion sur les processus cognitifs. Aussi, les prédictions du modèle concernent spécifiquement la manière dont ces facteurs peuvent agir sur les performances mnésiques. Par exemple, il existerait une relation entre l'état dépressif et la demande d'encodage inhérente à la tâche mnésique, car les pensées non pertinentes liées à l'émotion mobiliseraient une part des ressources aux dépens de l'activité d'encodage. Aussi, le modèle prédit que plus le coût de l'encodage sera élevé plus l'effet délétère de l'état dépressif sur la mémoire sera important. Une autre prédition concerne les caractéristiques du matériel qui peuvent varier sur plusieurs dimensions, notamment sur le caractère organisé et significatif du matériel à encoder. Le modèle suppose ici que le coût de l'encodage sera plus grand avec un matériel peu organisé, peu structuré et difficilement compréhensible.

À travers une série d'expériences utilisant une méthode d'induction inspirée de la technique de Velten (1968, cité dans Gerrards-Hesse, Spies et Hesse, 1994), Ellis, Seibert, et Herbert (1990) ont étudié la relation entre un état dépressif induit et la production de pensées négatives et défavorables. L'évaluation de la production de ces pensées a consisté à demander aux sujets de lister, en fin d'expérience, l'ensemble des pensées qui leur avaient traversé l'esprit au cours de l'induction, en prenant soin de distinguer les pensées favorables et défavorables. Les résultats indiquent que comparativement aux sujets contrôle, les induits font l'expérience

d'une proportion significativement plus élevée de pensées non pertinentes. Dans une seconde expérience où les sujets devaient évaluer les pensées non pertinentes produites au cours d'une tâche de rappel de mots cibles, les résultats montrent une différence presque significative. Ces données ont été interprétées par Ellis et coll. (1990) comme étant compatibles avec l'idée générale que l'état dépressif était étroitement lié à la production de pensées négatives.

Dans une étude sur la relation entre les pensées intrusives, l'état émotionnel et les performances cognitives, Seibert et Ellis (1991b) ont validé une procédure d'étude de la production de pensées intrusives (partie II, chapitre II) et ont mis en évidence l'effet délétère d'un état émotionnel induit sur les performances mnésiques. La tâche dite de regroupement perceptif consistait à encoder des séries de 5 lettres présentées sous forme de « chunk » (ex : BO NKI D) de telle manière à ce qu'elles ne soient pas prononçables. Les sujets devaient mémoriser ces séries en vue d'un rappel ultérieur. Ils étaient libres d'encoder les lettres comme ils le souhaitaient. Autrement dit, cette tâche offrait la possibilité de regrouper les lettres sous une forme plus intelligible afin que la série soit plus facilement récupérée (ex : BO NKI DBON KID). Les résultats ont montré que la qualité du rappel des sujets induits dans un état joyeux ou triste par une technique d'autosuggestion (Seibert et Ellis, 1991a) était significativement moins bonne que pour les contrôle. Par ailleurs, les sujets induits tristes ou joyeux rapportent plus de pensées intrusives liées à leur état que les sujets contrôle. Enfin, ces données révèlent l'existence d'une corrélation négative entre les performances mnésiques et la proportion de pensées intrusives rapportées par les sujets de l'expérience.

Ces données ont permis à Ellis, Seibert et Varner (1995) d'avancer l'hypothèse de pensées intrusives interférentes pour expliquer la détérioration des performances de sujets induits dans un état triste. Dans leur étude, les effets des états dépressifs, joyeux et neutres ont été comparés sur les performances à une tâche de rappel libre immédiat ou différé afin de vérifier si l'effort d'organisation fourni pour récupérer l'information en mémoire (requis par le rappel différé et non par le rappel immédiat) déterminait les effets de l'état émotionnel. Au rappel libre immédiat, la mesure de la fréquence de bonnes réponses selon les positions sérielles a révélé des effets de récence et de primauté identiques pour chacun des groupes. Ainsi, ni l'induction triste, ni l'induction joyeuse n'affectaient les performances au rappel libre immédiat. En revanche, les résultats au rappel libre différé ont montré que l'effet de récence était supprimé chez les trois groupes, et surtout que les sujets induits tristes et joyeux avaient des performances plus faibles au rappel des mots du début de la liste que les sujets contrôle. Ces données ont montré que l'émotion affectait les performances sur la première portion du rappel, en particulier sur les trois premières positions sérielles. Ellis et coll. (1995) ont interprété ces résultats en supposant qu'un état émotionnel négatif ou positif pouvait interférer avec les traitements cognitifs en cours mais que le degré d'interférence dépendait du niveau de difficulté des traitements impliqués. Ici, l'absence d'effet de l'induction sur le rappel immédiat est cohérente avec l'hypothèse que l'influence de l'émotion a moins de chance d'apparaître lorsque la tâche n'implique qu'un traitement minimum d'encodage ou de récupération. En revanche, le rappel différé, qui suppose un effort d'organisation pour la récupération de l'information, peut constituer un niveau de traitement pouvant entrer en compétition avec le traitement des pensées intrusives liées à l'état émotionnel.

Dans une série d'expériences étudiant l'effet d'états émotionnels négatifs et positifs sur le fonctionnement de l'exécuteur central à une tâche de raisonnement déductif, Oaksford, Grainger, Morris et William (1996) ont testé deux hypothèses contradictoires. La première est issue du modèle d'Ellis et Ashbrook (1988, 1989) et postule qu'un état émotionnel négatif ou positif module l'allocation des ressources de traitement et affecte de manière indirecte les performances en MDT. La seconde hypothèse, dérivée du modèle d'Isen, Daubman et Nowicki (1987, cités dans Oaksford & coll., 1996), suppose qu'un état émotionnel positif facilite directement les processus de traitement contrôlés de la MDT. Les résultats de la première expérience montrent qu'à une tâche de vérification de règles formelles, les sujets induits dans un état positif et négatif obtiennent des performances nettement moins bonnes comparativement aux sujets contrôle. Selon Oaksford et coll. (1996) ces résultats sont compatibles avec l'hypothèse d'allocation de ressources d'Ellis et Ashbrook (1988, 1989). Afin de vérifier l'effet direct (l'émotion affecterait les processus de traitement eux-mêmes) ou indirect (l'émotion perturberait les traitements par l'intermédiaire d'une réduction des ressources) de l'état émotionnel

sur la MDT, Oaksford et coll. (1996) ont conduit une seconde expérience de double tâche visant à contrôler si une tâche concurrente de MDT affectait les performances au raisonnement dans les mêmes mesures que l'état émotionnel. Les résultats obtenus montrent que la situation de double tâche conduit au même patron de résultats que la situation où les sujets induits dans un état négatif ou positif exécutent la tâche de raisonnement déductif. Cela suggère que l'émotion affecte indirectement l'activité de raisonnement en chargeant la MDT. Oaksford et coll. (1996) ont interprété ces données comme étant cohérentes avec l'hypothèse d'allocation de ressources d'Ellis et Ashbrook (1988, 1989). Notons, cependant, que la démonstration d'un patron de résultats commun entre la situation de double tâche et l'exécution de la tâche de raisonnement en situation d'induction ne constitue pas une preuve indiscutable de l'existence de processus similaires. Par ailleurs, la validation de l'hypothèse d'une affectation des ressources de l'exécuteur central par un état émotionnel négatif et positif n'est que partielle. En effet, dans une troisième expérience destinée à tester les capacités de planification et de stockage de la MDT des sujets induits et contrôle (test de la Tour de Londres), les résultats ont montré que seule l'émotion positive dégradait l'activité de planification.

Le modèle d'Ellis et Ashbrook (1988, 1989) s'inscrit dans la lignée théorique déjà ancienne de Yerkes et Dodson (1908, cités dans Myers, 1997) sur la relation complexe entre le niveau d'éveil associé à l'état d'anxiété et au niveau de performance. Yerkes et Dodson ont décrit cette relation à l'aide d'une courbe en U inversé (figure 2.2.), qui représente l'évolution des performances selon le niveau d'éveil censé déterminer la disponibilité des ressources de traitement. La loi de Yerkes-Dodson postule un éveil optimal requis pour un bon niveau de performances qui dépendrait du niveau de difficulté de la tâche. Ainsi, pour une tâche difficile et nouvelle, le niveau optimal d'éveil doit être faible pour assurer une bonne concentration. Il doit cependant être plus élevé pour des tâches bien connues requérant le maintien du niveau de motivation tout au long de la tâche.

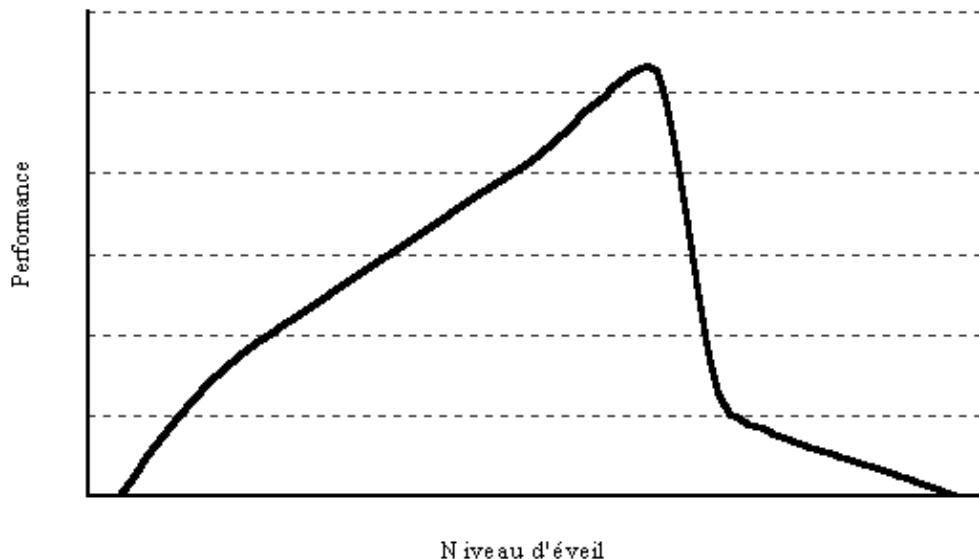


Fig. 2.2. — Courbe de performance selon le niveau d'éveil proposée par Yerkes-Dodson (1908, d'après Myers, 1997)

L'hypothèse selon laquelle les capacités d'un individu à résoudre un problème varient continuellement en fonction d'un niveau d'éveil a été reprise par Necka (1997) pour étayer sa théorie de l'intelligence. Selon lui, les performances à une tâche cognitive dépendraient des limitations structurelles de la MDT (*capacité absolue*) et de la disposition (niveau d'éveil) dans laquelle le sujet se trouve (*capacité actuelle*). Par ailleurs, conformément à la théorie de l'allocation de ressources, Necka (1997) postule que plus le niveau d'éveil est élevé, plus la quantité de ressources mobilisées augmente. Cette augmentation qui se traduit par l'amélioration des performances n'est toutefois pas illimitée car elle dépend étroitement des capacités disponibles en MDT.

Necka (1997) envisage cette relation en supposant que l'élévation du niveau d'éveil provoque la *mobilisation d'une quantité importante* de ressources attentionnelles en même temps que la *diminution des capacités de stockage* de la MDT. Ce phénomène correspondrait à une réduction de la disponibilité des informations en cours de traitement en MDT, et s'expliquerait par le fait que si le système de MDT est concentré sur le traitement en cours il est possible que les autres procédures de traitement, comme le rafraîchissement du contenu de la boucle phonologique, soit négligées. Ceci aurait pour conséquence le déclin rapide de l'information stockée. À l'inverse, si le système est concentré sur le stockage afin d'éviter toute perte de l'information, son efficacité pour le traitement sera moins bonne. Ce phénomène de « trade-off » entre le stockage et le traitement suppose que le centre exécutif contrôle l'activité des systèmes de stockage. Ainsi, lorsque le niveau d'éveil augmente, l'exécuteur central se concentre sur les traitements aux dépens du maintien actif de l'information. En résulte un phénomène de déclin des informations stockées de moins et moins disponibles pour les traitements, générant finalement un déficit global des performances en MDT. Selon Necka (1997), la priorité donnée aux opérations de traitement ou de stockage relèverait de processus stratégiques à la fois décisionnels (conscients) et non décisionnels (non conscients).

Revelle et Loftus (1990) soulignent le fait que la manipulation de l'état émotionnel se répercute à la fois sur le niveau d'éveil et la valence affective. Selon eux, les composantes énergétiques et directionnelles du niveau d'éveil, définie par Thayer (1989, cité dans Revelle et Loftus, 1990) comme « *l'activation simultanée de plusieurs systèmes physiologiques et psychologiques en réponse à certaines stimulations* », représentent une variable importante qui devrait être considérée dans l'étude de la relation entre l'émotion et la cognition. Le niveau d'éveil préalable, qui diffère considérablement d'un individu à un autre selon qu'il ait une personnalité introvertie ou extravertie (Eysenck, 1967, cité dans Revelle et Loftus, 1990), déterminerait la réaction face aux situations stressantes ou anxiogènes. Ainsi, la notion de niveau d'éveil apparaît selon Revelle et Loftus (1990) comme très utile pour rendre compte des différences individuelles. L'hypothèse principale toutefois est qu'un niveau d'éveil élevé affecte l'activité de stockage à court terme mais facilite la rapidité des traitements et le maintien à long terme de l'information (Humphreys et Revelle, 1984). L'explication avancée pour les données qui confortent cette hypothèse est qu'un niveau d'éveil élevé accélère le traitement de l'information. Cette augmentation de la vitesse de traitement, qui permet la mise à jour des informations en fonction du contexte d'un environnement stressant auquel il faut s'adapter rapidement, conduirait, selon Revelle et Loftus (1990), au déclin rapide des informations stockées temporairement du fait de l'interférence entre les divers contenus mnésiques qui transitent dans le stock à court terme de la MDT. Une explication alternative est qu'un niveau d'éveil élevé réduirait le seuil d'activation des structures neurales associées aux traces de stimuli. L'abaissement du seuil favoriserait alors une série d'activation nerveuse et se manifesterait par un traitement plus rapide de l'information au détriment du maintien des informations qui interfèrent entre elles. En revanche, la diminution du seuil d'activation faciliterait la formation d'associations et de mises à jour avec le contexte et se traduirait par un renforcement des traces utiles pour le rappel à plus long terme.

### 2.2.3. Examen critique

Selon Eysenck et Calvo (1992), les stratégies de traitement déployées par les anxieux consistent, lorsque le niveau de contrainte lié à la tâche le permet, en une mobilisation plus grande des mécanismes de maintien de l'information médiatisés par la boucle phonologique. Toutefois, d'autres données (Eysenck 1985, Van der Linden et coll., 1992) suggèrent que ces mécanismes de répétition et de stockage nécessitent des ressources de traitement et dépendent des capacités de l'exécuteur central. Cela semble contradictoire avec l'hypothèse d'Eysenck et Calvo (1992) selon laquelle de nouvelles stratégies de traitement compenseraient la diminution des ressources de l'exécuteur central. Autrement dit, l'idée que des mécanismes coûteux en ressources compensent la diminution des ressources de traitement paraît incompatible avec l'hypothèse de ressources limitées. Cette contradiction suggère qu'une explication en termes d'allocation de ressources est insuffisante pour rendre compte de la modulation des traitements lors d'une expérience émotionnelle. Il semble en définitive que l'hypothèse de compensation, requérant l'estimation du coût respectif des opérations de stockage dynamique et de traitement de l'information, découle directement des spécificités de la tâche de compréhension de texte utilisée par Eysenck et Calvo (1996). En effet, au cours de l'activité de

compréhension de mots, la mobilisation de la boucle phonologique. Pour leur répétition peut varier de manière significative. En revanche, pour une tâche plus complexe comme le *Running Span* (Partie II, Chapitres I & II) où la répétition systématique des items est requise pour assurer leur mise à jour, une telle variation, interprétée par Eysenck et Calvo (1996) comme une compensation, est beaucoup moins probable. Aussi, l'explication des effets de l'anxiété avancée par les auteurs paraît difficile à généraliser. Par ailleurs, l'hypothèse d'une compensation active assurant la flexibilité du système cognitif suppose une distinction entre le niveau de performances et l'efficience des processus de traitement, laquelle nécessite une mesure séparée de ces deux variables qui paraît difficile à obtenir expérimentalement. Enfin, bien qu'inscrites dans la continuité des travaux d'Eysenck les données de Darke (1988) relatives à l'effet de l'anxiété sur les capacités de stockage semblent contradictoires avec l'idée que l'anxiété provoque une mobilisation importante de l'activité de la boucle phonologique.

Le modèle d'allocation des ressources d'Ellis et Ashbrook (1988, 1989) suppose que les performances en mémoire sont positivement corrélées avec le degré d'effort cognitif alloué à la tâche. Plus la tâche est coûteuse en ressources, plus l'effort cognitif est déployé et plus les performances sont élevées. Cette corrélation n'est toutefois pas toujours observée (Ellis et Ashbrook, 1988, 1989) car elle dépend du fait que le coût de l'activité cognitive soit plus ou moins proche des limites de traitement des sujets.

Malgré les tentatives pour spécifier les variables déterminant le déclin des performances chez des sujets induits dans un état dépressif, la théorie d'allocation des ressources d'Ellis et Ashbrook (1988) se confronte à la difficulté d'expliquer comment les ressources du système exécutif sont orientées vers tel traitement plutôt qu'un autre. En effet, le contrôle des variables relatives aux caractéristiques du matériel, à la tâche, à la personnalité du sujet, etc. requiert des mesures difficiles à réaliser. Par exemple, des variables comme le coût cognitif de la tâche ou encore l'intensité de l'état émotionnel, qui déterminent la quantité de ressources requises et qui spécifient théoriquement la manière dont le partage des ressources s'opère, sont encore difficiles à définir et à évaluer avec exactitude. Un moyen d'évaluer la complexité d'une tâche est aujourd'hui de la « décortiquer » pour spécifier la nature des processus qu'elle implique. Concernant l'intensité de l'émotion, les chercheurs se tournent vers des mesures physiologiques (rythme cardiaque, R.E.D.) qui, bien que ne rendant pas compte de la spécificité de l'état émotionnel et variant considérablement d'un individu à l'autre (Necka, 1997), fournissent un indicateur du niveau d'éveil physiologique associé à l'émotion ressentie.

## 2.3. Induire une émotion en laboratoire

### 2.3.1. Quelques techniques d'induction

À l'heure actuelle, les techniques d'induction constituent la meilleure manière de standardiser des observations tout en manipulant l'état émotionnel comme une variable indépendante. Dans leur revue de question consacrée aux états tristes et joyeux, Gerrards-Hesse, Spies et Hesse (1994) ont distingué cinq techniques en tenant compte du type de matériel utilisé et du fait que l'induction se réalise ou non à l'insu du sujet. La première catégorie correspond aux méthodes utilisant l'autosuggestion. Aucun matériel inducteur n'est présenté mais les sujets activent mentalement des états émotionnels par l'intermédiaire de l'hypnose ou de l'imagination. Dans les deux cas, il est demandé explicitement au sujet de se remémorer des situations personnelles associées à des états émotionnels tristes ou joyeux. Une des limites de la technique de suggestion hypnotique est qu'elle est efficace seulement pour 20 % de la population.

La seconde catégorie utilise un matériel inducteur visuel et/ou auditif et repose sur des instructions explicites demandant au sujet de se mettre dans l'état suggéré par le matériel. La technique d'induction de Velten (1968, cité dans Seibert & Ellis, 1991a), dite de génération mentale d'états émotionnels guidée est une bonne illustration. Elle repose sur la présentation de films, d'images ou de musique ayant une tonalité émotionnelle spécifique. Le sujet utilise activement ce matériel en imaginant une période de sa vie où il a pu faire l'expérience de l'état émotionnel évoqué pour se mettre dans cet état. La procédure de Seibert et Ellis (1991a)

repose sur le même principe de suggestion mais utilise un matériel différent. L'utilisation de cette technique dans le cadre de notre D.E.A. (Vieillard S., 1996) a révélé que son efficacité était moins bonne pour l'étude des effets de l'induction émotionnelle sur l'activité en MDT que sur la récupération d'information en MLT.

La troisième catégorie utilise la présentation d'un matériel inducteur, mais l'induction se fait à l'insu du sujet. Elle repose sur l'idée que le matériel (images, films, histoire, musique) influence automatiquement l'état émotionnel du sujet car celui-ci s'engage dans une activité d'évaluation cognitive (Lazarus, 1993). En effet, selon Lazarus (1982, cité dans Eysenck et Keane, 2000), l'évaluation cognitive joue un rôle crucial dans l'expérience émotionnelle. Elle se subdivise en trois formes spécifiques d'évaluation : (a) une première évaluation du caractère positif ou négatif de la situation en rapport avec le bien-être du sujet; (b) une seconde évaluation permettant au sujet d'estimer les ressources disponibles pour faire face à la situation et enfin; (c) une étape de réévaluation pour contrôler les stratégies de réponse face à la situation.

La quatrième catégorie vise à manipuler les besoins d'accomplissement et de réussite du sujet. L'induction consiste, selon que l'on souhaite générer la satisfaction ou la frustration de ces besoins, à donner un feedback erroné positif ou négatif sur les performances à des tests censés évaluer les habiletés cognitives. Cette procédure active une réponse émotionnelle liée à la satisfaction ou à la frustration des besoins.

Enfin, la cinquième catégorie manipule directement l'état physiologique par l'utilisation de drogues ou des expressions faciales. Par exemple, Leventhal (1980, cité dans Gerrards-Hesse et coll., 1994) a montré que l'adoption de certaines postures ou mimiques faciales influençait l'état émotionnel. La contraction des muscles du visage comme le froncement des sourcils favoriserait l'émergence d'un état émotionnel négatif. Toutefois, la seule utilisation des postures et expressions faciales paraît limitée pour produire un état émotionnel suffisamment intense.

Une difficulté commune à l'ensemble des techniques d'induction concerne la mesure de l'intensité de la réponse émotionnelle (Jones, 1979). L'émotion induite en laboratoire est probablement différente de celle éprouvée en temps normal autant d'un point de vue qualitatif que quantitatif. L'expérimentation constitue une situation sociale particulière où le sujet peut tenter de deviner l'hypothèse sous-jacente à l'étude pour répondre aux attentes supposées ou au contraire y résister. Aujourd'hui, il est encore difficile d'évaluer le degré de contrôle qu'exerce les sujets induits sur leur état.

### **2.3.2. Choix d'une technique d'induction**

La série d'expériences présentée en seconde partie repose sur l'utilisation d'un matériel anxiogène propre à induire une émotion négative. Le caractère anxiogène du matériel (images, sons, contexte expérimental) vise à créer un état émotionnel voisin d'une anxiété transitoire résultant de processus d'évaluation propres à chaque individu.

Lang, Bradley et Cuthbert (1998) ont élaboré un matériel inducteur visuel (I.A.P.S.)<sup>note4</sup> en contrôlant la valence des images et le niveau d'éveil qu'elles induisaient. Dans cet espace bidimensionnel, des images de visages mutilés ont été jugées comme provoquant plus d'éveil et moins de plaisir comparativement à d'autres images négatives. Ces données suggèrent que notre corpus d'images anxiogènes (expériences 1&2) représentant des corps mutilés et des scènes de guerres est adéquat pour induire une émotion déplaisante et suffisamment intense. Un argument supplémentaire s'appuie sur l'étude de Sutton et coll. (1997, cités dans Davidson et Irwin, 1999) où des images négatives et positives ont été présentées à des sujets. La mesure de leur activité cérébrale a révélé l'activation des régions préfrontales droites correspondant à l'émergence d'une émotion négative et l'activation des régions préfrontales gauches correspondant à l'émergence d'une émotion positive. Cela a permis de montrer que la présentation d'images inductrices activait certaines régions cérébrales responsables des émotions.

## **Deuxième partie : Travaux expérimentaux**

### **INTRODUCTION**

Une série de cinq expériences et trois pré-tests est présentée ci-après. Le principe commun aux cinq expériences consiste à faire varier l'état émotionnel des participants pour tester l'effet de la variation de ce facteur sur la qualité et le décours des activités de stockage et de traitement de l'information en MDT. L'objectif poursuivi à travers la manipulation du facteur 'émotionnel' est d'appréhender, sous contrainte émotionnelle, les mécanismes inhérents au fonctionnement du système de MDT, pour tenter de spécifier quels sont les processus susceptibles d'être modulés par l'émotion.

Les deux premières expériences étudient les capacités de stockage et de mises à jour, engagées par la tâche de *Running Span*, en condition d'état émotionnel négatif induit par la présentation d'un matériel anxiogène. L'hypothèse d'un détournement des ressources de traitement, causé par l'émotion, au détriment des performances à la tâche, est testée. Le niveau de complexité de l'activité de *Running Span* est également contrôlé pour vérifier s'il existe un phénomène de potentialisation avec l'induction émotionnelle.

La troisième expérience examine l'effet de la réactivité émotionnelle des participants face à une tâche de MDT reposant sur la manipulation de l'ordre (alphabétique, sériel et inversé) d'une liste d'items stockés en MDT. Le but de cette étude est de vérifier si les traitements contrôlés de mise en ordre, spécifiques à chaque réorganisation mentale, sont affectés différemment par le facteur émotionnel.

Enfin, une observation plus fine de la modulation, par l'induction émotionnelle, des processus de réorganisation alphabétique et des mécanismes de récupération en MDT est conduite dans les deux dernières expériences. La première utilise une procédure d'induction basée sur la manipulation des besoins de réussite des participants alors que la seconde s'appuie sur une méthode, visiblement plus robuste, de présentation de stimuli visuels et sonores à caractère anxiogène.

### **1. EXPERIENCE 1**

#### **1.1. Objectif de l'étude**

Cette expérience vise à mettre en évidence les effets délétères d'un état émotionnel négatif induit sur les aspects dynamiques du traitement en MDT.

Ces aspects dynamiques du traitement en MDT ont été étudiés antérieurement par Morris et Jones (1990) dans une série d'expériences visant à mettre en évidence une dissociation entre les opérations de manipulation de l'information et les mécanismes de stockage en MDT. Partant de l'hypothèse que les opérations de manipulation mobilisent essentiellement le centre exécutif de la MDT et que les capacités de stockage sollicitent la boucle phonologique, Morris et Jones (1990) ont utilisé des tâches interférentes pour tester chacune de ces deux composantes dans une activité cognitive de maintien et de manipulation de consonnes. Celle-ci, appelée tâche de *Running Span*, nécessite la mise à jour constante des éléments actifs du stock phonologique pour un rappel sériel des  $n$  derniers éléments (des consonnes) issus de listes de longueur variable. Morris et Jones (1990) ont démontré qu'un traitement secondaire, provoquant l'interruption des mécanismes de la boucle phonologique comme, par exemple, l'écoute d'un discours non pertinent ou la suppression articulatoire, interférait avec le maintien des items en mémoire et non avec les opérations de mise à jour. Par ailleurs, la mise à jour en mémoire affectait les performances indépendamment des effets de discours non pertinent ou de suppression articulatoire. Ces résultats suggèrent que dans la tâche de *Running Span*, le rappel sériel des éléments maintenus en MDT, est assuré par le système de la boucle phonologique alors que les opérations de mise à jour, conçues comme la modification du statut d'une représentation pour

son ajustement à un nouvel input, impliquent massivement les processus exécutifs de la MDT.

Parce qu'elle permet de rendre compte des processus actifs de stockage et de manipulation en MDT, cette tâche est un paradigme intéressant pour vérifier l'existence d'une détérioration de ces processus suite à l'induction d'une émotion négative.

L'induction émotionnelle consiste à présenter, avant la réalisation de la tâche et sans instruction explicite, un matériel connoté, propre à engendrer une modification significative de l'état émotionnel du sujet. Ce dispositif comprend une phase de contrôle de l'état produit qui consiste en une auto-évaluation des sujets de ce qu'ils perçoivent de leur expérience émotionnelle. Bien que ce type d'investigation réalisé à partir d'adjectifs décrivant des états proches ou éloignés de l'anxiété ne permette pas de connaître objectivement la réalité de l'expérience émotionnelle, il constitue un premier indice de l'état induit, couramment utilisé dans ce type d'étude.

## 1.2. Hypothèses théoriques

Cette première étude s'appuie sur le modèle d'allocation de ressources attentionnelles et sur le modèle de MDT de Baddeley (1983 ;1992). L'expérience s'inscrit donc dans le cadre classique du modèle de traitement de l'information à capacité limitée. Elle doit permettre de tester deux hypothèses principales.

La première hypothèse postule qu'un état émotionnel suffisamment intense produirait une quantité substantielle de pensées non pertinentes par rapport à la tâche. L'apparition de pensées dont le contenu est lié à l'émotion correspondrait à une activité de recherche d'explications de l'état interne et aurait un caractère conscient (Wells et Matthews, 1994). Une telle production consciente de pensées non pertinentes mobiliseraient une partie des ressources de traitement du système exécutif de la MDT (Rapee, 1993 ; Teasdale, Proctor, Llyod et Baddeley, 1993). Ainsi, la coexistence de l'état émotionnel et de l'activité cognitive s'apparenterait à une situation de double tâche qui conduirait à une compétition pour l'allocation des ressources de traitement.

Conformément à cette conception, notre seconde hypothèse est que la production de pensées non pertinentes associées à l'émotion détournerait les ressources de l'exécuteur central au détriment de la tâche. La faible allocation de ressources à la tâche de *Running Span* conduirait à une chute significative des performances, en particulier pour l'activité de mise à jour qui mobilise les processus exécutifs de la MDT.

Dans le cadre du modèle d'allocation des ressources de traitement, il est admis (Eysenck et Calvo, 1992 ; Humphreys et Revelle, 1990) que l'apparition d'une dégradation des performances est déterminée par l'intensité de l'état émotionnel et par les caractéristiques de la tâche cognitive. Les chances d'observer les effets de l'émotion augmenteraient avec le niveau de complexité<sup>note5</sup> de la tâche car le partage des ressources de traitement suffirait à diminuer la quantité importante des ressources requises par la tâche. Cela entraînerait alors une baisse significative des performances. En revanche, pour une tâche d'un faible niveau de complexité, la quantité réduite de ressources requise ne mobiliseraient pas la totalité des ressources du système. Les ressources disponibles seraient donc allouées directement au traitement de l'information liée à l'état émotionnel sans inconvénient pour la tâche principale.

Partant de cette hypothèse, nous avons prévu deux niveaux de complexité correspondant à des charges mnésiques différentes pour optimiser les conditions d'apparition des effets de l'émotion.

## 1.3. Méthodologie

### 1.3.1. Participants à l'expérience

Quarante huit étudiants de premier et second cycle universitaire en Sciences Humaines ont participé à l'expérience. L'échantillon comprenait 37 filles et 11 garçons âgés en moyenne de 22 ans. Les participants ont été répartis de manière aléatoire dans quatre conditions expérimentales.

### 1.3.2. Matériel expérimental

#### 1.3.2.1. La tâche de Running Span

La tâche *de Running Span* a été réalisée sur Macintosh à partir du logiciel Psyscope (Cohen, Mc Whinney et Provost, 1993). Elle consistait à présenter des listes de consonnes dont la longueur variait de manière imprévisible. Pour chaque liste, les sujets devaient rappeler dans l'ordre les n items les plus récents. Cette opération requérait l'activité de la boucle phonologique et de l'exécuteur central pour le maintien et la mise à jour simultanée des items en mémoire.

Dans l'expérience, 72 listes d'items incluant toutes les consonnes de l'alphabet ont été produites aléatoirement (Annexe 1). Aucune consonne n'était répétée dans la même liste et l'existence d'acronymes a été contrôlée. Des séries de quatre, six et huit consonnes ou bien cinq, sept, et neuf consonnes ont été réparties de manière égale en quatre blocs de neuf essais dans deux conditions d'empan (quatre vs cinq). De cette manière, chaque bloc d'essais comprenait trois listes de chaque longueur dont l'ordre aléatoire d'apparition ne variait pas entre les sujets. Par exemple, en condition d'empan quatre dans laquelle les sujets devaient rappeler les quatre derniers items de la liste, chaque bloc d'essais contenait trois listes de quatre, six et huit consonnes. En condition d'empan cinq, les listes de cinq, sept ou neuf consonnes étaient réparties de manière identique. Pour chaque condition d'empan, le premier bloc de neuf essais constituait une phase d'entraînement non incluse dans l'analyse statistique.

Pour chaque liste, les consonnes étaient présentées une à une au centre de l'écran toutes les secondes et demi. Celles-ci étaient affichées en capitales sur un fond blanc et apparaissaient en noir pendant 850 ms. Le temps inter stimuli était de 650 ms.

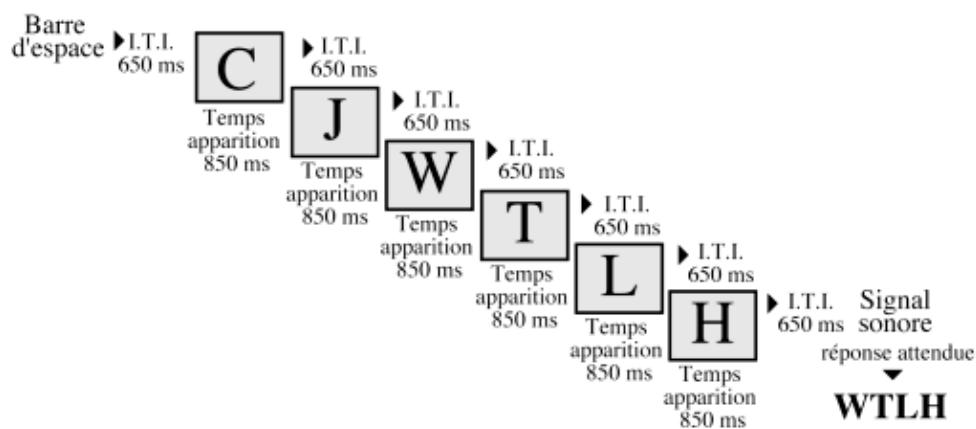


Fig. 3.1.—Exemple de présentation d'une liste de 6 consonnes pour laquelle les sujets doivent rappeler les 4 dernières

Pour initier une liste, les sujets devaient appuyer sur la barre d'espace et voyaient apparaître la première consonne 650 ms après. Les sujets ignoraient toujours combien de consonnes seraient présentées. Seul un signal clairement audible retentissait 650 ms après le dernier item et indiquait la fin de la liste. À ce signal, le rappel sériel strict des 4 derniers items était exigé du plus ancien ou plus récent.

La consigne précisait que certaines listes ne comportaient que quatre ou cinq items. Il n'était donc pas permis d'ignorer ces items. Elle soulignait également que les listes contenaient un nombre variable d'items et qu'il était préférable de les deviner au cas où le sujet ne parvenait pas à les restituer. L'exigence d'un rappel complet permettait d'éviter l'interruption du processus de réponse pour faciliter l'observation des processus cognitifs engagés dans la récupération des traces mnésiques.

La mise à jour continue des dernières consonnes encodées en fonction des longueurs de liste demandait un haut niveau de flexibilité attentionnelle. La complexité de la tâche de *Running Span* résidait à la fois dans la quantité de mises à jour (Facteur nombre de mises à jour) exigée par la variation des longueurs de listes, et dans le nombre de consonnes qu'il fallait maintenir disponible pour le rappel (Facteur empan).

### 1.3.2.2. Construction du matériel inducteur et technique d'induction émotionnelle

Une série de 10 images anxiogènes en noir et blanc (Annexe 2) a été sélectionnée à partir des résultats d'un pré-test (Annexe 3) dans lequel 25 participants<sup>note8</sup> ont assisté à la présentation d'une série de 16 images ayant une connotation négative. Pour chaque image, les sujets devaient évaluer, à l'aide d'une échelle en six points, l'intensité avec laquelle ils ressentaient les sentiments d'angoisse, de colère, de dégoût, de peur et de tristesse. Ces items semblaient être de bons candidats pour évaluer le caractère anxiogène des images puisque quatre d'entre eux correspondaient à une émotion de base (colère, dégoût, peur et tristesse) capable de caractériser un état négatif et complexe tel que l'anxiété. En effet, Oatley & Johnson-Laird, 1987 postulent que les émotions complexes font l'objet d'une évaluation cognitive en référence au modèle de soi. Par exemple, le dégoût et la peur engendrés par une image peuvent être associés au sentiment de mise en danger de soi. Autrement dit, la modulation des émotions de base par un contenu propositionnel engendre la formation d'un état particulier. L'émergence de l'état émotionnel repose en définitive sur l'évaluation de ce qu'évoquent les images.

Les images anxiogènes ont été sélectionnées sur la base de l'intensité avec laquelle chaque sentiment a été ressenti à leur vue. Les 10 images qui possédaient la plus forte intensité sur un maximum d'échelles ont été retenues. Les caractéristiques émotionnelles du matériel sélectionné sont représentées dans le tableau 1.1.

| Angoisse    | Colère      | Dégoût      | Peur        | Tristesse   |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Moyenne     |             |             |             |             |
| <b>3,43</b> | <b>3,88</b> | <b>3,44</b> | <b>3,30</b> | <b>3,91</b> |
| Ecart type  |             |             |             |             |
| <b>0,70</b> | <b>1,35</b> | <b>1,48</b> | <b>0,78</b> | <b>1,17</b> |

Tab. 1.1.—Valeur moyenne (et écart type) de l'intensité avec laquelle chaque émotion est ressentie à la vue des 10 images anxiogènes (valeur maximale = 6)

La procédure d'induction émotionnelle reposait sur la présentation d'images anxiogènes ou neutres, à l'aide d'un écran<sup>note9</sup> d'ordinateur. Cette présentation automatisée était gérée par le logiciel Psyscope (Cohen, Mc Whinney et Provost, 1993). Aucune instruction ne suggérait aux sujets de se mettre dans un état particulier car l'hypothèse sous-jacente était que la présentation d'un matériel inducteur suffirait à provoquer une activité d'évaluation cognitive du caractère anxiogène des images. En effet, selon Lazarus (1993), cette médiation cognitive permet d'interpréter le contexte émotionnel.

La procédure comportait deux conditions d'induction. Une induction négative dans laquelle 10 images anxiogènes étaient présentées et une induction neutre où 10 images sans connotation émotionnelle<sup>note10</sup>, ni positive ni négative, étaient montrées (Annexe 4). Pour les deux conditions, les images s'affichaient successivement à l'écran pendant 15 secondes chacune. La présentation des images était déclenchée en

pressant la barre espace. Avant l'apparition de la première image, un point de fixation s'affichait à l'écran pour prévenir de son apparition imminente. On demandait aux participants d'être attentif à chacune des images en vue de répondre, en fin d'expérience, à une série de questions relatives à leur contenu. Ces questions (Annexe 5) étaient destinées à vérifier si les sujets avaient réellement prêté attention à l'ensemble des images.

### 1.3.2.3. Évaluation et contrôle de l'état émotionnel

Une validation des items du questionnaire destiné à évaluer l'état émotionnel ressenti par les participants à la suite de l'induction a été réalisée.

Quarante-deux étudiantsnote11 en second cycle de psychologie ont jugé deux listes d'adjectifs. La première contenait 42 adjectifs traduisant de manière plus ou moins adéquate un état d'anxiété. La deuxième comportait 40 adjectifs désignant avec plus ou moins de justesse un état contraire à l'anxiété. Pour les deux listes, les étudiants devaient évaluer, sur une échelle en six points, la congruence des adjectifs avec l'état désigné (anxiété vs contraire à l'anxiété). Les adjectifs dont le score moyen de congruence était supérieur ou égal à quatre ont été présélectionnés. Un critère secondaire, relatif au contexte expérimental, a permis de retenir les adjectifs qui semblaient les plus appropriés à la situation de passation. Au final, une série de huit adjectifs (tableaux 1.2. & 1.3.), dont quatre désignant un état contraire à l'anxiété (calme, détendu, tranquille et confiant) et quatre désignant un état d'anxiété (anxieux, inquiet, stressé et troublé), a été retenue.

À partir de cette sélection, huit échelles ont été présentées aux participants afin qu'ils évaluent, suite à la phase d'induction, leur état émotionnel. Pour chaque échelle, une note comprise entre un et six a été recueillie. Une note élevée signifiait que l'adjectif associé à l'échelle traduisait correctement l'état émotionnel dont le sujet faisait l'expérience, alors qu'une note faible signifiait l'inverse.

| Anxieux     | Angoissé       | Stressé     | Tourmenté   | Nerveux        |
|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------|
| <b>5,76</b> | 5,55           | <b>5,45</b> | 5,33        | 5,17           |
| <b>0,98</b> | 0,86           | <b>1,04</b> | 0,82        | 1,12           |
| Tendu       | <b>Inquiet</b> | Torturé     | Soucieux    | Alarmé         |
| 5,14        | <b>5,14</b>    | 4,90        | 4,79        | 4,60           |
| <b>1,26</b> | <b>1,16</b>    | <b>1,46</b> | <b>1,20</b> | <b>1,48</b>    |
| Contracté   | Préoccupé      | Menacé      | Contrarié   | Apeuré         |
| 4,50        | 4,45           | 4,45        | 4,40        | 4,40           |
| <b>1,23</b> | <b>1,19</b>    | <b>1,48</b> | <b>1,47</b> | <b>1,53</b>    |
| Enervé      | Emotif         | Alerté      | Agité       | <b>Troublé</b> |
| 4,29        | 4,26           | 4,19        | 4,17        | <b>4,14</b>    |
| <b>1,40</b> | <b>1,65</b>    | <b>1,44</b> | <b>1,43</b> | <b>1,54</b>    |

Tab. 1.2.—Adjectifs dont le score moyen de congruence avec un état d'anxiété est supérieur ou égal à quatre sur l'échelle d'évaluation en six points. Les adjectifs sélectionnés apparaissent en gras et les écarts type en italique.

| Paisible | Relaxé  | Serein     | Apaisé  | Décontracté |
|----------|---------|------------|---------|-------------|
| 5,43     | 5,36    | 5,36       | 5,24    | 5,19        |
| 0,99     | 1,03    | 0,82       | 1,16    | 0,89        |
| Calme    | Détendu | Tranquille | Rassuré | Confiant    |
| 5,12     | 5,05    | 4,93       | 4,86    | 4,81        |
| 1,09     | 1,23    | 1,05       | 1,35    | 1,21        |
| Délassé  | Reposé  | Positif    | Relâché | Sécurisé    |
| 4,79     | 4,74    | 4,60       | 4,57    | 4,48        |
| 1,26     | 1,08    | 1,21       | 1,33    | 1,31        |
| Assuré   | Posé    | Certain    | Sûr     |             |
| 4,43     | 4,12    | 4,05       | 4,05    |             |
| 1,25     | 1,47    | 1,25       | 1,45    |             |

Tab. 1.3.—Adjectifs dont le score de congruence avec un état contraire à l'anxiété est supérieur ou égal à quatre sur l'échelle d'évaluation en six points.

L'homogénéité des notes obtenues par l'ensemble des sujets pour une même catégorie d'adjectifs (congruent versus non congruent avec un état d'anxiété) a été contrôlée à l'aide d'une matrice d'inter corrélation. Cette matrice, illustrée par le tableau 1.4., révèle des corrélations faibles entre les adjectifs congruents et non congruents avec un état d'anxiété. Inversement, elle indique des corrélations positives et relativement élevées entre les adjectifs appartenant à la même catégorie.

|            | Anxieux | Inquiet | Stressé | Troublé | Calme | Confiant | Détendu | Tranquille |
|------------|---------|---------|---------|---------|-------|----------|---------|------------|
| Anxieux    | 1,00    |         |         |         |       |          |         |            |
| Inquiet    | 0,59    | 1,00    |         |         |       |          |         |            |
| Stressé    | 0,49    | 0,45    | 1,00    |         |       |          |         |            |
| Troublé    | 0,39    | 0,42    | 0,52    | 1,00    |       |          |         |            |
| Calme      | -0,42   | -0,46   | -0,37   | -0,57   | 1,00  |          |         |            |
| Confiant   | -0,36   | -0,39   | -0,35   | -0,61   | 0,57  | 1,00     |         |            |
| Détendu    | -0,40   | -0,46   | -0,49   | -0,52   | 0,68  | 0,51     | 1,00    |            |
| Tranquille | -0,48   | -0,62   | -0,46   | -0,56   | 0,70  | 0,45     | 0,67    | 1,00       |

Tab. 1.4.—Matrice d'inter corrélation entre chaque adjectif du questionnaire d'auto-évaluation

Afin de valider la structure bipolaire du questionnaire, une analyse factorielle en composantes principales a été conduite sur les scores d'auto-évaluation de l'ensemble des participants. L'analyse met en évidence un premier facteur qui parvient à expliquer 56 % de la variance des scores (Annexe 6 ) et oppose nettement les adjectifs congruents et non congruents avec un état d'anxiété. Cette opposition suggère que le premier facteur rend compte de la valence associée à chaque item et valide ainsi l'hypothèse d'une structure de questionnaire possédant deux pôles antagonistes positifs et négatifs.

Le calcul des notes en facteur attribuées à chacun des sujets pour le premier facteur a permis d'obtenir une variable synthétique capable de rendre compte, pour une part importante, des scores d'auto-évaluation des

sujets contrôle et induits. La comparaison statistique de ces scores révèle l'existence d'un effet significatif du facteur induction ( $F(1,46) = 14,49$  ;  $p = .0004$ ). Ce résultat valide l'efficacité de la procédure d'induction car il indique qu'en comparaison avec les sujets contrôle, les sujets induits évaluent leur état comme étant significativement plus congruent avec un état d'anxiété.

### **1.3.3. Procédure expérimentale**

Chaque participant commence l'expérience par une lecture des consignes donnant les indications sur le déroulement de l'expérience et sur la manière d'exécuter la tâche. La première phase de l'expérience constitue une étape de familiarisation. Le sujet doit lire silencieusement chacune des consonnes et rappeler à haute voix les quatre ou les cinq dernières consonnes de la liste. Son attention est attirée sur la nécessité d'effectuer une activité de mise à jour permanente des consonnes pour réussir la tâche. Après avoir répondu le plus rapidement et le plus précisément possible, il enchaîne avec une autre liste de consonnes en appuyant sur la barre espace.

Après les neuf essais d'entraînement, la phase d'induction émotionnelle débute avec la présentation des 10 images négatives ou neutres et dure environ trois minutes. Immédiatement après l'induction, le questionnaire d'auto-évaluation est présenté au participant afin qu'il estime l'adéquation de chaque adjectif présenté à désigner son état émotionnel présent.

Une fois le questionnaire rempli, une nouvelle série de consignes rappelant la procédure de la tâche s'affiche à l'écran pour annoncer le début du test proprement dit. Le participant exécute trois blocs de neuf essais en bénéficiant, entre chaque bloc, de quelques secondes de pause. Le temps de latence de la première consonne rappelée oralement et le contenu du rappel sont enregistrés sur une bande magnétique. Les consonnes restituées oralement sont également consignées sur une grille de réponse par l'expérimentateur. Les latences (temps écoulé entre le signal sonore et le premier item restitué) sont enregistrées grâce à une clef vocale qui se déclenche au premier son émis.

À la fin de l'activité de *Running Span*, le sujet rapporte par écrit les pensées qui lui ont traversé l'esprit pendant la tâche en précisant leur nature, leur intensité, leur fréquence, et leur caractère facilitant ou gênant pour l'exécution de la tâche. Il dispose d'une feuille A4 comportant cinq cases où chaque pensée peut-être écrite (Annexe 7). Trois pensées minimum doivent être rapportées. Aucune limite de temps n'est imposée.

En fin d'expérience, un questionnaire (Annexe 5) sur les images de la phase d'induction est proposé. Le sujet doit cocher parmi 16 propositions (dont neuf fictives), les images qu'il pense avoir vues lors de la présentation informatisée. Un débriefing des sujets exposés aux images anxiogènes vient clore l'expérience.

### **1.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes**

Le plan d'expérience est mixte. Il comprend trois variables indépendantes dont deux variables inter sujets (Induction, Empan) et une variable intra sujets (Mise à jour).

**Sujets 12 <Induction 2 \* Empan 2> \* Mise à jour 3**

Le facteur *Induction* comporte deux modalités : une induction négative (sujets induits) et une induction dite neutre (sujets contrôle). Le facteur *Empan* renvoie au nombre de consonnes que le sujet doit rappeler (quatre vs cinq). Dans chaque groupe d'induction émotionnelle, la moitié des sujets effectue un rappel de quatre consonnes et l'autre moitié réalise un rappel de cinq consonnes. Le facteur *Mise à jour* correspond au nombre d'items qu'il faut « ignorer » pour ne garder en mémoire que les quatre ou les cinq derniers items. Ce facteur est confondu avec la longueur des listes. Pour les deux conditions d'empan, les trois longueurs possibles de listes conduisent donc à effectuer zéro, deux ou quatre mises à jour. Par exemple, en condition d'empan quatre, une liste de six items (JDFXKZ) nécessite deux mises à jour où il faut « oublier » le J lorsque la lettre

K entre dans le stock à court terme (DFXK), puis le D lorsque le Z est encodé (FXKZ). Ces mises à jour permettent de conserver uniquement les quatre consonnes les plus récentes et sont considérées comme des opérations indépendantes de l'empan mnésique, car l'entrée d'un item nouveau (K) coïncide avec la sortie du plus ancien (J).

Les trois variables dépendantes sont la qualité du rappel, le temps de latence au rappel du premier item et à la proportion de pensées intrusives rapportées par les sujets, laquelle fera l'objet d'une transformation pour améliorer la sensibilité de la mesure.

#### **1.3.4.1. Le rappel des n dernières consonnes**

Pour chaque sujet, la qualité du rappel est calculée en comptant le nombre de consonnes correctes rappelées à la bonne position. Ce nombre est ensuite converti en pourcentage d'erreurs commises par le calcul suivant :

#### **1.3.4.2. Les temps de latence**

Les latences au rappel de la première consonne correspondent au délai entre le signal sonore indiquant le début du rappel et la première consonne restituée oralement.

#### **1.3.4.3. Les pensées non pertinentes**

Les pensées rapportées par les sujets sont évaluées selon (a) leur caractère facilitant ou gênant pour l'exécution de la tâche, (b) leur fréquence et (c) leur intensité (Seibert et Ellis, 1991b). Le critère (a) permet de distinguer les pensées pertinentes (ex : «

je dois me concentrer » ; « c'est plus facile lorsqu'il y a quatre consonnes

») des pensées non pertinentes (ex : «

Je n'y arriverai jamais

» ; « J'ai l'esprit confus »). Pour chaque sujet, la proportion de pensées non pertinentes est calculée comme suit :

$$\text{Taux.Pensées.Non.Pertinentes} = \frac{\text{Nbr.Pensées.Non.Pertinentes}}{\text{Nbr.Total.Pensées.Rapportées}}$$

Pour améliorer la sensibilité de la mesure, la fréquence d'apparition et l'intensité de chaque pensée sont intégrées dans le calcul de proportion. La valeur de la fréquence d'apparition de chaque pensée est arbitrairement multipliée par la valeur de son intensité. Ce produit offre un indice de poids pour chaque pensée rapportée. La proportion du poids des pensées non pertinentes est alors calculée en divisant le poids moyen des pensées non pertinentes par le poids moyen des pensées rapportées en fin d'expérience (Seibert & Ellis, 1991b).

### **1.4. Prédictions**

## 1.4.1. L'effet de l'émotion sur les performances

- Hypothèse 1a : Le taux d'erreurs de rappel devrait être plus élevé chez les induits que chez les contrôle, quelle que soit la condition d'empan.
- Hypothèse 1b : L'activité de mise à jour devrait augmenter le taux d'erreurs de rappel chez les induits par rapport aux contrôle. La chute des performances devrait s'aggraver avec l'augmentation du nombre de mises à jour.
- Hypothèse 2a : La vitesse de récupération des items devrait être plus lente chez les induits que chez les contrôle.
- Hypothèse 2b : L'accroissement du nombre de mises à jour devrait amplifier ce ralentissement chez les induits par rapport aux contrôle.

## 1.4.2. Production de pensées non pertinentes

Hypothèse 3a : La proportion, ainsi que le poids des pensées non pertinentes rapportés par les induits devraient être plus élevés que chez les contrôle.

## 1.5. Résultats

Dans l'échantillon, les données de quatre participants ont été écartées de l'analyse statistique parce qu'ils avaient commis un nombre trop grand d'omissions ou n'avaient pas respecté la consigne de mise à jour requise pour la tâche de *Running Span*.

### 1.5.1. Les effets de l'induction émotionnelle

#### 1.5.1.1. Le taux d'erreurs de rappel

##### 1.5.1.1.1. Le rappel des quatre dernières consonnes

L'analyse de la variance révèle l'effet principal de l'induction ( $F(1,21) = 32,08$  ;  $p = .0001$ ) montrant que les induits commettent plus d'erreurs (53 %) que les contrôle (34 %).

L'interaction significative entre le nombre de mises à jour et l'induction ( $F(2,42) = 4,54$  ;  $p = .0164$ ) révèle que, selon le nombre de mises à jour requis par la longueur de la liste, les performances des sujets contrôle et induits ne sont pas affectées de la même façon. Chez les induits, il existe un effet de seuil pour les listes de quatre items au-delà duquel le taux d'erreurs augmente brutalement (figure 1.2.). Il n'existe pas de différence significative entre les performances selon que le nombre de mises à jour soit égal à deux ou quatre, ni pour les induits, ni pour les contrôle. Ainsi, lorsque l'activité de mise à jour est nécessaire, le taux d'erreurs s'accroît fortement mais n'augmente pas de manière significative en fonction du nombre de mises à jour. L'effet de seuil est plus marqué chez les induits que chez les contrôle pour lesquels le patron de résultat est linéaire. Enfin, la comparaison entre les performances des deux groupes pour les listes de quatre items montre qu'il existe une différence significative ( $t = -3,498$  ;  $ddl = 21$  ;  $p = .0021$ ).

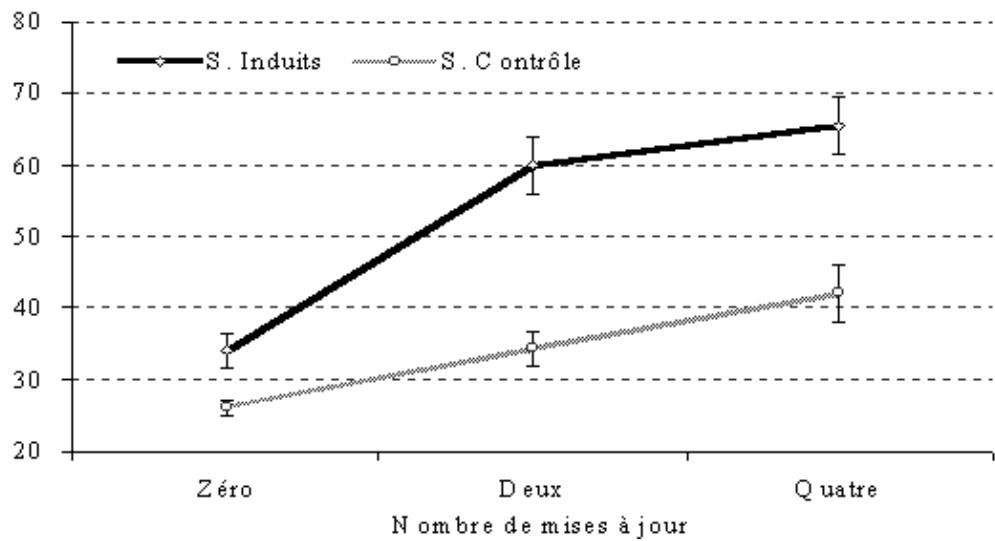


Fig. 3.2.—Effet de l'interaction entre le nombre de mises à jour et l'induction émotionnelle sur le taux d'erreurs au rappel de quatre items

Une analyse complémentaire de l'effet de l'induction sur la qualité du rappel selon la position sérielle des items ne révèle aucun effet significatif. Il existe une interaction significative entre le facteur ordre des blocs et l'induction ( $F(2,42) = 5,165$  ;  $p = .0099$ ). On constate, en figure 3.3., que les contrôle ne bénéficient pas de l'effet d'ordre alors que les induits témoignent d'une baisse significative du taux d'erreurs au dernier bloc.

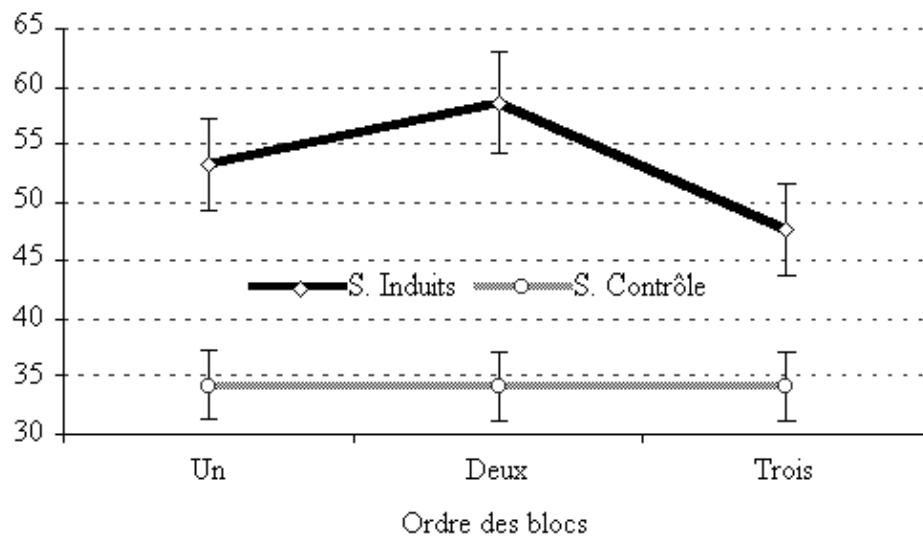


Fig.3.3.— Effet de l'interaction entre l'ordre des blocs et l'induction émotionnelle sur le taux d'erreurs au rappel de quatre items

L'analyse des contrastes révèle une différence significative des performances entre le second et le troisième bloc d'essais chez les induits ( $F(17,72) = 2,22$  ;  $p = .0004$ ).

### 1.5.1.1.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

L'effet principal de l'induction n'est pas significatif. Il n'existe pas d'interaction significative entre l'induction et les autres facteurs de la tâche. Pour cette condition d'empan, le taux d'erreurs atteint une valeur moyenne de 68 %.

#### 1.5.1.1.1. Le rappel des quatre dernières consonnes

L'analyse des latences est conduite pour fournir une indication sur la durée des processus impliqués dans la récupération des items.

### 1.5.1.2. Les temps de latence

Pour rendre compte des opérations engagées dans les processus de réponse, une analyse des latences appariées aux premières consonnes correctes est la plus adéquate. Cependant, l'estimation des erreurs au rappel de la première consonne révèle un taux égal à 50 %. Cette valeur élevée ne permet pas de réaliser une analyse fiable. À défaut, l'analyse est réalisée sur la totalité des latences au rappel du premier item.

Pour chaque condition d'empan, les valeurs aberrantes de l'échantillon (valeur supérieure à la moyenne plus deux écart types) sont remplacées, pour chaque sujet, par la valeur de la latency moyenne plus deux écart types en fonction de la condition du nombre de mises à jour. Six pour cent des latences au rappel des quatre derniers items ont été remplacées, dont 2 % pour les listes de quatre items, 1,8 % pour les listes de six items et 2,2 % pour les listes de huit items. En condition d'empan cinq, 3,5 % des données brutes ont été substituées dont, 1,6 % pour les listes de cinq items, 1,2 % pour les listes de sept items et 0,7 % pour les listes de neuf items. La répartition équilibrée des substitutions entre chaque longueur de liste pour les deux conditions d'empan suggère que les valeurs aberrantes se distribuent aléatoirement.

#### 1.5.1.2.1. Le rappel des quatre dernières consonnes

L'effet principal de l'induction ( $F(1,21) = 11,29$  ;  $p = .003$ ) montre que les induits mettent plus de temps (2024 ms) pour restituer le premier item que les contrôle (1255 ms).

#### 1.5.1.2.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

L'effet principal de l'induction ( $F(1,19) = 15,92$ ;  $p = .0008$ ) est significatif. Il révèle que les induits restituent la première consonne plus tardivement (3052 ms) que les contrôle (1952 ms). De plus, l'interaction entre l'induction et le nombre de mises à jour est significative ( $F(2,38) = 6,79$  ;  $p = .003$ ). L'allongement des latences avec l'activité de mise à jour est visible chez tous les sujets, il est particulièrement marqué chez les induits qui obtiennent des latences nettement plus élevées (figure 1.4.). L'accroissement des latences pour les longueurs de liste supérieures à l'empan n'évolue pas de manière significative avec l'augmentation du nombre de mises à jour (test  $t$  de Student non significatif) ni pour les sujets induits, ni pour les sujets contrôle.

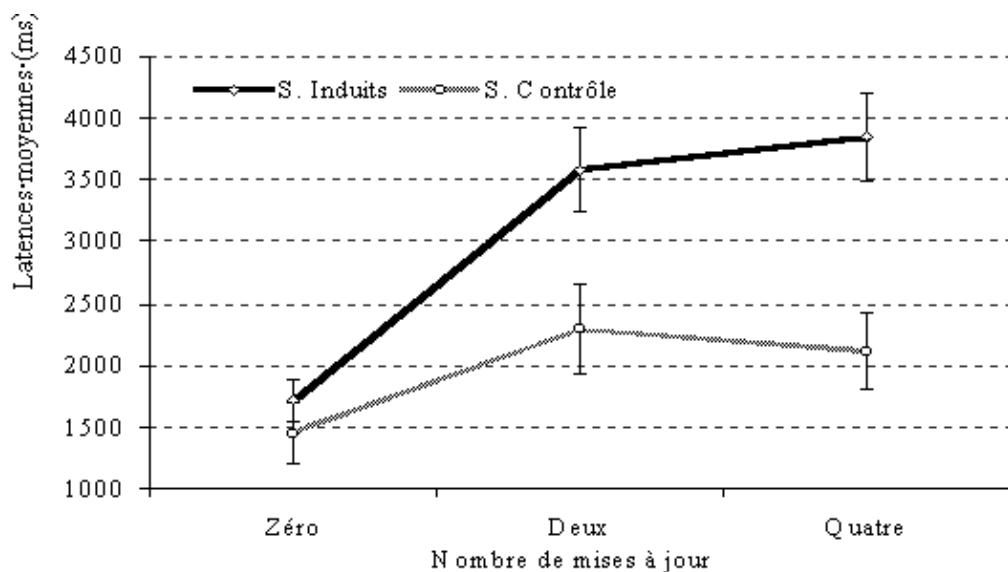


Fig. 3.4.—Effet de l'interaction entre le nombre de mises à jour et l'induction émotionnelle sur les latences au rappel des cinq derniers items

### 1.5.1.3. La production de pensées non pertinentes

Le nombre de pensées rapportées en fin d'expérience par les sujets induits et contrôle n'est pas significativement différent. En revanche, la proportion de pensées non pertinentes rapportées par les induits est plus élevée que chez les contrôle ( $t = 2,404$  ;  $ddl=48$  ;  $p = .0201$ ). Cette proportion, évaluée sur la base de leur fréquence d'apparition et de leur intensité (Seibert et Ellis, 1991b), demeure significativement plus élevée chez les induits par rapport aux contrôle ( $t = 2,724$  ;  $ddl=48$  ;  $p = .0090$ ). L'émotion induite provoque donc la production d'une quantité plus grande de pensées non pertinentes jugées comme plus fréquentes et plus intenses.

Ce mode d'évaluation, inspiré de l'étude de Seibert et Ellis (1991b), constitue une analyse complète des pensées non pertinentes. Elle est toutefois inadéquate si l'on considère ces pensées, non seulement comme des productions qui gênent l'activité du sujet, mais aussi comme des pensées qui sont *sans rapport* avec l'activité cognitive car davantage liées à l'expérience émotionnelle. Or, de nombreuses pensées jugées comme non pertinentes par les sujets ont un rapport direct avec les contraintes procédurales de la tâche. Par conséquent, ces pensées peuvent difficilement s'apparenter à des pensées non pertinentes vis-à-vis de la tâche à exécuter.

Pour cette raison, une seconde catégorisation des productions des sujets est réalisée. Elle s'appuie sur une définition plus restrictive, selon laquelle une pensée non pertinente est une pensée gênante pour la tâche, sans rapport avec celle-ci. L'examen des productions des sujets, effectué à partir de ce nouveau critère de classification, indique que les pensées non pertinentes coïncident avec les préoccupations personnelles du sujet comme, par exemple : « je me sens troublé(e) en pensant aux images que j'ai vues auparavant. » ; « je suis stressé(e) » ; « je pense au travail que j'ai à faire », etc. (Annexe 8).

De la même manière que pour la première analyse, la proportion des pensées non pertinentes est calculée pour chacun des sujets. Le test  $t$  de Student de comparaison de la proportion moyenne de pensées non pertinentes entre les sujets induits et contrôle ne montre pas de différence significative. L'analyse intégrant l'évaluation de la fréquence et de l'intensité des productions ne révèle pas non plus de différence significative.

### 1.5.2. Analyse des caractéristiques de la tâche

Une interprétation correcte des performances observées chez les induits mérite un examen fouillé des caractéristiques propres à la tâche de *Running Span*. Pour cela, une comparaison entre les données de Morris et Jones (1990), de Van der Linden, Brédart et Beerten (1994) et de nos propres résultats, est réalisée pour vérifier l'homogénéité des performances obtenues par les groupes contrôle dans ces expériences. Dans le même temps, l'analyse des performances observées chez tous les sujets de notre expérience est faite pour obtenir des éléments de compréhension supplémentaires sur les aspects dynamiques du traitement engagé dans la tâche de *Running Span*. Puisqu'il n'existe pas de configuration simple et unique des effets de l'émotion sur la mémoire, il est utile de s'intéresser aux caractéristiques de la tâche pour formuler des hypothèses sur les processus exécutifs mobilisés qui sont susceptibles d'être altérés par l'émotion négative.

#### 1.5.2.1. Comparaison de nos résultats avec ceux de Morris et Jones (1990) et de Van der Linden et coll. (1994)

Dans les expériences de Morris et Jones (1990) et de Van der Linden et coll. (1994), les sujets devaient rappeler les quatre derniers items de listes de quatre, six, huit et dix consonnes, ou bien les six derniers items de listes comprenant six, huit, dix ou douze consonnes. La procédure était similaire à celle décrite plus haut. L'étude de Van der Linden et coll. (1994) étudiait les effets du vieillissement sur les performances à la tâche

alors que l'étude de Morris et Jones (1990) cherchait à spécifier les mécanismes impliqués dans la tâche de *Running Span*. Les performances des sujets contrôlenote12 ont été comparées à partir des résultats publiés relatifs à la qualité de la réponse selon la position sérielle et les mises à jour. Pour clarifier la présentation, nous avons fait une estimation moyenne des performances en fonction du nombre de mises à jour représentées en figure 1.5.

En condition d'empan 4, il existe une certaine disparité entre les performances des trois études. Leur évolution en fonction des mises à jour n'est pas similaire entre l'étude de Van der Linden et coll. (1994) et celle de Morris et Jones (1990). En revanche, les patrons de résultats sont assez analogues entre l'étude de Van der Linden et coll. (1994) et notre expérience, mais attestent d'un niveau de performance plus faible.

Ces études mettent toutes trois en évidence une chute des performances causée par l'activité de mise à jour mais peu sensible au *nombre* de mises à jour. En revanche, l'estimation du taux d'erreurs de rappel pour les trois études révèle une disparité des performances car le pourcentage d'erreurs s'élève respectivement à 11 %, 26 % et 37 % pour l'étude de Van der Linden et coll. (1994), Morris et Jones (1990) et notre expérience.

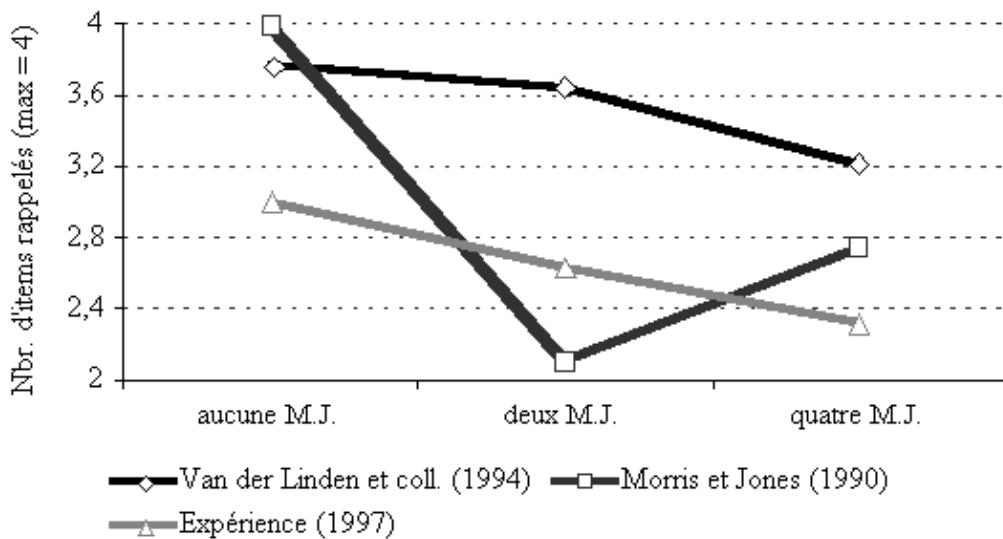


Fig. 3.5.— Qualité du rappel à la tâche de *Running Span* en condition d'empan 4 dans trois études expérimentales

En condition d'empan 6, les résultats des études de Van der Linden et coll. (1994)note13 et Morris et Jones (1990) sont homogènes. La comparaison de ces données avec nos résultats révèle en revanche une importante différence de performances. La figure 1.6. montre en effet que la qualité du rappel des cinq dernières consonnes est toujours moins bonne par rapport au rappel des six dernières consonnes.

Par ailleurs, l'activité de mises à jour n'affecte ni les performances des sujets jeunes de l'étude de Van der Linden et coll. (1994), ni celles des sujets contrôle de l'étude de Morris et Jones (1990), alors qu'elle détériore le rappel des cinq derniers items dans notre étude. Cette détérioration progresse avec le nombre de mises à jour (§1.5.2.2.). Ces différences, contraire aux effets attendus de l'empan, ne peuvent s'expliquer ni par la diversité du matériel, ni par le choix de la procédure, ni par les consignes car ces facteurs sont communs aux trois études. Enfin, les données de Van der Linden et coll. (1994) et de Morris et Jones (1990) montrent que le niveau de performances est relativement faible avec des taux d'erreurs de 42 % et 56 %. Il atteint 60 % dans notre expérience. Cela conforte donc l'idée que la tâche de *Running Span* est une activité de traitement relativement complexe.

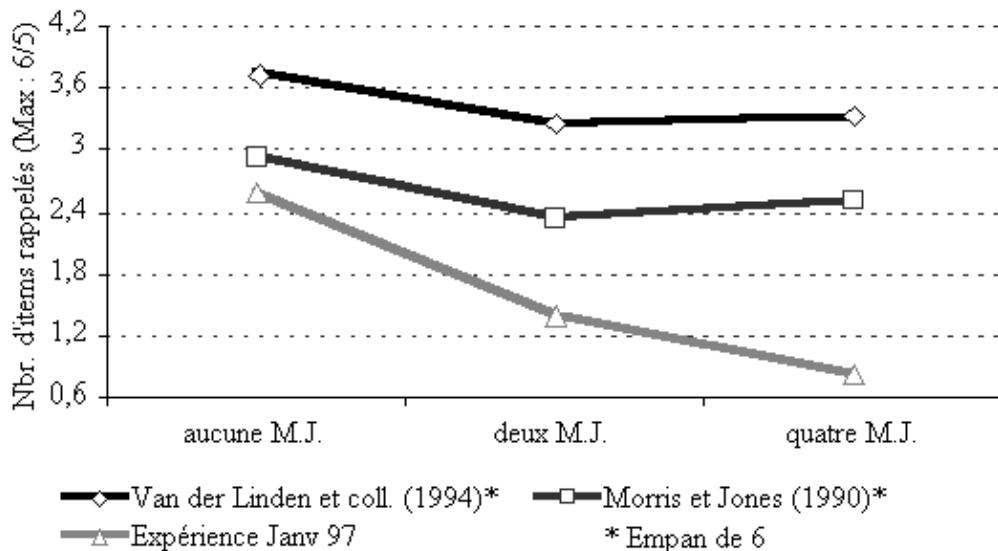


Fig. 3.6.— Qualité du rappel à la tâche de Running Span en condition d'empan 5 ou 6 dans trois études expérimentales

### 1.5.2.2. Les taux d'erreurs de rappel

Le facteur induction est écarté de la nouvelle analyse afin d'examiner les performances globales de l'ensemble des sujets à la tâche.

#### 1.5.2.2.1. Le rappel des quatre dernières consonnes

Les sujets commettent 44 % d'erreurs au rappel de quatre items. L'effet principal du nombre de mises à jour ( $F(2,44) = 26,17$  ;  $p = .0001$ ) montre que les erreurs augmentent lorsque l'activité de mise à jour est requise, mais indépendamment de leur nombre. L'analyse de la qualité du rappel selon la position sérielle des items révèle l'existence d'un effet principal de la position sérielle ( $F(3,66) = 14,40$  ;  $p = .0001$ ). L'interaction entre le nombre de mises à jour et la position sérielle est significative ( $F(6,132) = 4,85$  ;  $p = .0002$ ). Elle montre que l'activité de mise à jour entraîne un effet de récence -représenté de manière inversée en figure 1.7. du fait de la nature des données-.

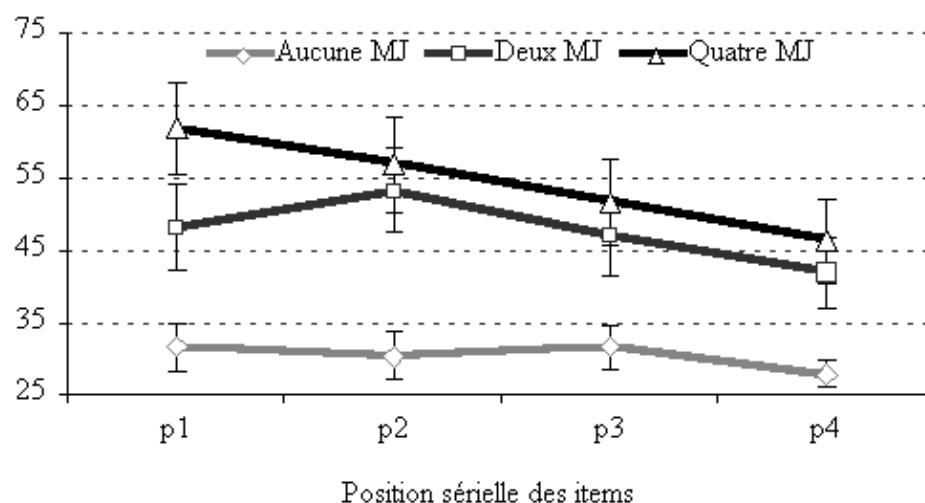


Fig. 3.7.—Effet de l'interaction entre le nombre de M.J. et la position sérielle sur les erreurs au rappel de quatre items (p1 est la position la plus ancienne et p4 la plus récente)

### 1.5.2.2.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

Les sujets commettent 68 % d'erreurs au rappel. Les effets principaux du nombre de mises à jour ( $F(2,40) = 111,71$  ;  $p = .0001$ ) et des positions sérielles ( $F(4,80) = 4,22$  ;  $p = .0038$ ) sont significatifs. Le calcul des contrastes, entre les conditions de deux et quatre mises à jour, sur le premier effet, révèle que la chute des performances s'aggrave lorsque le nombre de mises à jour augmente ( $F(2,40) = 22,39$  ;  $p = .0001$ ). L'interaction entre le nombre de mises à jour et les positions sérielles ( $F(8,160) = 2,55$  ;  $p = .0122$ ) est également significative. Elle montre un effet de récence dont le sens de lecture reste inversé. En figure 1.8., on remarque que le taux d'erreurs est très élevé puisqu'il avoisine 90 % pour la condition de quatre mises à jour. Cette valeur pourrait signifier que les réponses ont été données au hasard. La probabilité que des réponses soient données au hasard a été calculée pour chaque position sérielle. Elle atteint 95 %<sup>note14</sup>. Mise en rapport avec le taux d'erreurs de 90%, cette valeur de probabilité suggère que lorsque quatre mises à jour sont nécessaires, la majeure partie des réponses ne repose pas sur une activité contrôlée.

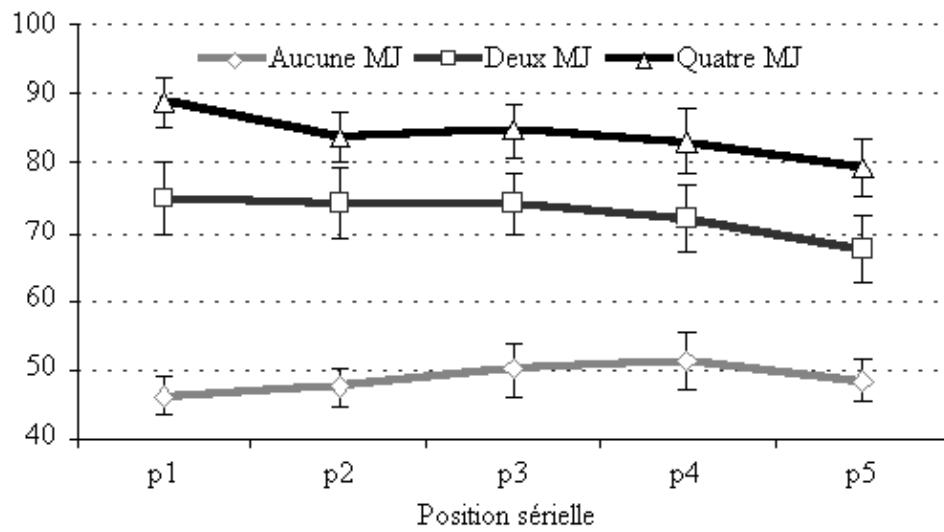


Fig. 3.8.— Effet de l'interaction entre le nombre de M.J. et la position sérielle sur les erreurs au rappel de cinq items

Globalement, la valeur élevée du taux d'erreurs au rappel des quatre et des cinq derniers items réclame un examen de la nature des erreurs pour connaître les stratégies de réponse des sujets. On peut faire l'hypothèse qu'une quantité importante d'omissions soit l'indice d'une impossibilité à réaliser les mises à jour, alors qu'un rappel complet mais décalé attesterait d'une tentative de contrôle pour la mise à jour des listes.

### 1.5.2.3. Analyse de la nature des erreurs

Cette analyse vise à identifier les stratégies de réponse par l'intermédiaire de la nature des erreurs. L'examen des réponses a permis de dégager cinq patrons d'erreurs, parmi lesquels trois classes ont été distinguées : les erreurs qui consistent à donner une consonne inexacte, l'absence de réponse ou encore les erreurs de positionnement des items dans la liste rappelée. Il s'agit :

•

(a) *d'erreurs d'intrusion* d'une ou plusieurs consonnes de la liste, non pertinentes pour le rappel : la

liste présentée est LMFQBCX, la réponse donnée est BLCMX.

- 
- - (b) d'erreurs correspondant à *l'apparition d'une nouvelle consonne* qui n'appartient pas à la liste d'origine : la même liste est présentée, la réponse donnée est FQTCX.
  - 
  - (c) d'erreurs d'*omission* d'une ou plusieurs consonnes : la même liste est présentée, la réponse donnée est FBC.
  - 
  - (d) d'*erreurs de décalage* des bonnes consonnes : la même liste est présentée, la réponse attendue est FQBCX, mais la réponse donnée est MFQBC.
  - 
  - (e) d'*erreurs de transposition* des positions des bonnes consonnes : la même liste est présentée, la réponse donnée est BCQFX.

Notre hypothèse est que la description formelle des patrons d'erreur peut rendre compte de stratégies de traitement différentes. Les erreurs de décalage et de transposition concernent l'ordre de récupération des items correctement maintenus mais mal restitués. Un rappel décalé ou transposé peut donc indiquer une désorganisation dans l'activité de mise à jour. L'omission, l'intrusion et l'apparition de nouveaux items sont trois manifestations comparables qui révèlent l'impossibilité d'accéder aux items pertinents. Cela suggère l'existence d'un défaut de maintien et de mise à jour, donc d'un défaut plus étendu par rapport aux erreurs de décalage et de transposition. On peut néanmoins distinguer les erreurs d'*omission* des erreurs d'*intrusion* et d'*apparition* d'un nouvel item. La première traduit une interruption du processus de réponse, et peut s'expliquer par une stratégie qui consiste à omettre des items plutôt que de fournir de mauvaises réponses. Les erreurs d'*intrusion* et d'*apparition* de nouvelles consonnes seraient la manifestation d'une stratégie opposée, consistant à donner une réponse de substitution pour compenser l'inaccessibilité aux consonnes pertinentes.

La comparaison des fréquences des erreurs est réalisée avec un  $\chi^2$  d'ajustement qui montre que leur répartition n'est pas homogène ( $\text{Chi}^2 = 292,50$ ;  $\text{ddl} = 4$ ;  $p < .0001$ ).

| Erreurs   | Décal. | Transp. | Omis. | Intrus. | Nouvel. | Total |
|-----------|--------|---------|-------|---------|---------|-------|
| Fréquence | 21,0   | 187,0   | 26,0  | 355,0   | 228,0   | 817,0 |
| Taux      | 3%     | 23%     | 3%    | 43%     | 28%     | 100%  |

Tab. 1.5.—Répartition des erreurs en fonction de leur nature

Le tableau 1.5. montre un taux très faible d'*erreurs de décalage* et d'*omission*. Celles-ci sont exclues des analyses afin de ne pas biaiser la distribution des données. Une première analyse met en évidence les effets principaux des facteurs empan ( $F(1,48) = 29,30$ ;  $p = .0001$ ), mise à jour ( $F(2,96) = 91,53$ ;  $p = .0001$ ) et catégorie d'*erreur* ( $F(2,96) = 24,89$ ;  $p = .0001$ ). L'*interaction significative* entre le nombre de mises à jour, l'*empan* et la catégorie d'*erreurs* ( $F(4,192) = 5,02$ ;  $p = .0007$ ) est illustrée en figure 1.9. où l'on constate que l'accroissement des erreurs avec l'*augmentation* de l'*empan* est très marqué pour les erreurs d'*intrusion* avec des listes nécessitant quatre mises à jour.

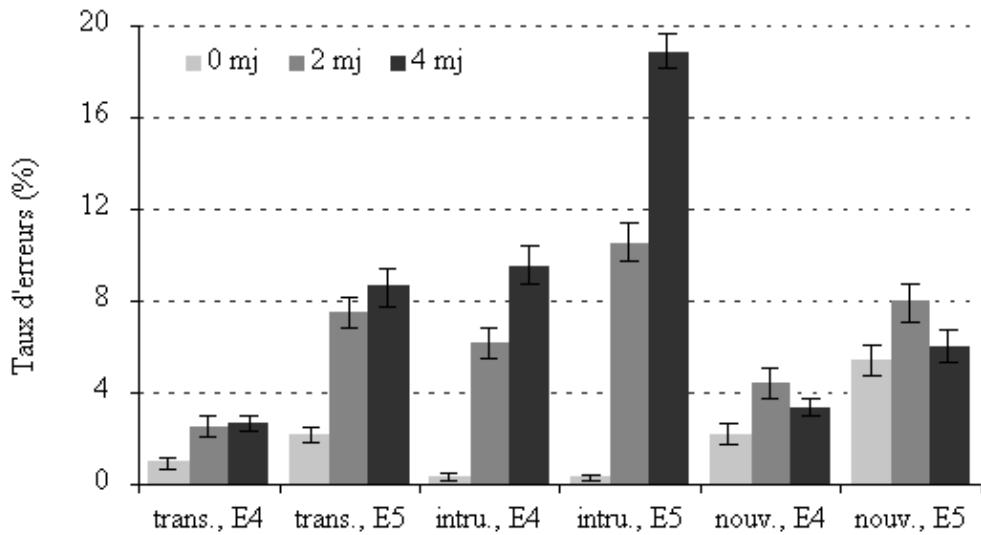


Fig. 3.9.— Effet de l’interaction entre le nombre de M.J., l’empan et les catégories d’erreurs sur la qualité du rappel

Cela s’explique aisément car plus le nombre de consonnes présentées est grand, plus la probabilité pour qu’une d’entre elles soit rappelée est élevée. En même temps cela soulève la question de la qualité du contrôle des mises à jour pour les charges mnésiques élevées. À l’inverse, l’apparition de nouveaux items est plus fréquente pour les listes sans mises à jour. Cela suggère l’existence d’une stratégie qui consiste à ignorer les premiers items présentés, au risque de ne pas pouvoir les rappeler quand ils sont requis pour le rappel. La seconde analyse intègre le facteur induction et révèle son effet principal ( $F(1,47) = 32,69$  ;  $p = .0276$ ). Toutefois, il n’existe pas d’interaction significative avec l’induction. Ces données montrent que l’induction accentue les erreurs mais ne permettent pas de dire si elle entraîne un type d’erreurs particulier.

#### 1.5.2.4. Les temps de latence

##### 1.5.2.4.1. Le rappel des quatre dernières consonnes

L’analyse de la variance révèle un effet principal du nombre de mises à jour ( $F(2,44) = 8,45$  ;  $p = .0008$ ). Les sujets mettent plus de temps pour restituer le premier item lorsque la longueur de la liste nécessite des mises à jour (Tableau 1.6.). Toutefois, le calcul des contrastes entre les deux conditions de mise à jour n’indique pas d’allongement significatif des latences avec l’augmentation du nombre de mises à jour.

##### 1.5.2.4.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

L’effet principal du nombre de mises à jour est également significatif ( $F(2,40) = 17,97$ ;  $p = .0001$ ). Il met en évidence une augmentation des latences lorsque l’activité de mise à jour est impliquée. Toutefois, l’accroissement de la durée des latences demeure indépendante du nombre de mises à jour à réaliser (Tableau 1.6.).

|                           | Aucune mise à jour | Deux mises à jour | Quatre mises à jour |
|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| Moyennes                  |                    |                   |                     |
| Empan-4 <sup>a</sup>      | 1149,6             | 1836,6            | 1983,54             |
| <i>Déviation Standard</i> |                    |                   |                     |
| Empan-4 <sup>a</sup>      | 712,77             | 1217,29           | 1007,74             |
| Moyennes                  |                    |                   |                     |
| Empan-5 <sup>b</sup>      | 1591,97            | 2971,9            | 3022,63             |
| <i>Déviation Standard</i> |                    |                   |                     |
| Empan-5 <sup>b</sup>      | 1044,92            | 1857,13           | 1871,11             |

Tab. 1.6.—Latences moyennes au rappel des quatre et cinq derniers items selon le nombre de mises à jour requis

## 1.6. Discussion

Le dispositif de contrôle de l'état émotionnel révèle une différence significative entre l'évaluation des deux groupes, confirmant l'existence d'une expérience émotionnelle négative chez les induits. Cela permet de distinguer expérimentalement les sujets et autorise l'interprétation des effets de l'émotion sur les performances à la tâche.

Les résultats relatifs à l'effet de l'induction sur la qualité du rappel montrent qu'une émotion négative provoque l'augmentation des erreurs de rappel des quatre derniers items. L'absence d'effet sur la qualité du rappel des cinq derniers items est plutôt inattendue, car les données de la littérature (Ellis et Ashbrook, 1988, 1989 ; Seibert et Ellis, 1991b ; Darke, 1988) tendent à montrer qu'un haut niveau de complexité favorise l'apparition des effets délétères de l'émotion. Un autre aspect inattendu de cette condition est le fort taux d'erreurs de rappel chez tous les sujets. Cet effet plancher rend la différenciation des groupes malaisée et explique l'absence d'effet de l'induction sur la qualité du rappel. Cela élimine également la possibilité de vérifier si l'augmentation du niveau de complexité de la tâche aggrave les performances des sujets induits.

En condition d'empan 4, l'induction altère l'activité de mise à jour sans affecter la qualité du rappel sériel, suggérant ainsi que l'émotion affecte principalement le fonctionnement de l'exécuteur central. Ce patron de résultats est proche des données de Van der Linden et coll. (1994) montrant qu'en condition d'empan 6, il existe un effet du vieillissement sur le processus de mises à jour, mais pas sur les positions sérielles des items à rappeler. Selon Van der Linden et coll. (1994), cela attesterait d'une diminution, chez les sujets âgés, des ressources de l'exécuteur central sans déficit des processus de stockage. Cette interprétation repose sur l'hypothèse de Morris et Jones (1991) selon laquelle l'activité de mise à jour mobilise essentiellement les capacités de l'exécuteur central, alors que le rappel sériel rend compte uniquement des capacités de stockage de la boucle phonologique. Dans cette hypothèse, nos résultats pourraient suggérer que l'induction affecte les capacités de l'exécuteur central sans détériorer les capacités de stockage de la MDT. Cependant, nos données révèlent qu'il existe, en condition d'empan 4, une différence significative des performances entre les groupes pour le rappel des listes de quatre items, montrant un meilleur rappel chez les contrôles. Cela suggère, en définitive, que l'induction détériore aussi les capacités de stockage.

Un résultat non prédit est l'interaction entre l'induction et l'ordre des blocs au rappel des quatre derniers items. Celle-ci montre que les sujets contrôle conservent un niveau de performance égal sur toute la durée de l'expérience, alors que les induits, dont les performances sont nettement moins bonnes, améliorent la qualité de leur rappel au dernier bloc d'essais. Si les sujets contrôle ne témoignent pas d'un effet de pratique, cela peut signifier que l'amélioration des performances des sujets induits est liée au déclin des effets de l'induction. Dans cette hypothèse, une approximation de la durée d'action de l'induction pourrait être tentée.

Par exemple, en condition d'empan 4 où l'exécution d'un bloc d'essais dure en moyenne quatre minutes et où l'amélioration des performances des induits est visible au troisième bloc, on pourrait estimer la durée d'action de l'induction à environ huit minutes (deux blocs  $\times$  4 min). Toutefois, d'autres facteurs, comme par exemple l'intensité de l'émotion, peuvent déterminer la durée des effets de l'induction. Une telle estimation réclame en définitive l'examen complet des variables capables d'agir sur la durée de l'induction émotionnelle.

L'analyse des latences au rappel du premier item montre que le processus de réponse est ralenti chez les induits aux deux conditions de rappel. Ceci valide l'hypothèse d'un effet direct de l'état émotionnel sur la vitesse de récupération de l'information maintenue en MDT. Au rappel des cinq derniers items, l'induction provoque un ralentissement des latences qui s'observe en situation de mise à jour sans toutefois dépendre du nombre de mises à jour. Par ailleurs, en condition de rappel sans mise à jour, les latences ne diffèrent pas entre les groupes. Ainsi, seule l'activité de mise à jour ralentit la vitesse de récupération des items chez les induits. Cela suggère, par conséquent, que l'émotion induite altère les capacités de l'exécuteur central.

L'examen de la nature des pensées produites pendant la tâche démontre que selon la définition attribuée à la notion de pensée non pertinente, les résultats divergent. En première analyse, lorsqu'elles sont assimilées à des pensées gênantes pour la réalisation de la tâche, les pensées non pertinentes sont plus nombreuses chez les induits que chez les contrôle. En seconde analyse, cette différence n'est plus significative lorsque les pensées non pertinentes sont considérées comme étant à la fois gênantes et sans rapport avec la tâche. Cette contradiction s'explique principalement par le caractère plus restrictif de la seconde définition. Ainsi, la proportion de pensées non pertinentes rapportées par les induits n'est pas plus importante que chez les contrôle. En dépit de cette absence de différence, nos résultats mettent en évidence l'influence de l'induction sur les performances au rappel. Cela montre que les effets de l'induction ne sont pas forcément médiatisés par la production de pensées non pertinentes et suggère que d'autres phénomènes peuvent être à l'origine de l'altération des performances.

Une explication possible à l'absence de production supplémentaire de pensées non pertinentes chez les sujets induits est que ces pensées n'accèdent pas au statut d'entité consciente. Elles correspondraient davantage à des représentations floues, non reliées avec l'activité en cours. Cette conception demeure conforme à l'hypothèse que la production de pensées sans rapport immédiat avec l'activité cognitive en cours dépend des ressources de l'exécuteur central (Rapee, 1993 ; Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-Smith et Baddeley, 1995). Teasdale et coll. (1995) ont en effet montré qu'une élévation de l'exigence de traitement de la tâche réduisait la production de pensées non pertinentes. Par comparaison avec les résultats de l'expérience, il est probable que le niveau d'exigence de la tâche de *Running Span*, mobilisant une grande part des processus conscients de planification, interrompe la formation de pensées conscientes liées à l'état émotionnel. Cette relation entre une conscience élevée des éléments de la tâche et une production nulle de pensées non pertinentes renvoie, chez ces auteurs, à l'hypothèse d'une compétition pour les ressources de traitement entre l'exécution de la tâche et la production de pensées non pertinentes.

Une autre explication possible de l'absence de production massive de pensées non pertinentes chez les sujets induits est issue du modèle cognitif des émotions d'Oatley et Johnson Laird (1987). Dans ce modèle, les émotions assument une fonction cognitive consistant à produire une nouvelle planification de l'activité en cours. Les émotions assurerait une communication *non propositionnelle* permettant au système de se mettre dans un mode de fonctionnement particulier capable de modifier les priorités d'action. Ce mode de fonctionnement non symbolique ne serait pas conscient. Nos résultats semblent cohérents avec ce modèle, car il est probable que l'induction émotionnelle module les paramètres de fonctionnement cognitif avant d'engendrer des représentations conscientes liées aux causes et aux effets de l'émotion. De même, Mandler (1992, cité dans de Bonis, 1996) estime que certains contenus sémantiques de l'expérience émotionnelle n'accèdent pas nécessairement à la conscience.

Le rapprochement de nos résultats avec ceux de Morris et Jones (1990) et de Van der Linden et coll. (1994) indique que l'absence d'effet du nombre de mises à jour sur le rappel des quatre derniers items est un

phénomène stable chez les sujets contrôle. Pour Van der Linden et coll. (1994), cela s'expliquerait par le fait qu'une charge mnésique de quatre items exige peu de ressources du système exécutif de la MDT. Ceci n'est pas compatible avec nos données où la condition d'empan 4 constitue une activité cognitive suffisamment coûteuse pour que les effets de l'induction s'observent, alors qu'en condition d'empan 5 les limites des capacités de traitement en MDT sont atteintes.

Selon Morris et Jones (1990), l'indépendance entre le nombre de mise à jour et les performances au rappel en condition d'empan 6, s'expliquerait par le fait que les mises à jour n'auraient pas un effet cumulatif sur les ressources de l'exécuteur central. Ce dernier accomplirait plusieurs mises à jour en séquence rapide sans dépasser ses capacités, ou bien il possèderait une vitesse de récupération très rapide quand il exécute de telles opérations. Selon nous, le taux élevé d'erreurs produites, notamment au rappel des six ou cinq derniers items, tend plutôt à écarter cette explication, car un faible niveau de performance indique au contraire une difficulté à réaliser les mises à jour. De plus, nos résultats tendent à montrer que l'augmentation du nombre de mise à jour agrave la détérioration des performances au rappel des cinq derniers items. Enfin, l'analyse de la nature des erreurs révèle l'existence d'intrusions et l'apparition de nouvelles consonnes qui traduisent l'inaccessibilité de certains items pouvant causer l'absence de mise à jour.

L'étude des caractéristiques de la tâche révèle un effet de récence aux deux conditions de rappel qui se renforce lorsque le nombre de mises à jour augmente. Dans cette tâche, théoriquement, les items les plus anciens ayant bénéficié d'un grand nombre de répétitions devraient être aussi bien restitués que les plus récents. C'est pourquoi ce phénomène de récence est plutôt inattendu. En règle générale, celui-ci traduit le déclin progressif des items les plus anciennement encodés. Ceci s'explique par l'impossibilité pour ces items d'être entretenus par les mécanismes de répétition de la boucle phonologique. Plusieurs facteurs peuvent perturber les mécanismes de rafraîchissement. Une hypothèse possible est l'existence d'un phénomène d'interférence entre les activités de stockage et de mise à jour. Selon cette hypothèse, la récupération ordonnée des items maintenus dans le stock phonologique serait gênée par leurs mises à jour. Celles-ci viendraient modifier, voire même interrompre, le mécanisme de répétition assurant le rafraîchissement des traces mnésiques. L'interaction significative, pour les deux conditions de rappel, entre le nombre de mises à jour et les positions sérielles vient confirmer cette hypothèse. En effet, en condition de mise à jour, l'effet de récence existe. Sans mise à jour, il disparaît.

L'augmentation significative des latences pour les deux conditions de rappel nécessitant des mises à jour suggère que la manipulation des items en mémoire affecte la vitesse de récupération du premier item. L'hypothèse explicative est que les traces mnésiques dégradées par les opérations de mises à jour provoquent un ralentissement de la vitesse de restitution parce qu'elles nécessitent un temps de récapitulation plus long pour la récupération des items. L'absence d'un effet du nombre de mises à jour n'est pas contradictoire avec cette hypothèse car la récapitulation préparatoire au rappel s'effectue toujours sur un nombre constant d'items. À l'inverse, lorsque la liste n'impose pas de mises à jour, les items sont disponibles dans le stock et sont restitués rapidement.

La tâche de *Running Span* implique un haut niveau de contrôle pour la restitution exacte des items. L'analyse de ces caractéristiques montre qu'elle génère un grand nombre d'erreurs, notamment en condition d'empan 5. Le traitement dynamique qu'elle implique semble reposer sur l'interaction des mécanismes de stockage et de mise à jour, génératrice d'interférences. L'existence de telles interférences pourrait signifier que la simultanéité des traitements ne favorise pas toujours leur efficience. Autrement dit, l'activité de MDT, définie classiquement comme l'aptitude à traiter et à stocker simultanément l'information, semble recouvrir ici des capacités de coordination très limitées. Cette limite suggère que l'exécuteur central est massivement impliqué dans le maintien temporaire des informations, participant activement au fonctionnement de la boucle phonologique. Cette hypothèse est opposée à l'idée que les informations sont prises en charge automatiquement par la boucle phonologique. Au contraire, nous pensons que l'information stockée est active parce qu'elle participe au traitement. De ce fait, son maintien, tout comme son déclin volontaire sur lequel repose l'activité de mises à jour, constituent des opérations réclamant un haut niveau de contrôle. L'ajout et

l'abandon simultanés d'items dans la série à maintenir active au cours de la mise à jour impliquent des modifications permanentes dans le système de répétition. Comme l'observent justement Morris et Jones (1990), ce renouvellement permanent du contenu de la boucle articulatoire est un aspect singulier de la tâche qui requiert une coordination de la part de l'exécuteur central. Cette remarque est compatible avec notre hypothèse d'interférence selon laquelle l'activité de répétition dynamique, destinée au maintien des traces mnésiques, exige l'intervention du contrôle exécutif. En revanche, cette dernière est peu compatible avec l'hypothèse de Morris et Jones (1990), selon laquelle le rappel sériel mobilise la boucle phonologique., mais pas le système de contrôle dynamique de l'exécuteur central. Nous verrons en effet plus loin dans cette partie expérimentale que des auteurs comme Cowan (1988) envisagent l'implication d'un système de planification pour la récupération contrôlée des items en MCT. Finalement, il semblerait que les composantes de maintien et de traitement soient hautement intégrées et que leur mesure indépendante soit particulièrement difficile à obtenir.

Cette expérience met en évidence l'influence de l'induction émotionnelle caractérisée par la détérioration de la qualité du rappel avec et sans mises à jour et l'allongement de la vitesse de récupération pour des longueurs de liste supérieures à l'empan demandé. Ces résultats suggèrent que l'émotion induite altère les capacités de la boucle phonologique et de l'exécuteur central. Ces effets semblent toutefois se limiter à une condition de rappel, car avec un niveau de complexité supérieur (empan 5), le traitement requis semble outrepasser les capacités des sujets dont les performances ne peuvent plus être distinguées sur la base de l'induction émotionnelle.

Dans une seconde expérience, de nouvelles conditions d'empan mnésique et de cadence de présentation des listes sont créées pour tenter de remédier aux limites de traitement. Cette réplication vise également à tester la permanence des effets de l'émotion induite sur une autre condition d'empan mnésique et à contrôler la validité du matériel inducteur sur l'activité mentale du sujet.

## 2. EXPERIENCE 2

### 2.1. Objectif de l'étude

Cette expérience examine l'étendue des effets de l'induction sur des activités de MDT de complexité variable. La tâche de *Running Span* est conservée pour tester l'influence de l'état émotionnel sur deux conditions d'empan où certaines contraintes de traitement sont contrôlées. Les conditions d'empan testées correspondent à des charges de trois et cinq items sur lesquelles la constance des effets de l'induction est examinée.

Afin d'abaisser le niveau d'exigence du rappel sériel des cinq derniers items, la vitesse de présentation des listes déterminant l'intervalle de temps entre chaque nouvel item présenté est manipulée. L'hypothèse est que le temps de présentation inter items contribue à la répétition articulatoire des consonnes pour leur encodage et leur mise à jour. Avec un intervalle de temps plus grand, les activités d'encodage, de rafraîchissement et de manipulation devraient être facilitées. La diminution de la cadence de présentation des items pour les listes de cinq, sept ou neuf items, devrait limiter la difficulté du rappel et rendre la tâche plus compatible avec les capacités de traitement des sujets. À l'exception de l'évaluation des pensées non pertinentes<sup>note15</sup>, la procédure d'induction et le contrôle de l'état émotionnel sont répliqués pour vérifier la permanence des effets obtenus.

### 2.2. Hypothèses théoriques

Bien qu'inscrite dans le cadre général des ressources de traitement limitées, cette expérience n'intègre plus l'hypothèse de la production de pensées non pertinentes pour expliquer le détournement des ressources de traitement. En effet, l'hypothèse d'un effet délétère de l'émotion uniquement médiatisé par l'émergence de représentations non pertinentes est remise en cause par le fait, démontré dans l'expérience précédente, que ces

représentations n'ont pas toujours un caractère conscient, notamment lorsqu'une activité cognitive coûteuse (*Running Span*) mobilise toute l'attention du sujet pour son exécution. Ceci reste cohérent avec l'hypothèse d'une mobilisation des capacités de traitement par l'émotion. En effet, si l'on considère que l'activité cognitive associée à l'expérience émotionnelle correspond à une rupture de plan dans la continuité du mode d'action engagé, on peut supposer que l'élaboration de nouveaux plans d'action impliquent une transformation (consciente ou non) des représentations en cours sous contrainte de temps et de ressources cognitives (Oatley & Johnson-Laird, 1987).

## 2.3. Méthodologie

### 2.3.1. Participants à l'expérience

Trente huit femmes et 11 hommes, âgés en moyenne de 22 ans et inscrits en premier et second cycle universitaire en sciences humaines, ont participé à l'expérience.

### 2.3.2. Matériel expérimental

#### 2.3.2.1. La tâche de Running Span

Le principe de la tâche et le support informatique étaient strictement identiques à l'expérience précédente. Soixante-douze nouvelles listes (Annexe 9) ont été produites par tirage au sort, sur la base de consonnes contenant un seul phonème. Les consonnes W, X, et Z ont été exclues parce qu'elles exigeaient, par comparaison avec les autres consonnes, un temps de prononciation plus long. Dans chacune des listes, aucun item n'apparaissait plus d'une fois. Les listes générées ont ensuite été examinées pour exclure celles qui contenaient des acronymes (CQFD ; SNCF, VRP,...).

Pour les deux conditions de rappel, quatre blocs d'essais, contenant chacun neuf listes d'items, ont été construits. En condition d'empan 3, trois listes de trois, cinq et sept items ont été réparties de manière aléatoire dans chacun des blocs. En condition d'empan 5, chaque bloc contenait trois listes de cinq, sept et neuf items. L'ordre de présentation des listes dans les blocs a été fixé aléatoirement pour toute les passations.

Pour chaque liste, le déroulement des évènements était similaire à l'expérience précédente, seuls les temps de présentation et inter stimuli variaient selon la condition de rappel. Au rappel des trois items, la durée d'apparition était fixée à 850 ms et le temps inter item (I.T.I.) à 150 ms. De cette manière, les consonnes apparaissaient successivement au rythme d'une par seconde. Au rappel des cinq items, la cadence de présentation correspondait à un temps d'apparition de 850 ms et un I.T.I. de 1150 ms, soit un rythme de présentation plus confortable d'un item toute les deux secondes.

#### 2.3.2.2. Évaluation et contrôle de l'état émotionnel

L'analyse factorielle en composantes principales calculée sur les scores d'auto-évaluation des participants met en évidence un premier facteur qui explique 54 % de la variance des scores d'auto-évaluation (Annexe 10). Comme pour l'expérience précédente, ce facteur oppose les adjectifs congruents aux adjectifs non congruents avec un état d'anxiété, et semble par conséquent rendre compte de la valence associée à chaque item.

Les notes en facteur attribuées à chaque sujet sont calculées pour ce premier facteur. Elles constituent une variable synthétique qui représente la valence de l'état émotionnel des sujets induits et contrôle. La comparaison entre ces scores révèle l'existence d'un effet significatif du facteur induction ( $F(1,46) = 7,57$  ;  $p = .0085$ ), et suggère que les deux groupes se distinguent sur la dimension valence dans le sens d'une évaluation, chez les induits, plus en accord avec un état d'anxiété que les sujets contrôle.

### **2.3.3. Procédure expérimentale**

La passation est individuelle. Chaque sujet prend connaissance des consignes d'exécution de la tâche présentées sur un écran d'ordinateur. Un premier bloc d'essais permet une familiarisation avec elle. Une fois la phase d'entraînement terminée, la phase d'induction commence. Les sujets sont invités à regarder attentivement 10 images anxiogènes ou neutres qui sont identiques à celles de l'expérience 1. Cette présentation est suivie du questionnaire de contrôle de l'état émotionnel à la fin duquel, les sujets se préparent à réaliser la tâche cognitive dont le principe est rappelé par une nouvelle consigne. L'expérience se termine par un questionnaire relatif aux stratégies adoptées au cours de la tâche et aux impressions des sujets face au matériel inducteur.

### **2.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes**

Le plan d'expérience est identique à celui de l'expérience précédente. Ce plan mixte comporte trois variables indépendantes dont deux inter sujets (Induction et Empan) et une intra sujets (Mise à jour). Les deux modalités de l'induction correspondent à une induction négative *versus* neutre. L'empan comporte deux modalités : une condition de rappel des trois derniers items *versus* cinq items. Pour le nombre de mises à jour, trois modalités sont prévues : aucune mise à jour, deux et quatre mises à jour.

**Sujets 12 <Induction 2 \* Empan 2> \* Mise à jour 3**

Les variables dépendantes sont semblables à celles précédemment étudiées, à l'exception de la production des pensées non pertinentes qui n'est pas évaluée.

## **2.4. Prédictions**

Si le maintien et la mise à jour des listes de trois, cinq et sept items n'engage pas un coût de traitement trop élevé, l'induction ne devrait pas affecter de manière significative les performances en condition d'empan 3. En revanche, en condition d'empan 5 où le niveau de complexité est supérieur on devrait observer, si la tâche n'excède pas les capacités de traitement des sujets, une différence significative entre les groupes, révélant des erreurs plus nombreuses et des latences plus longues chez les induits.

## **2.5. Résultats**

Comme l'indique le plan d'expérienc, chacune des quatre conditions expérimentales comportait 12 sujets, à l'exception d'une condition où les données de 13 participants ont été analysées.

### **2.5.1. Effets de l'induction émotionnelle**

#### **2.5.1.1. Les pourcentages d'erreurs de rappel**

##### **2.5.1.1.1. Le rappel des trois dernières consonnes**

L'analyse ne révèle pas d'effet principal de l'induction sur la qualité du rappel des trois derniers items. Un examen plus fouillé des performances à chaque position sérielle montre, en revanche, une interaction presque significative entre l'induction et les positions sérielles des items ( $F(2,46) = 3,122$  ;  $p = .0535$ ). La figure 2.1. montre que la pente de l'effet de récence, dont la lecture est inversée du fait des taux d'erreurs, est nettement plus accentuée chez les induits que chez les contrôle.

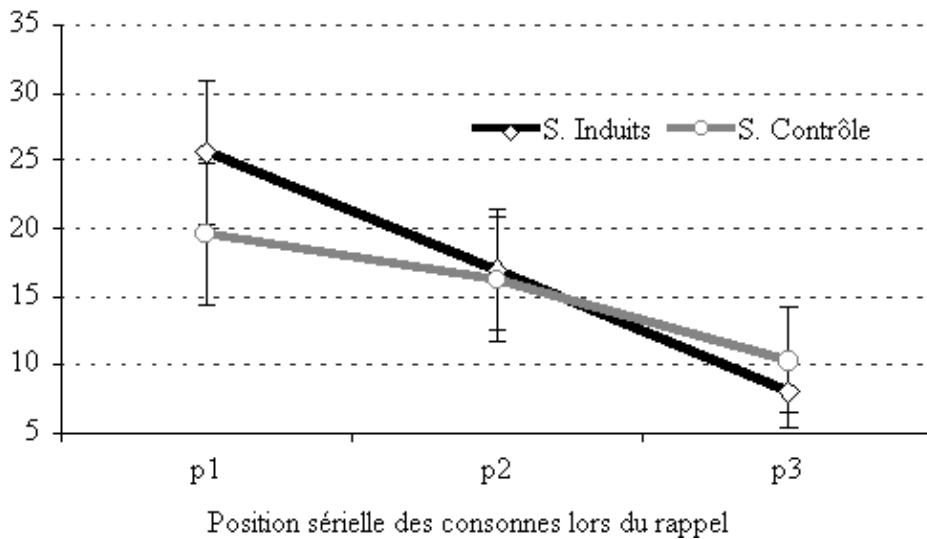


Fig. 4.1.— Effet de l’interaction entre l’induction émotionnelle et les positions sérielles sur le taux d’erreurs au rappel des trois derniers items

### 2.5.1.1.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

Il n’existe pas d’effet principal de l’induction sur la qualité du rappel des cinq derniers items. L’interaction entre l’induction et les positions sérielles n’est pas significative non plus ( $F(4,88) = 2,20$  ;  $p=.0734$ ).

### 2.5.1.2. Les temps de latence

Les latences aberrantes des deux conditions d’empan ont été substituées, pour chaque sujet et en fonction des conditions de mise à jour, par la valeur de la latence moyenne plus deux écart types. En condition d’empan 3, 3,2 % des valeurs ont été substituées, dont 1,2 % pour les listes de cinq items, 1,5 % pour les listes de sept items et enfin, 1 % pour les listes comportant neuf items. En condition d’empan 5, 3,7 % des valeurs ont été remplacées dont 1,2 % pour les listes de trois items, 0,7 % pour les listes de cinq items et 1,3 % pour les listes de sept items. La répartition des valeurs aberrantes est relativement équilibrée et ne semble pas être biaisée par une modalité en particulier.

#### 2.5.1.2.1. Le rappel des trois dernières consonnes

En raison d’un défaut d’enregistrement lors de la passation, les données de trois sujets ont été exclues. En accord avec nos hypothèses, l’analyse portant sur 22 témoins ne montre pas d’effet de l’induction sur les latences au rappel du premier item.

#### 2.5.1.2.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

L’analyse de la variance ne révèle aucun effet de l’induction sur les latences au rappel des cinq dernières consonnes. Ces données demeurent contraires aux prédictions.

## 2.5.2. L’analyse des caractéristiques de la tâche

Un nouvelle analyse de la variance est réalisée pour examiner les performances de l’ensemble des sujets. Le facteur Induction est exclu de cette analyse.

## 2.5.2.1. Les pourcentages d'erreurs de rappel

### 2.5.2.1.1. Le rappel des trois dernières consonnes

Les sujets commettent en moyenne 32,7 % d'erreurs de rappel. L'effet principal du nombre de mises à jour sur la qualité du rappel ( $F(2,48) = 28,94$  ;  $p = .0001$ ) montre que les erreurs de rappel augmentent significativement avec l'élévation du nombre de mises à jour. L'effet principal de la position sérielle des items ( $F(2,48) = 29,83$ ;  $p = .0001$ ) est significatif. Il indique un effet de récence très marqué. L'interaction entre le nombre de mises à jour et la position sérielle des items est significative ( $F(4,96) = 10,86$  ;  $p = .0001$ ). Elle est illustrée par la figure 2.2. qui montre un phénomène de renforcement de l'effet de récence (dont la lecture est inversée) avec l'augmentation du nombre de mises à jour.

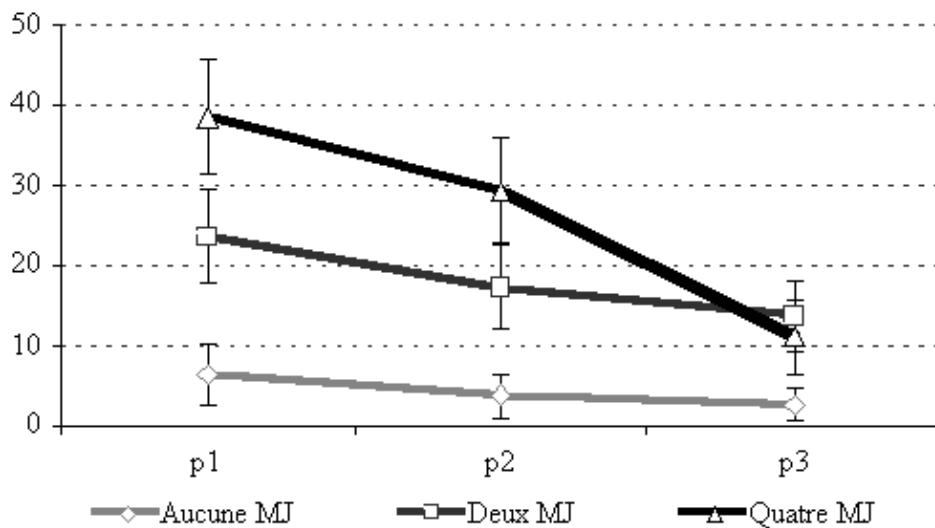


Fig. 4.2.—Effet de l'interaction entre le nombre de mises à jour et les positions sérielles sur le rappel des trois derniers items

### 2.5.2.1.2. Le rappel des cinq dernières consonnes

En condition d'empan 5, les sujets commettent environ 66 % d'erreurs. Ce taux est étonnamment élevé et quasiment égal à celui observé dans l'expérience précédente pour une charge mnésique équivalente. Cela indique que la diminution de la cadence de présentation des items ne modifie en rien la difficulté de la tâche. En effet, même avec un délai plus long affecté aux activités d'encodage, de rafraîchissement et de manipulation, le rappel strict des derniers items n'est pas facilité. La complexité de la tâche semble être indépendante des variations effectuées sur les conditions d'encodage.

Comme pour le rappel des trois items, les effets principaux du nombre de mises à jour ( $F(2,46) = 76,62$  ;  $p = .0001$ ) et de la position sérielle ( $F(4,92) = 4,87$  ;  $p = .0063$ ) sont significatifs. Le premier montre l'augmentation des erreurs avec le nombre de mises à jour. Le second révèle un effet de récence du dernier item rappelé. L'interaction significative entre le nombre de mises à jour et la position sérielle des items ( $F(8,184) = 9,17$  ;  $p = .0001$ ) indique une amélioration de la qualité du rappel du dernier item en fonction du nombre de mises à jour requis par la liste. Plus le nombre de mises à jour est grand, plus l'effet de récence localisé sur le dernier item est marqué (figure 4.3.).

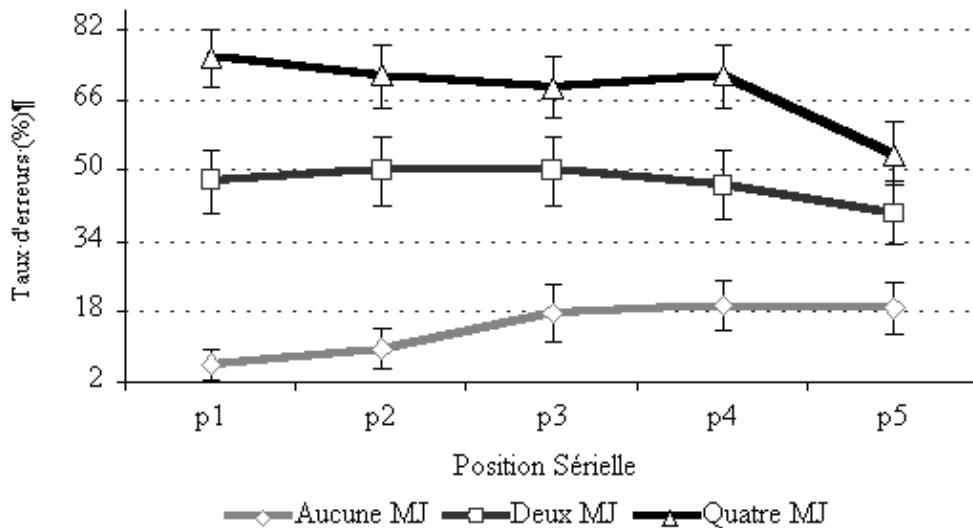


Fig. 4.3.—Effet de l'interaction entre le nombre de mises à jour et les positions sérielles sur le rappel des cinq derniers items

Lorsque quatre mises à jour sont nécessaires, la proportion d'erreurs avoisine 75 % et pourrait signifier que les réponses ont été données au hasard. Le contrôle de la probabilité pour que les réponses soient données au hasard<sup>note16</sup> pour chacune des cinq positions sérielles montre que cette probabilité est de 95%. En comparaison, la proportion d'erreurs observée suggère que les réponses n'ont pas été données complètement au hasard.

### 2.5.2.2. La nature des erreurs commises au rappel

Cinq types d'erreurs sont distingués : le décalage, la transposition, l'omission, l'intrusion et l'apparition de nouvelles consonnes. Ils se répartissent comme suit :

| Erreurs   | Décal. | Transp. | Omis. | Intrus. | Nouvel. | Total |
|-----------|--------|---------|-------|---------|---------|-------|
| Fréquence | 11,0   | 148,0   | 56,0  | 276,0   | 191,0   | 682,0 |
| Taux      | 2%     | 22%     | 8%    | 40%     | 28%     | 100%  |

Tab. 2.1.—Répartition des erreurs commises en fonction de leur nature

Le calcul du  $\chi^2$  d'ajustement montre que cette répartition n'est pas homogène ( $\chi^2 = 196,95$ ;  $ddl = 4$ ;  $p < .0001$ ). On constate à nouveau que les erreurs de décalage et d'omission sont très peu nombreuses. Elles sont donc exclues de l'analyse de la variance qui ne révèle pas d'effet significatif de l'induction. En revanche, dans une seconde analyse où ce facteur est écarté, l'effet principal de la nature des erreurs est significatif ( $F(2,94) = 16,86$ ;  $p = .0001$ ). Comme pour l'expérience précédente, les erreurs les plus fréquentes sont les intrusions et l'apparition de nouveaux items. Les mêmes erreurs s'observent dans les deux expériences. Les résultats de l'analyse révèlent l'existence d'une interaction entre le nombre de mises à jour et la nature des erreurs ( $F(4,188) = 26,77$ ;  $p = .0001$ ). L'interaction entre la nature des erreurs, l'empan et le nombre de mises à jour est significative ( $F(4,188) = 5,98$ ;  $p = .0001$ ). Elle indique, en figure 2.4., une part plus importante d'erreurs de transposition et d'apparition de nouveaux items en condition d'empan 5 pour les listes sans mise à jour. Cela renvoie au phénomène observé dans l'expérience 1 où les sujets avaient tendance à ignorer les premiers items présentés, au risque de ne pouvoir les rappeler lorsque la longueur de la liste était égale à l'empan. L'interaction montre que pour les deux conditions d'empan, et dans des proportions moindres pour l'empan 3,

le taux d'intrusion croît avec l'augmentation du nombre de mises à jour. Cela est cohérent avec l'hypothèse d'une interférence entre la mise à jour et le maintien des items pertinents, compensée par la récupération des traces mnésiques les plus anciennes ayant fait l'objet d'un grand nombre de répétitions mentales.

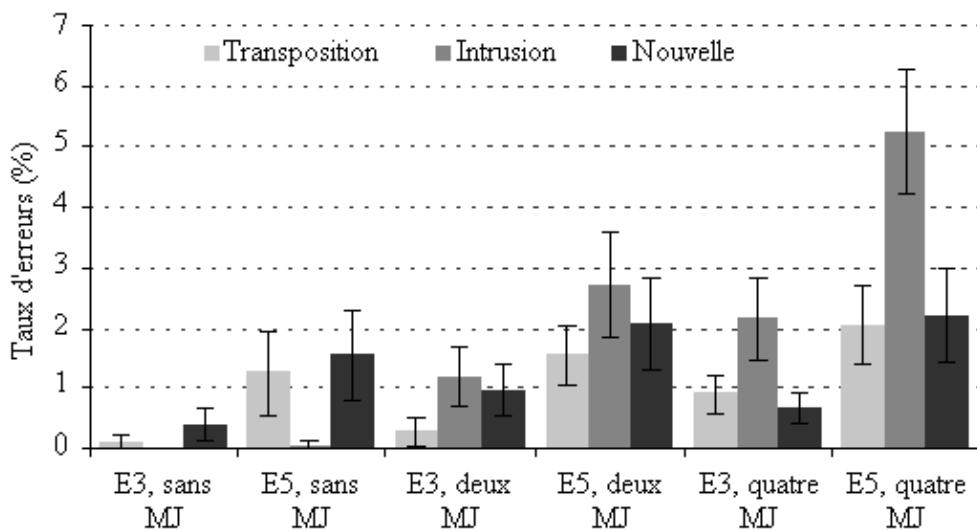


Fig. 4.4.—Effet de l'interaction entre l'empan, le nombre de mises à jour et la nature des erreurs sur la qualité du rappel

### 2.5.2.3. Latence au rappel de la première consonne

Il existe un effet principal du nombre de mises à jour en condition d'empan 3 et 5 ( $F(2,42) = 16,93$ ;  $p = .0001$ ) ; ( $F(2,46) = 14,77$  ;  $p = .0001$ ), montrant que les mises à jour allongent les latences indépendamment de leur nombre (Figure 4.5.).

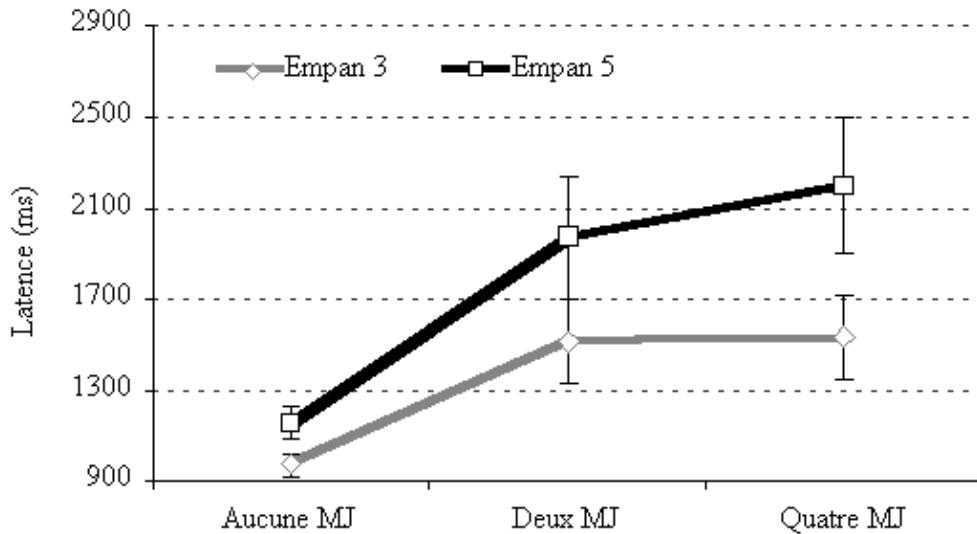


Fig. 4.5.—Effets principaux du nombre de mises à jour sur les latences au rappel des trois et des cinq derniers items

## 2.6. Discussion

D'après les scores des sujets induits sur les échelles d'auto-évaluation de l'état émotionnel, il est peu probable que l'absence de différence entre les groupes provienne d'une insuffisance de l'induction puisque sa validité a été montrée dans l'expérience 1.

Bien que nos résultats révèlent un effet presque significatif de l'induction sur les positions sérielles au rappel, le niveau de difficulté de la condition d'empan 3 paraît faible pour interférer fortement avec les opérations de traitements. L'absence d'effet massif de l'induction est donc conforme avec l'hypothèse qu'une tâche peu coûteuse concède une part de ressources suffisante pour le traitement des informations liées à l'émotion. Néanmoins, cette interaction presque significative entre les positions sérielles au rappel de trois items vient confirmer le fait, déjà observé dans l'expérience précédente, que l'émotion induite favorise la perte des traces mnésiques maintenues en MDT.

Il est en revanche plus étonnant de ne pas observer d'effet massif de l'émotion sur la qualité ou les latences des réponses à une tâche qui mobilise une grande part des ressources de traitement. Une explication à ce phénomène est toutefois possible à partir des données issues de l'examen des taux et de la nature des erreurs commises au rappel des cinq derniers items. Ces données montrent que le ralentissement du rythme de présentation des consonnes n'améliore nullement le niveau de performance au rappel. Par ailleurs, le taux d'intrusions et d'apparition de nouvelles consonnes suggère que les mises à jour sont problématiques. Aussi, l'effet plancher demeure sur les performances en condition d'empan 5 pour l'expérience 2. Il réduit par conséquent les chances de mettre en évidence des différences significatives entre les deux groupes.

Le fait que la complexité du rappel des cinq derniers items reste constante avec une diminution de la cadence de présentation des listes, conforte l'hypothèse d'une planification rendue difficile par l'activité simultanée de mise à jour et de maintien des consonnes. Cette difficulté, voire cette impossibilité à réaliser correctement les mises à jour soulève la question des limites de capacité de traitement pour une activité cognitive où la charge mnésique est inférieure à l'empan. Ce phénomène est peu compatible avec l'idée d'un fonctionnement automatique de la boucle phonologique. Le processus de maintien de l'information semble au contraire mobiliser un certain niveau de contrôle.

Dans leur modèle de fonctionnement, Morris & Jones (1990) suppose que les opérations de mises à jour pour le *Running Span* correspondent à un processus continu de suppression et d'adjonction simultanées de consonnes. Nos résultats montrent que ce processus hypothétique génère au moins un tiers d'erreurs pour les empans de trois et quatre items, et devient inopérant pour des empans supérieurs à quatre consonnes. Ces données semblent davantage concorder avec l'idée que l'oubli 'volontaire' et successif des consonnes non pertinentes, nécessaire à la mise à jour, constitue un mécanisme antagoniste avec le système de répétitions des consonnes. En effet, pour mettre à jour les items, il faut oublier ceux qui ont bénéficié du plus grand nombre de répétitions car ils sont les premiers encodés dans la liste. Cette activité paradoxale ne satisfait pas un modèle de fonctionnement naturel. Ces observations suggèrent que l'accès des informations à la boucle phonologique ainsi que leur exclusion sont des mécanismes hautement contrôlés parfois incompatibles avec les finalités de l'activité de MDT. Dans cette hypothèse, il est difficile de souscrire à l'idée que le processus dynamique de mise à jour mobilise l'exécuteur central mais pas la boucle phonologique.

## 2.7. Discussion des expériences 1 et 2

Les données des deux expériences montrent que l'induction émotionnelle affecte les performances des sujets lorsque le niveau de complexité de la tâche n'excède pas leurs capacités de traitement. Ces résultats sont conformes à l'hypothèse d'un partage des ressources entre le traitement des informations liées à l'émotion et le traitement de la tâche cognitive. Précisément, la réduction des ressources de traitement engendrée par l'induction vient affecter les capacités de stockage et de traitement en MDT. Lorsqu'elles sont dissociées de

l'activité de mise à jour, les capacités de stockage sont aussi affectées par l'émotion. Cela suggère que l'effet de l'induction peut s'exercer indépendamment sur les capacités de stockage et de traitement en MDT. En revanche, nos données ne permettent pas de savoir si le déclin des performances observé en condition de mise à jour résulte de la détérioration du stock mnésique, ou s'il s'agit d'un effet direct de l'émotion sur les processus exécutifs impliqués dans la gestion des opérations de mise à jour. Nous avons vu plus haut que l'hypothèse de Morris et Jones (1990) était celle d'une mise à jour entièrement prise en charge par l'exécuteur central. Les résultats que nous obtenons tendent plutôt à montrer que les processus responsables du maintien de l'information, précisément la boucle phonologique, nécessitent une supervision qui est probablement assurée par l'intermédiaire du système exécutif. Ce constat réintroduit la question du haut niveau d'intégration des processus qui se réalisent simultanément en MDT et pose le problème de la difficulté à dissocier les mécanismes de maintien et de mise à jour au cours de l'activité cognitive.

Pareillement aux études de Morris et Jones (1990) et Van der Linden et coll. (1994), nos deux expériences montrent que, de manière générale, l'activité de mise à jour provoque une détérioration importante des performances au rappel. Celle-ci n'évolue pas toujours en fonction de l'augmentation du nombre de mises à jour. Pour Van der Linden et coll. (1994), ce phénomène s'expliquerait par la faible exigence en ressource des charges mnésiques imposées. Cependant, les données de notre seconde expérience montrent que même avec une faible charge mnésique (3 items), l'augmentation du nombre de mises à jour détériore la qualité du rappel. Aussi, l'inconstance des résultats peut difficilement s'expliquer par la référence unique à la charge mnésique.

Parallèlement au déclin de la qualité du rappel, les données de la première expérience révèlent un allongement significatif du processus de réponse chez les induits par rapport aux contrôle en condition d'empan 5. Bien que non consistant entre les deux expériences, ce résultat suggère que l'émotion induite affecte la vitesse des traitements en provoquant le ralentissement des opérations contrôlées de mises à jour.

L'examen de la production des pensées non pertinentes dans la première expérience ne montre pas de différence significative entre les sujets induits et contrôle. Le fait que l'état émotionnel induit ne s'accompagne pas d'une production consciente et massive de pensées non pertinentes peut s'expliquer par la mobilisation de l'attention du sujet sur l'activité cognitive. Cette attention pour la tâche placerait les pensées non pertinentes sur un second plan, c'est-à-dire à un niveau de conscience plus diffus. Ceci est cohérent avec l'hypothèse de Teasdale et coll. (1995), selon laquelle l'exécuteur central serait impliqué à la fois dans la production de pensées non pertinentes et dans la gestion des activités contrôlées en MDT. Dans ce cadre d'interprétation, l'apparition d'une tâche coûteuse en ressource de traitement entraverait la production de pensées non pertinentes. Ici, l'absence des pensées non pertinentes est une manifestation du transfert des ressources de l'exécuteur central vers l'activité cognitive. Cela pourrait suggérer que l'action contrôlée du système exécutif, responsable du maintien et de la mise à jour d'une quantité variable de consonnes, assure la régulation du fonctionnement cognitif pour le maintien du déroulement normal de l'activité. Or, les résultats de la première expérience mettent clairement en évidence un déficit des performances. Il apparaît donc que l'interprétation de ces résultats en termes de compétition entre l'émergence de pensées non pertinentes et les traitements propres à la tâche ne soit pas suffisante car elle ne permet pas de dire pourquoi les sujets induits ont de moins bonnes performances alors qu'ils ne produisent pas plus de pensées non pertinentes que les sujets contrôle.

Une hypothèse complémentaire serait que le transfert des ressources pourrait aussi entraîner des modifications dans les plans d'action du système exécutif. Ces modifications dans le mode de gestion des informations entrantes et sortantes pourraient être à l'origine des perturbations observées chez les sujets induits. Il s'agit alors de spécifier quels sont les mécanismes impliqués dans cette perturbation. L'hypothèse d'un comportement adaptatif, permettant de moduler la gestion des buts en fonction des exigences de la tâche et de l'environnement émotionnel, soulève un certain nombre de questions sur les combinaisons possibles entre les différents facteurs cognitifs et émotionnels. Quoi qu'il en soit, il est probable que plusieurs modes d'interactions coexistent et déterminent ainsi l'ampleur de la modulation du fonctionnement cognitif.

Les participants de nos expériences ont parfois remarqué une rupture dans la continuité de la procédure entre l’induction et l’exécution de la tâche. Cette rupture qui correspondait à un changement radical de l’activité a été perçue comme étant incongrue. On peut donc se demander si cela a diminué les effets de l’état émotionnel induit ou, au contraire, si cette rupture a favorisé l’interaction entre l’induction émotionnelle et l’éveil cognitif provoqué par le niveau d’exigence de la tâche. Par ailleurs, nos résultats témoignent de la relative efficacité de l’induction, mais ne permettent pas de savoir dans quelle mesure le caractère anxiogène de la tâche affecte les performances des sujets.

Dans la seconde série d’expériences, une nouvelle tâche de MDT est élaborée pour étudier plus finement les processus de stockage et de manipulation susceptibles d’être affectés par l’émotion induite. Cette façon d’examiner l’influence émotionnelle sur les processus exécutifs de la MDT repose, comme pour la tâche de *Running Span*, sur la décomposition des processus qui sous-tendent la performance globale à la tâche, et sur la manipulation des différents paramètres de la tâche (Van der Linden, 1994). Par exemple, une mesure dissociée des capacités de stockage et de traitement en fonction de conditions d’empan et de mise à jour. Dans les expériences précédentes, le haut niveau d’intégration entre les mises à jour et le maintien dynamique des traces mnésiques n’a pas permis de distinguer de manière satisfaisante les opérations de stockage et de traitement en MDT. Par ailleurs, la coexistence de processus antagonistes de répétition et d’inhibition d’une même information a constitué une activité plutôt malaisée. Ces limites incitent à imaginer un nouveau paradigme où la mesure dissociée des mécanismes de manipulation et de maintien soit plus facile.

Les expériences suivantes tentent précisément d’examiner les effets de l’émotion sur les composantes de stockage et de manipulation en MDT en testant, d’une part, l’effet de l’état d’anxiété spontané sur leurs performances et, d’autre part, en étudiant l’influence d’une nouvelle procédure d’induction sur l’activité cognitive.

### **3. EXPERIENCE 3**

#### **3.1. Objectif de l’étude**

Cette expérience s’attache à observer les effets de la réaction émotionnelle des sujets face aux exigences d’une nouvelle tâche impliquant un traitement dynamique de l’information en MDT. Elle vise à déceler les aspects anxiogènes de la tâche, et à examiner les performances des sujets pour l’exécution de différents types de réorganisations mentales. Il s’agit de vérifier si la réaction émotionnelle affecte différemment les performances selon la spécificité des opérations impliquées dans les réorganisations alphabétiques ou inversées de l’information.

L’observation des performances pour différents modes de manipulation devrait fournir des indications sur les processus impliqués dans ces traitements. Par ailleurs, l’examen des réactions émotionnelles des participants avant et après la réalisation de la tâche devrait permettre de vérifier si l’exercice cognitif proposé est générateur d’un état proche de l’anxiété. Enfin, la distinction entre les sujets réactifs et non réactifs à la situation expérimentale devrait offrir une première estimation de l’effet de l’émotion sur les paramètres de traitement requis par cette nouvelle tâche de MDT.

La tâche requiert une activité dynamique en MDT consistant à effectuer des réorganisations variées de listes de consonnes correspondant à des opérations de sériation plus familières que celles qui sont impliquées dans la tâche de *Running Span*. Dans notre tâche, deux règles simples de manipulation sont définies dans l’hypothèse qu’elles engagent chacune un mode de planification et de contrôle spécifique. Les opérations de manipulation correspondent à la réorganisation de l’ordre de présentation de consonnes regroupées par listes de longueur variable, soit dans un ordre alphabétique, soit dans un ordre inverse. Le contrôle des processus engagés dans ces deux types de réorganisation est réalisé grâce à la mesure indépendante de l’efficacité des opérations de maintien actif des items et de planification de l’ordre des items. Les performances obtenues

pour ces activités de MDT sont comparées à celles obtenues en condition de rappel sériel où les sujets effectuent simplement une restitution de l'ordre de présentation. Le rappel sériel fournit ici une estimation de l'efficacité du maintien dynamique et de la planification de l'ordre de restitution des items.

Dans la tâche de *Running Span*, Morris et Jones (1990) ont suggéré que le remplacement des consonnes inadéquates par d'autres consonnes pertinentes pour le rappel, impliquait un processus d'inhibition contrôlé par l'exécuteur central de la MDT. Bien que dans la tâche de *Running Span*, ce processus ne semblait pas compatible avec les finalités de l'activité de la boucle phonologique, l'hypothèse selon laquelle l'état émotionnel affecte les opérations d'inhibition associées à l'activité de manipulation est examinée. Un aspect de ce mécanisme est appréhendé par l'introduction d'éléments distracteurs qui correspondent à des consonnes non pertinentes pour le rappel.

## 3.2. Hypothèses théoriques

Parce qu'elle mobilise les capacités simultanées de stockage et de manipulation de l'information verbale, cette nouvelle tâche recrute très vraisemblablement le système exécutif. Farrand et Jones (1996) ont montré que la différence de performances entre le rappel sériel et inversé d'items verbaux et spatiaux était indépendante des modalités de présentation ou de réponse, mais reposait sur des processus de récupération distincts. Leurs données ont révélé que lorsque les sujets devaient récupérer à la fois l'information sur les items et l'information d'ordre, le rappel inversé était moins bon que le rappel sériel. Pour Farrand et Jones, ce qui rend le rappel inversé plus difficile est probablement le nécessaire déploiement des ressources exécutives pour la réorganisation des items.

Bien qu'habituellement, le système exécutif est envisagé dans sa capacité à distribuer des ressources de traitement vers des opérations cognitives simultanées, on peut distinguer ce qui relève des ressources et ce qui touche aux opérations proprement dites. Cela permet d'envisager l'exécuteur central comme un système hybride où les ressources s'apparentent à un réservoir de capacités et à un ensemble d'opérations contrôlées qui sont le produit de processus d'activation et d'inhibition (Baddeley, 1986). Les multiples opérations engagées en MDT peuvent alors être considérées comme des processus distincts dont le programme d'action est piloté par l'exécuteur central. Au-delà d'une modélisation des phénomènes en termes d'allocation de ressources, on peut donc penser que les activités contrôlées en MDT se distinguent par le type des processus engagés et par le plan d'action adopté pour leur exécution.

Dès lors, notre première hypothèse est que les opérations sous-jacentes aux deux types de réorganisation alphabétique et inversée sont distinctes car chacune d'entre elles fait intervenir un processus d'ordonnancement spatial et temporel différent (Jonides, Schumacher, Smith, Lauber, Awh, Minoshima, et Koeppe, 1997). Aussi, le niveau de contrôle de ces opérations, c'est-à-dire le plan d'action sélectionné, n'est pas identique d'une réorganisation mentale à l'autre. L'engagement de processus exécutifs distincts devrait donc se traduire par des niveaux de performance différents.

Une seconde hypothèse est que le traitement dynamique en MDT, requis par la tâche de rappel, engendre un coût cognitif suffisamment important pour faire émerger des enjeux directement rattachés aux affects comme la peur d'échouer, l'anxiété liée à l'impression d'être jugé en fonction des performances à la tâche, la motivation face aux buts fixés pour la réalisation de la tâche, etc. Chez certains sujets, cette situation devrait favoriser un éveil physiologique et cognitif propre à former un système d'activation émotionnelle (Lazarus, 1993 ; Izard, 1993).

L'émergence d'une réaction émotionnelle notable, en particulier chez les sujets réactifs aux exigences de la tâche, devrait bouleverser le plan d'action dirigé par l'exécuteur central et modifier le déroulement des opérations contrôlées. Cette hypothèse alternative à la notion de ré-allocation de ressources de traitement, stipule que des processus d'appréciation cognitive d'une situation propre à créer un état émotionnel peuvent déclencher la réorganisation des plans d'action pour s'adapter aux changements liés à ce nouvel état (de

Bonis, 1996). Ainsi, dans le cadre d'une tâche cognitive en MDT, et selon le type de réorganisation mentale exigé par l'activité cognitive, on peut faire l'hypothèse que l'influence modulatrice de l'émotion ne devrait pas agir sur le même plan d'action ni sur les mêmes processus exécutifs. Autrement dit, l'état émotionnel devrait affecter différemment les performances selon que le rappel requiert une planification alphabétique, inversée ou sérielle.

Enfin, la présence de distracteurs parmi les éléments destinés à être rappelés vise à vérifier si la réaction émotionnelle affecte les processus d'inhibition en MDT.

### **3.3. Méthodologie**

#### **3.3.1. Participants à l'expérience**

Quarante-six étudiants de premier et second cycle universitaire en psychologie, dont 39 filles et sept garçons âgés de 22 ans en moyenne, ont participé à l'expérience.

#### **3.3.2. Matériel Expérimental**

##### **3.3.2.1. Description de la tâche**

Hormis le fait qu'il ne requiert pas d'opérations de mises à jour continues, ce nouveau paradigme reposait sur un principe de maintien dynamique et de manipulation de l'information similaire à la tâche de *Running Span*. Le nouveau type de traitement requis consistait à manipuler la distribution des consonnes pour les réorganiser dans un ordre donné. Cette nouvelle tâche a été réalisée sur Macintosh avec le logiciel Psyscope (Cohen, Mc Whinney et Provost, 1993). Les sujets avaient pour consigne de lire mentalement des listes de quatre ou cinq consonnes affichées en noir parmi lesquelles d'autres consonnes « distractrices », affichées en rouge, pouvaient s'intercaler. Pour chaque liste, les sujets devaient rappeler à voix haute les consonnes affichées en noir dans l'ordre indiqué par un signal sonore. Ce signal avertissait explicitement si les consonnes devaient être restituées dans l'ordre alphabétique, dans l'ordre inverse ou dans l'ordre exact de présentation. Comme pour la longueur des listes, l'ordre de rappel des consonnes affichées en noir n'était jamais connu à l'avance. Cela annulait toute possibilité d'entreprendre la réorganisation des consonnes pendant leur présentation car il fallait attendre le signal de fin de liste pour initier les opérations de manipulation des items en fonction du type de rappel demandé. Cette contrainte permettait une mesure des latences au rappel de la première consonne capable de rendre compte exactement des opérations de manipulation spécifiques au type de réorganisation mentale.

Quarante-huit listes de consonnes ont été réparties dans deux blocs de 18 essais et un entraînement de 12 essais (Annexe 11). La fréquence d'apparition des consonnes et l'existence d'acronymes ont été contrôlées. Les consonnes X, Y et Z, dont la durée de prononciation était supérieure aux autres consonnes, ont été exclues. Les consonnes apparaissaient une à une au centre de l'écran et restaient affichées pendant 850 ms chacune. Le temps inter items était égal à 250 ms. Les consonnes présentées à l'écran étaient pour la plupart des consonnes affichées en noir. Néanmoins, deux listes sur trois comportaient une ou plusieurs consonnes affichées en rouge. Leur apparition était inattendue et leur position au sein de la liste aléatoire. Le nombre de consonnes rouges intercalées pouvait varier entre zéro et trois. Par exemple, pour un bloc de 18 essais, six essais ne comprenaient aucun distracteur, six essais en contenaient un seul et six autres en comportaient trois. En tenant compte des conditions d'empan (4 *versus* 5), les listes présentées pouvaient contenir entre quatre et huit consonnes chacune. L'ordre de présentation des listes était aléatoire dans chacun des deux blocs.

### 3.3.2.2. Evaluation et contrôle de l'état émotionnel

Deux temps d'évaluation ont été réalisés au cours de l'expérience pour tester les réactions émotionnelles des participants face aux exigences de la tâche. La première évaluation a été faite avant l'exposition à la tâche et la seconde, après l'entraînement. À chaque fois, les sujets indiquaient sur des échelles<sup>note17</sup> l'adéquation avec laquelle les adjectifs congruents ou non congruents avec l'anxiété décrivaient leur état présent.

Pour chaque participant, une note d'auto-évaluation a été calculée pour les huit adjectifs, avant et après l'entraînement à la tâche. Ensuite, une note moyenne a été estimée pour les deux catégories d'adjectifs en additionnant les notes obtenues pour les adjectifs d'une même catégorie, puis en divisant cette somme par le nombre d'adjectifs de cette catégorie. Quatre notes, comprises entre un et six, ont donc été calculées pour chaque sujet. Elles indiquaient l'état d'anxiété avant (a) et après l'entraînement (b), l'état de détente avant (c) et après l'entraînement (d). Une valeur élevée signifiait que les adjectifs traduisaient bien l'état émotionnel des sujets, alors qu'une valeur faible signifiait l'inverse. La différence entre les deux phases d'évaluation sur les deux catégories d'adjectifs a été calculée pour chaque sujet<sup>note18</sup>. Une valeur médiane a ensuite été extraite pour les deux séries de différences. Les deux médianes étaient les références à partir desquelles la différence de positionnement sur les échelles congruentes et non congruentes avec l'anxiété a été jugée.

Pour les échelles d'adjectifs congruents avec l'anxiété, la valeur médiane est égale à 1,25 points alors que pour les adjectifs non congruents, elle s'élève à 1,38. Les sujets pour lesquels les différences d'auto-évaluation sont égales ou supérieures aux valeurs 1,25 et 1,38 sont considérés comme des sujets témoignant d'une réaction émotionnelle face aux exigences de la tâche. Ces sujets sont des sujets « réactifs » dont les performances seront comparées aux « non réactifs ». Selon ce critère de répartition, 19 sujets sur 46 ont été classés dans le groupe des « réactifs ». La figure 5.1. illustre la modification de l'état émotionnel des « réactifs » par rapport aux « non réactifs ». Elle montre que notre critère de répartition permet de différencier les sujets selon leur réaction émotionnelle postérieure à l'entraînement.

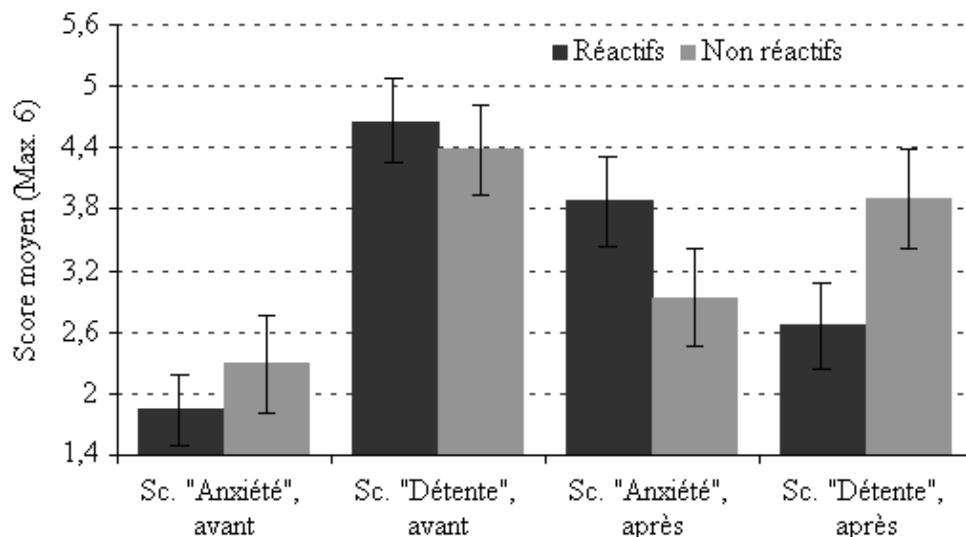


Fig. 5.1.—Score d'auto-évaluation des sujets 'réactifs' et 'non réactifs' avant et après la phase d'entraînement à la tâche

### 3.3.3. Procédure expérimentale

La passation est individuelle. Chaque participant commence l'expérience par une première évaluation de son état émotionnel. Suite à celle-ci, les consignes pour la tâche demandent de répondre le plus rapidement et le plus précisément possible mais n'exigent pas de donner systématiquement une réponse, même incertaine.

Ensuite, une phase de familiarisation intégrant toutes les modalités d'empan, de couleur d'items et de rappel, est proposée. À chaque essai, n consonnes noires et rouges apparaissent à la suite au centre de l'écran. En fin de liste, un signal sonore correspondant à une voix féminine préenregistrée annonce le type de rappel à effectuer (« sériel » ; « alpha » ; « inverse ») note19. Immédiatement après le signal, le sujet restitue les items à voix haute puis presse la barre d'espace pour initier l'essai suivant. Le contenu du rappel est consigné sur une grille de réponse par l'expérimentateur. Les latences au rappel du premier item sont enregistrées grâce au déclenchement d'une clef vocale à chaque émission d'un son. Le programme PsyScope assure l'enregistrement du temps écoulé entre le premier item rappelé et le moment où la barre d'espace est pressée pour lancer l'essai suivant, fournissant une estimation de la durée de la réponse du sujet.

Une fois l'entraînement achevé, le sujet effectue une seconde évaluation de son état émotionnel sur les échelles d'adjectifs ordonnées différemment. Quelques secondes après l'évaluation, le sujet initie le premier bloc d'essais séparé par une courte pause du second bloc d'essais. L'expérience se termine avec une série de questions relatives aux stratégies de réponses et aux impressions personnelles sur la difficulté de l'exercice.

### **3.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes**

Le plan d'expérience a trois variables : l'empan, le nombre de distracteurs et le type de rappel. Chaque participant réalise toutes les conditions expérimentales du plan.

**Sujets 46 \* Empan 2 \* Distracteurs 3 \* Rappel 3**

Les deux modalités d'empan correspondent à des listes de quatre ou cinq items. Pour les deux tiers de ces listes, un ou trois distracteurs peuvent être intercalés parmi les consonnes pertinentes. Chacune des listes est ensuite réorganisée en MDT selon l'ordre dans lequel elles doivent être restituées. Pour le rappel sériel, aucune réorganisation n'est requise, seul l'ordonnancement strictement sériel des items est exigé. Ce rappel constitue la condition de référence à laquelle seront comparées les performances aux rappels inversé et alphabétique. Au rappel inversé, les items doivent être restitués dans un ordre différent sans que leur relation de contiguïté soit modifiée. En revanche, au rappel alphabétique, l'ordre de restitution est différent de l'ordre d'origine et requiert une redistribution complète des items les uns par rapport aux autres. La qualité du rappel et les latences au rappel du premier item sont les deux variables dépendantes.

#### **3.3.4.1. La qualité du rappel**

La mesure de la qualité du rappel repose sur deux modèles de comptage des bonnes réponses pour distinguer l'efficacité du maintien et de la manipulation des items. Le premier type d'évaluation consiste à dénombrer, pour chaque essai, les consonnes correctes sans tenir compte de l'exactitude de leur position sérielle dans le rappel. Ce comptage du nombre de consonnes bien rappelées constitue un indicateur pertinent de l'état du stock phonologique de la MDT. Cette estimation est ensuite convertie en pourcentage d'erreurs de rappel grâce à l'équation suivante :

Dans le second type d'évaluation, toute consonne correcte rappelée à la bonne position sérielle, c'est-à-dire dans l'ordre de restitution demandé, est considérée comme bonne réponse. Avec ce comptage plus restrictif, on obtient une estimation fiable de l'efficience des processus exécutifs engagés dans la planification de l'ordre des items. Cette variable correspond en définitive au nombre de consonnes correctement positionnées par rapport au nombre de consonnes qui doivent théoriquement être rappelées (empan mnésique). Néanmoins, afin d'obtenir une estimation exacte des processus de planification, il faut rapporter ce nombre de consonnes correctement positionnées au nombre de consonnes *effectivement* bien rappelées. De cette manière, il est possible de rendre compte du taux de planification réussie, c'est-à-dire de l'efficacité des traitements réalisés sur le nombre réel de consonnes correctement rappelées. Pour conserver la même unité d'interprétation, ce taux de planification réussie est transformé en taux d'erreurs de planification grâce à l'équation suivante :

Même s'ils portent sur le même objet (rappel), ces deux estimations réfèrent chacune à un type spécifique d'opérations : celles assurant le maintien dynamique des items (répétition) et celles permettant de planifier leur ordre de restitution.

### 3.3.4.2. Latence au rappel et durée de réponse

Le temps écoulé entre le signal sonore et la première consonne restituée correspond à la latence de réponse. Cette latence est une estimation de la durée des opérations impliquées dans la planification de l'ordre de restitution des items. Ici, on parlera de réorganisation pour désigner leur repositionnement alphabétique ou inversé. Cette réorganisation exige la planification de l'ordre des items, soit la mise en oeuvre d'un mécanisme d'ordonnancement temporel et spatial. En même temps, la planification est une étape nécessaire pour la restitution des items, quel que soit son ordre. La latence est ici un indicateur simple du déroulement des traitements spécifiques à chaque rappel. Une seconde mesure, complémentaire aux latences, est l'estimation de la durée de la réponse qui correspond au temps d'énonciation des items. Cet enregistrement est utile pour vérifier si la durée des traitements contrôlés nécessaires à la planification de l'ordre des consonnes se prolonge au cours de leur énoncé.

## 3.4. Prédictions

### 3.4.1. Les performances au rappel

#### 3.4.1.1. La qualité du rappel

•

Hypothèse 1 : Le rappel alphabétique mobilise des opérations de traitement plus complexes que le rappel inversé car il nécessite une redistribution des items vers de nouvelles positions sérielles, alors que le rappel inversé ne bouleverse pas leur relation de contiguïté. Le rappel alphabétique devrait donc produire un nombre d'erreurs de planification plus élevé par rapport au rappel inversé. Par ailleurs, le niveau de performance au rappel inversé devrait être plus faible qu'au rappel sériel pour lequel il n'est pas nécessaire de réorganiser l'ordre initial des items.

•

Hypothèse 2 : L'augmentation du nombre d'items à restituer devrait abaisser les performances aux rappels nécessitant une réorganisation des listes. Autrement dit, le taux d'erreurs de planification de l'ordre inversé et alphabétique des items devrait être plus faible pour un empan de quatre items comparativement à un empan de cinq items.

#### 3.4.1.2. Latence au rappel et durée de réponse

•

Hypothèse 3 : Le rappel alphabétique devrait allonger les latences au rappel du premier item de manière significative par rapport au rappel inversé. Les latences au rappel inversé devraient être à leur tour plus longues que celles requises au rappel sériel.

•

Hypothèse 4 : Si la restitution orale des items n'engage que des mécanismes articulatoires, les opérations de planification de l'ordre des items ne devraient pas accroître la durée de la réponse. En revanche, si ces processus de réponse associent d'autres mécanismes assurant le contrôle du rappel, la durée de la réponse devrait augmenter pour les listes requérant une réorganisation mentale.

### 3.4.2. L'influence de la réaction émotionnelle

•

Hypothèse 5 : Le taux d'erreurs de planification devrait être plus élevé pour le rappel alphabétique et inversé chez les sujets 'réactifs' que chez les 'non réactifs'.

•

Hypothèse 6 : De la même manière que pour la qualité du rappel, les latences des sujets « réactifs » devraient être plus longues que celles des sujets « non réactifs ».

•

Hypothèse 7 : La présence de distracteurs dans les listes suppose un contrôle des items encodés pour ne conserver que ceux pertinents au rappel. L'état émotionnel des sujets « réactifs » peut affecter les processus d'inhibition contrôlée, et favoriser la circulation des distracteurs dans le stock des items destinés à être réorganisés. Ce défaut de filtrage devrait allonger les latences de planification de l'ordre des items.

## 3.5. Résultats

### 3.5.1. Les performances aux rappels

#### 3.5.1.1. La qualité du rappel des consonnes

##### 3.5.1.1.1. Le taux d'erreurs de rappel

Une première analyse de la variance est réalisée sur le nombre d'items corrects en fonction des conditions de rappel, de charge mnésique et de quantité de distracteurs. Les données révèlent un effet principal de l'empan ( $F(1,45) = 73,53; p = .0001$ ). Les sujets commettent en moyenne 10 % d'erreurs en condition d'empan 4 et 18 % pour un empan de cinq items, tous rappels confondus.

L'effet principal du rappel est significatif ( $F(2,90) = 33,04; p = .0001$ ), pour les rappels nécessitant une réorganisation des listes, le taux d'erreurs est deux fois plus élevé qu'au rappel sériel. La réorganisation semble donc affecter le stock phonologique. Il n'y pas de différence significative entre les rappels inversé et alphabétique.

Il existe une interaction significative entre le rappel et l'empan ( $F(2,90) = 6,08; p = .0033$ ). L'augmentation de l'empan provoque la chute des performances aux rappels, notamment pour l'ordre alphabétique et inversé où la dégradation est nettement plus grande qu'au rappel sériel. La figure 5.2. montre que les opérations de stockage et de planification de l'ordre des items sont affectés par l'élévation de l'empan et suggère une communauté de fonctionnement entre ces mécanismes.

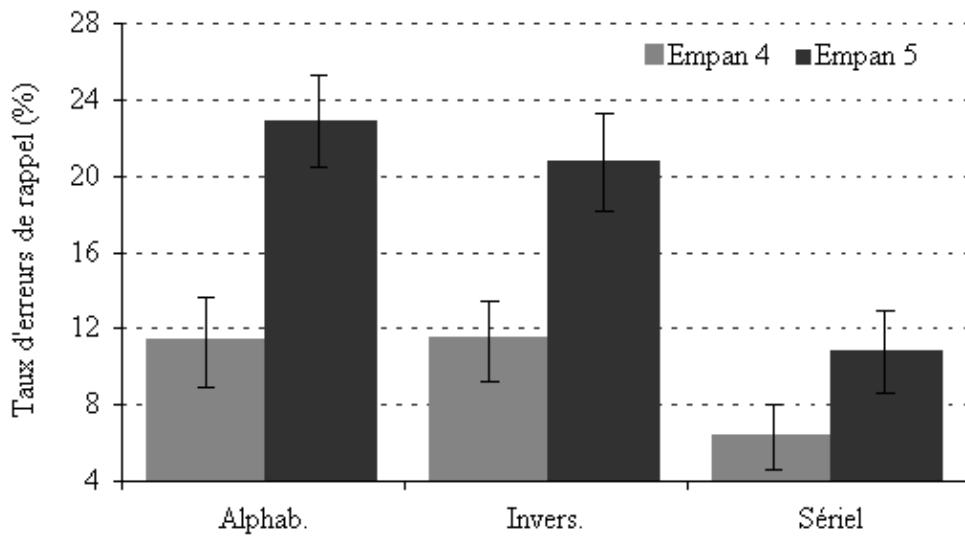


Fig. 5.2.— Effet de l’interaction entre le rappel et l’empan sur les erreurs de rappel indépendamment de la position sérielle

### 3.5.1.1.2. Le taux d’erreurs de planification

Une seconde analyse de la variance du taux d’erreurs de planification révèle deux effets principaux de l’empan ( $F(1,45) = 91,86$  ;  $p = .0001$ ) et du rappel ( $F(2,90) = 46,31$  ;  $p = .0001$ ). Le premier indique que la planification de l’ordre des items est moins aisée pour les charges les plus élevées. Le second montre que les erreurs de planification pour les rappels requérant la réorganisation alphabétique ou inversée des items est de 30 %, alors qu’il est trois fois moins élevé au rappel sériel. L’analyse des contrastes ne montre pas de différence significative entre les rappels alphabétique et inversé. Cela révèle que pour une restitution strictement sérielle, la planification de l’ordre n’est pas toujours exacte, et nécessite un certain niveau de contrôle. Il n’y a pas d’interaction significative entre le rappel et l’empan.

### 3.5.1.2. Latence au rappel et durée de réponse

#### 3.5.1.2.1. Latence au rappel de la première consonne

Cette analyse est réalisée sur 44 sujets car les données de deux sujets ont été exclues en raison de leurs valeurs aberrantes. L’effet principal de l’empan est significatif ( $F(1,43) = 9,47$  ;  $p = .0036$ ) et indique que plus le nombre d’items à restituer est grand, plus les latences sont élevées. L’effet principal du rappel ( $F(2,86) = 62,95$  ;  $p = .0001$ ) montre que le temps nécessaire pour entamer la restitution est nettement plus long au rappel alphabétique qu’au rappel inversé, lui-même significativement plus long qu’au rappel sériel. Il n’existe pas d’interaction entre le rappel et l’empan. Ainsi, la différence de latence entre la réorganisation alphabétique et inversée pour l’empan 5 n’est pas plus grande que pour l’empan 4. Ceci rappelle le phénomène observé au *Running Span* où l’augmentation du nombre de mises à jour n’exerçait pas d’effet sur les latences.

Les résultats révèlent un effet principal du nombre de distracteurs ( $F(2,86) = 3,89$  ;  $p = .0242$ ). Celui-ci indique que pour les listes ayant un ou plusieurs distracteurs, les latences sont plus longues. L’interaction entre le nombre de distracteurs et l’empan est significative ( $F(2,86) = 3,19$  ;  $p = .0461$ ). Elle montre en figure 3.3. que la présence de distracteurs allonge les latences uniquement pour une charge mnésique de cinq items.

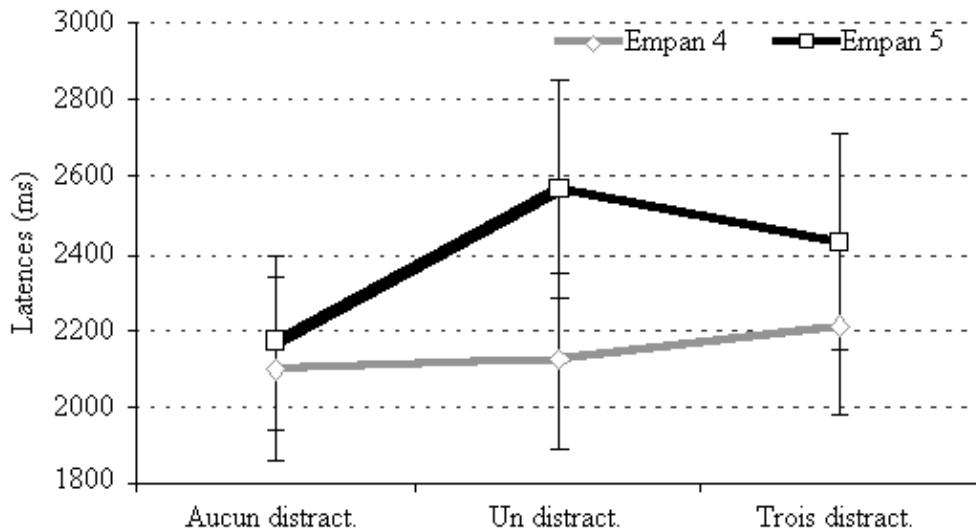


Fig. 5.3.— Effet de l’interaction entre le nombre de distracteurs et l’empan sur les latences au rappel de la première consonne

Le calcul des contrastes ne révèle pas de différence significative entre les conditions comportant 1 ou 3 distracteurs. Toutefois, pour les listes qui en contiennent, l’allongement des latences suggère qu’il existe un mécanisme d’inhibition capable de les écarter du rappel. Si cette interprétation est juste, le rappel ne devrait pas contenir un nombre élevé de distracteurs. Aussi, un examen du taux moyen de distracteurs présents

dans les réponses de chaque sujet est calculé comme suit :

Ce rapport fournit un taux moyen de 3,5 % soit une très faible quantité de distracteurs rappelés. Cela est cohérent avec l’idée qu’un mécanisme d’inhibition contrôlé est mis à contribution pour les empêcher d’être mêlés au rappel. Un argument supplémentaire en faveur de cette hypothèse serait la mise en évidence, chez les sujets ayant le plus fort taux de distracteurs, de latences plus courtes. Ainsi, les latences des sujets ayant un taux d’intrusion nul (14s) sont comparées à celles des sujets ayant un taux d’intrusion supérieur à zéro (32s). L’analyse de la variance révèle un effet principal du taux d’intrusion sur les latences ( $F(1,42) = 6,02$  ;  $p = .0184$ ). Les sujets ayant un taux d’intrusion supérieur à zéro ont des latences plus courtes que ceux ayant un taux nul.

### 3.5.1.2.2. Analyse de la durée des réponses

Cette analyse révèle un effet principal du rappel ( $F(2,86) = 62,93$  ;  $p=0,0001$ ).

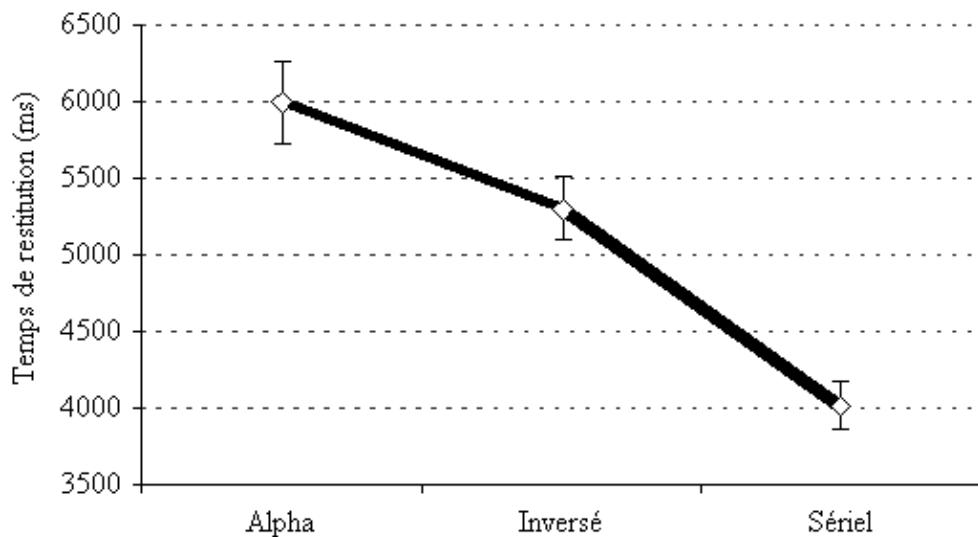


Fig. 5.4.—Effet principal du type de rappel sur la durée de restitution des consonnes

La figure 5.4. montre que la restitution des items est plus longue pour le rappel alphabétique que pour le rappel inversé, lui même plus long que le rappel sériel. Cela suggère, en plus des mécanismes articulatoires, que la restitution des consonnes implique des processus contrôlés de récupération spécifiques aux différents rappels.

### 3.5.2. Les effets de la réaction émotionnelle

Une nouvelle série d'analyses est conduite en intégrant le facteur « réactivité » pour comparer les performances des sujets « réactifs » à celles des « non réactifs ».

#### 3.5.2.1. La qualité du rappel

##### 3.5.2.1.1. Le taux d'erreurs au rappel

L'analyse de la variance met en évidence un effet principal presque significatif de la réactivité émotionnelle sur le taux d'erreurs de rappel ( $F(1,44) = 3,89$ ;  $p = .0548$ ). Cette tendance montre que les sujets « réactifs » commettent plus d'erreurs de rappel (14,6 %) que les sujets « non réactifs » (14,2 %). L'interaction entre l'empan et la réactivité émotionnelle (figure 3.5.) est significative ( $F(1,44) = 4,96$ ;  $p = .0311$ ).

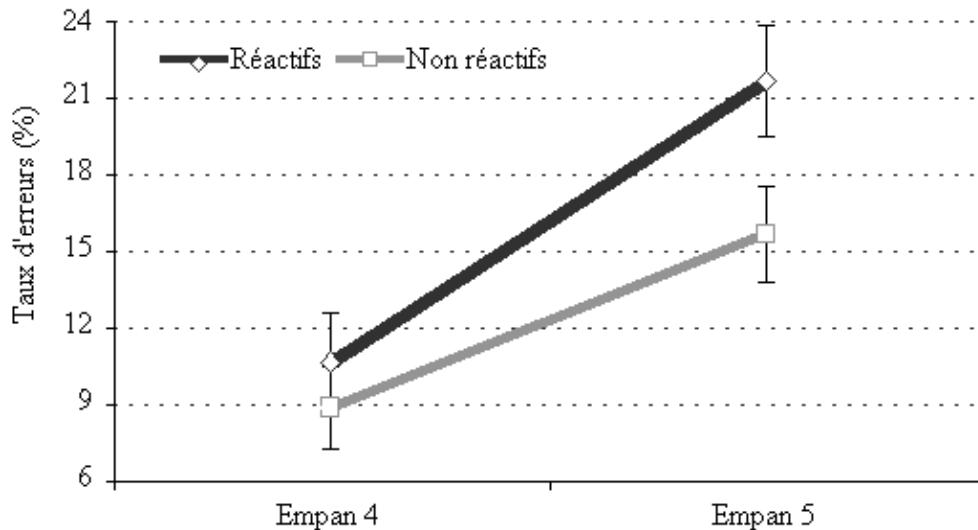


Fig. 5.5.—Effet de l'interaction entre l'empan et la réactivité sur les erreurs de rappel indépendamment des positions sérielles

Elle révèle que pour une charge élevée, la dégradation des performances est plus grande chez les sujets « réactifs » que chez les sujets « non réactifs ».

### 3.5.2.1.2. Le taux d'erreurs de planification

L'analyse de la variance révèle un effet principal de la réactivité émotionnelle ( $F(1,44) = 5,38; p = .0251$ ). Cet effet montre que les sujets « réactifs » organisent moins bien les listes que les « non réactifs ». Pour démontrer que la réaction émotionnelle des sujets affecte spécifiquement les opérations de réorganisation alphabétique et inversé, une interaction entre le rappel et la réaction émotionnelle devrait être observée. Celle-ci n'est pas significative. Aussi, l'effet de la réaction émotionnelle semble s'exercer indifféremment sur la planification de l'ordre alphabétique, inversé ou sériel des items.

### 3.5.2.2. Latence au rappel et durée de réponse

Comme précédemment, les données aberrantes de deux sujets sont exclues des analyses. Le nombre de « réactifs » s'élève à 18 et le nombre de « non réactifs » à 26. L'analyse révèle un effet principal de la réactivité ( $F(1,42) = 4,27 ; p = .0451$ ) sur les latences. Contrairement aux résultats observés à la tâche de *Running Span*, les sujets « réactifs » répondent ici plus vite (1952 ms) que les « non réactifs » (2485 ms).

Il n'existe pas d'effet principal de la réactivité émotionnelle sur la durée des réponses. En revanche, l'interaction entre la réactivité émotionnelle et l'empan ( $F(1,42) = 4,22 ; p = .0463$ ) est significative. Elle montre que pour un empan supérieur à quatre, les sujets « réactifs » répondent plus rapidement que les sujets « non réactifs » (figure 3.6.).

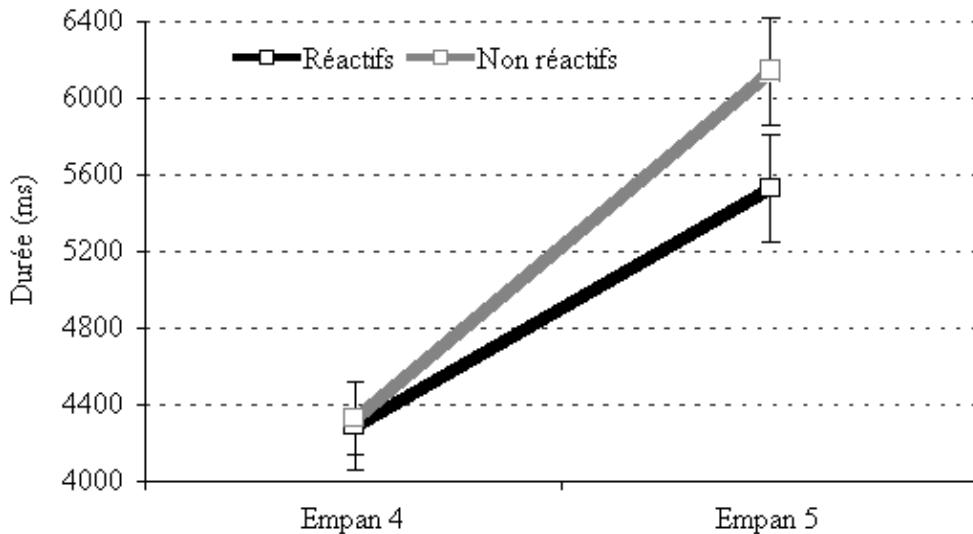


Fig. 5.6.—Effet de l'interaction entre la réactivité émotionnelle et l'empan sur la durée de la réponse

La diminution significative des latences et des durées de réponse chez les sujets « réactifs » est inattendue. Il est possible toutefois qu'elle ait une relation directe avec le nombre réel d'items restitués en fonction de la réaction émotionnelle des sujets. Ainsi, nous avons estimé le 'nombre total d'items restitués' en faisant le décompte des items rappelés par chaque sujet sans tenir compte des facteurs de rappel et d'empan. Le test *t* de comparaison de moyenne entre le nombre total d'items rappelés chez les sujets « réactifs » et « non réactifs » révèle une différence significative ( $t=-3,696$  ;  $ddl=44$  ;  $p=.0006$ ) montrant que les sujets 'réactifs' restituent moins d'items (91%) que les 'non réactifs' (95%)<sup>note20</sup>. Enfin, aucune interaction n'est significative entre la réactivité et le nombre de distracteurs, ni sur les latences, ni sur les durées de réponse.

### 3.6. Discussion

Lorsque la charge mnésique augmente, le stock phonologique se dégrade chez tous les sujets aux rappels inversé et alphabétique. L'efficacité du maintien dynamique de l'information dépend donc de l'empan et du type de planification opéré sur les listes. Néanmoins, qu'il s'agisse d'une simple planification de l'ordre (sériel) ou d'une réorganisation des items (inversé et alphabétique), l'augmentation du nombre d'items à restituer génère une détérioration à peu près équivalente. Cela suggère une communauté de fonctionnement entre ces mécanismes. La même structure exécutive assurerait à la fois le maintien, la planification et la réorganisation des listes. Cela conforte l'idée que les mécanismes de la boucle phonologique mobilisent un certain niveau de contrôle pour le maintien dynamique des informations présentes dans le stock phonologique. Par ailleurs, la dégradation de l'état du stock avec l'augmentation de l'empan suggère que les processus de répétition n'assurent pas le maintien de toute l'information. Une explication possible est que la planification de l'ordre du rappel, notamment inversée et alphabétique, constitue une activité contrôlée susceptible d'interférer avec le rafraîchissement simultané de l'information. Cette interprétation est cohérente avec l'idée de Cowan (1988) selon laquelle il existe une contrainte mutuelle entre les activités de traitement et de stockage. Cowan (1988) suppose, en effet, que les traitements ne se déroulent pas de manière totalement parallèle parce qu'ils ne concernent pas toutes les informations en même temps. Ainsi, la réorganisation des items s'opère sans doute sur un petit nombre d'éléments à la fois. Les éléments qui ne sont pas concernés par la manipulation sont alors exposés à un déclin plus rapide car ils ne font pas l'objet d'une répétition mentale. Indirectement, cette conception implique que l'activité de répétition n'a de sens que parce qu'il y a un traitement en cours sur l'information répétée. Cette interprétation est compatible avec l'idée que ce sont les traitements qui maintiennent les informations. De ce point de vue, l'hypothèse d'une interférence est plausible dans la mesure où seule l'information concernée par les traitements serait rafraîchie, alors que l'information restante subirait un déclin du fait de l'absence de répétition.

L'analyse des erreurs de planification révèle les contraintes des réorganisations alphabétique et inversée qui se traduisent par une baisse de la qualité du rappel. Bien que non prédit, l'absence de différence entre les performances aux rappels alphabétique et inversé ne remet pas en cause l'hypothèse de processus distincts. Il est en effet possible qu'une différence se manifeste plus au niveau du temps mis pour réaliser la réorganisation qu'au niveau de la qualité du rappel (Eysenck et coll., 1992). La majoration des erreurs de planification pour l'empan 5 vient conforter l'idée qu'une contrainte réciproque entre la planification et le maintien des informations existe en MDT. En revanche, nos données ne permettent pas de dire si les contraintes de traitement se situent plus spécifiquement au niveau de la réorganisation de l'ordre des items.

L'examen des latences montre, comme attendu, que les processus engagés dans la réorganisation des items n'ont pas la même durée selon que le rappel est alphabétique ou inversé. L'ordre alphabétique est plus long à restituer que l'ordre inversé. Le rappel inversé exige plus de temps que le rappel sériel. Cela suggère que les réorganisations alphabétique et inversée engagent des processus de traitements distincts. On peut en effet penser qu'au rappel alphabétique, la redistribution des items vers de nouvelles positions sérielles couplée aux mécanismes de comparaison en MLT, nécessite une planification plus complexe que le rappel inversé où la contiguïté des relations entre les positions des items reste inchangée.

L'interaction entre les distracteurs et l'empan montre qu'au rappel de cinq items, la latence augmente en présence de distracteurs. Ce résultat suggère que le rappel du premier item est tributaire du contrôle des éléments non pertinents et fournit un argument en faveur d'une intervention de processus d'inhibition contrôlés. Cela indique aussi que les items non pertinents sont encodés au même titre que les items pertinents.

La mesure de la durée des réponses vient conforter l'idée d'une intervention prolongée des processus contrôlés au cours du rappel. En effet, il faut plus de temps pour restituer une liste dans l'ordre alphabétique que dans l'ordre inversé. Cela suggère que les sujets mettent ce temps de restitution à contribution pour réorganiser les items. Par ailleurs, la variation de la durée de réponse est identique à celle des latences, ce qui prouve que les processus engagés dans la réorganisation des items interviennent jusqu'au terme de la restitution orale et correspondent en partie, à des traitements contrôlés. Ces données montrent que la planification de l'ordre des items ne peut être entièrement assimilée à la durée des latences. En effet, les items disponibles pour le rappel ne sont pas encore totalement ordonnés lorsque le rappel débute, et requièrent encore le contrôle continu des opérations de planification pour être restitués. Cela suppose que le traitement est segmenté et qu'il ne concerne pas tous les items à la fois.

En résumé, comparativement au rappel sériel, les rappels alphabétiques et inversés se caractérisent par une qualité moins bonne et une durée plus longue. Pour chacun d'eux, il semble que des processus de traitement différents interviennent et se prolongent jusqu'à la fin du rappel. Parmi ces processus contrôlés, des mécanismes d'inhibition semblent intervenir pour exclure les items non pertinents.

L'auto-évaluation de l'état émotionnel, avant et après l'entraînement à la tâche, permet de catégoriser les sujets de l'échantillon et de montrer que 19 d'entre eux sont réactifs aux exigences de la tâche. Les participants ne sont pas tous égaux face à cette tâche dont le caractère anxiogène est manifeste.

L'examen de l'état du stock phonologique montre que la réaction émotionnelle engendre une dégradation du rappel. Cette différence entre les sujets « réactifs » et « non réactifs » est encore plus nette pour un empan de cinq items. En cohérence avec les données de nos précédentes expériences, ceci corrobore l'hypothèse d'une atteinte du système de stockage chez les sujets éprouvant une émotion négative. Ce déclin des capacités de stockage pour une charge mnésique importante, montre qu'un haut niveau de complexité, ici l'empan à réorganiser, favorise l'apparition des effets liés à l'émotion.

Comme prédit, l'exactitude avec laquelle les consonnes sont redistribuées au cours du rappel connaît des variations significatives en fonction de l'état émotionnel. L'efficacité des processus de planification est affectée par la réaction émotionnelle du sujet sans toutefois être spécifique aux rappels alphabétique et

inversé. Autrement dit, la réaction émotionnelle exerce une influence sur les processus de planification, indépendamment de la complexité liée au type de réorganisation. Bien que contraire à nos prédictions, l'absence d'interaction avec le type de rappel est cohérent avec les premiers résultats obtenus sans la variable « réactivité » indiquant que la difficulté à restituer les items résulte de l'activité de planification. Pour valider cette idée, il aurait été intéressant d'introduire dans la procédure un rappel libre sans planification stricte, pour comparer les performances.

L'analyse de l'effet de la réactivité sur les latences révèle, contrairement à nos prédictions, que les sujets 'réactifs' restituent plus rapidement le premier item de la liste que les 'non réactifs'. L'examen de la durée des réponses indique que pour la charge la plus grande, les 'réactifs' mettent moins de temps que les 'non réactifs' pour restituer les listes. L'analyse du nombre total d'items restitués par les deux groupes montre que les « réactifs » rappellent moins d'items que les « non réactifs ». La réduction des latences et de la durée des réponses chez les « réactifs » n'est donc pas indépendante du fait qu'ils restituent moins d'items. Ce phénomène pourrait indiquer une forme de désengagement de la part des 'réactifs' vis-à-vis de l'activité cognitive. Autrement dit, la variable 'réactivité' pourrait être liée à une modification du niveau de motivation.

Une hypothèse alternative est que le défaut de restitution chez les sujets « réactifs » traduit une détérioration du stock phonologique coïncidant avec un déficit de planification et des temps de traitements plus rapides. Par ailleurs, il est probable que les sujets « réactifs » représentent une population d'individus ayant une anxiété trait élevée. Dans une situation stressante comme celle de l'exposition à une tâche complexe, on peut supposer avec Eysenck et Calvo (1992), que les sujets anxieux perçoivent leur appréhension, anticipent sur les conséquences négatives d'une telle situation, et soient motivés pour éviter ces conséquences. Cela permet de mieux comprendre la tendance des sujets « réactifs » à répondre rapidement, c'est-à-dire à entreprendre les traitements le plus vite possible pour compenser leur appréhension face à la tâche. Cette conception est compatible avec l'hypothèse de Necka (1997) selon laquelle l'élévation du niveau d'éveil (associée à la réaction émotionnelle) provoquerait une centration des processus exécutifs de la MDT sur les traitements aux dépens du stockage de l'information. Le déclin des informations stockées généreraient en définitive un déficit des performances en MDT. Ainsi, cette priorité donnée au traitement, qui se traduit par une réduction des temps de réponse et un déficit des opérations de stockage et de planification, pourrait relever de processus stratégiques spécifiques aux situations anxiogènes.

En conclusion, cette étude montre que la tâche est intrinsèquement anxiogène et qu'elle implique des processus de traitement contrôlés sensibles au changement d'état émotionnel. Ces premières observations nous encouragent à exploiter ces caractéristiques pour agir de manière plus contrôlée sur les enjeux de la tâche et ainsi mettre au point une procédure d'induction qui permettrait de distinguer les sujets *a priori*. Cela fournirait une démonstration plus rigoureuse de l'influence de l'état émotionnel sur les composantes de stockage et de planification de la MDT.

## 4. EXPERIENCE 4

### 4.1. Objectif de l'étude

Dans l'expérience précédente, les données de la nouvelle tâche de MDT ont révélé l'influence possible d'une réaction émotionnelle négative sur l'efficacité des opérations de maintien et de planification de l'ordre des items. Pour confirmer cette influence, nous souhaitons tester l'activité de stockage et de traitement simultanés à l'aide d'une méthode d'induction reposant sur les caractéristiques anxiogènes de la tâche et plus particulièrement sur les enjeux liés à la réussite de cette tâche. Ici, le rappel inversé est abandonné en faveur du rappel alphabétique pour lequel des listes de consonnes sont construites de manière à ce que *tous* les items soient redistribués vers de nouvelles positions sérielles lors de la planification alphabétique. La réorganisation des listes, dont nous supposons qu'elle implique des opérations de comparaison avec l'ordre alphabétique en MLT et une planification contrôlée de l'ordre de redistribution, est appréhendée plus finement par l'étude de

la distance alphabétique entre les items. En effet, si leur réorganisation requiert une comparaison avec l'ordre alphabétique, les contraintes de distance alphabétique devraient déterminer la complexité du rappel.

Plus exactement, nous supposons que la proximité alphabétique entre des consonnes désordonnées<sup>note21</sup> exige une comparaison systématique avec l'alphabet, alors que l'éloignement alphabétique entre les items favorise une réorganisation basée sur une ségrégation plus simple (on peut décider rapidement que le « b » se situe avant le « v »). Les listes composées de consonnes alphabétiquement proches dont l'ordre s'apparente, à peu près, à un segment de l'alphabet, supposent vraisemblablement un effort de discrimination et de repositionnement des items. À l'inverse, la distribution des listes pour lesquelles la distance alphabétique entre les items est grande, ne coïncide pas avec une partie de l'alphabet et génère donc moins de confusion. Cette manière d'envisager les stratégies de classification alphabétique peut être rapprochée de l'hypothèse de Dehaene (1997) sur la relation d'ordre numérique. Les observations des compétences arithmétiques d'animaux (chimpanzés, pigeons, rats, dauphins) ont clairement montré que lorsque deux quantités à comparer sont distantes, par exemple trois et sept, les performances sont toujours très bonnes. À l'inverse, lorsque ces quantités deviennent de plus en plus proches, les performances se détériorent systématiquement. Cette variation du taux d'erreurs en fonction des différences numériques est désignée par le terme « d'effet de distance ». Cela démontre, selon Dehaene (1997), que les représentations numériques des animaux ne correspondent pas à des représentations discrètes des nombres. Chez l'homme, la perception des grands nombres obéirait à la même loi de distance numérique. Autrement dit, il nous est plus facile de distinguer deux nombres éloignés comme 50 et 80 que deux nombres proches comme 81 et 82. Par ailleurs, il a été montré que le temps nécessaire pour juger si un nombre est plus grand que l'autre subissait cet effet de distance numérique. D'après Dehaene, cela suggère que les symboles numériques sont transcrits dans notre cerveau en quantité continue. Autrement dit, les représentations numériques chez l'homme ne sont pas discrètes. Pour citer Dehaene (1997) : « tout se passe comme si les différents nombres étaient alignés mentalement sur une ligne où chaque position correspond à une certaine quantité. Des nombres proches sont représentés par des positions proches sur la ligne. Rien d'étonnant à ce qu'on les confonde plus facilement, ce qui reflète l'effet de distance numérique. »

Une conception comparable à l'hypothèse d'effet de distance numérique (Dehaene, 1997) est celle du caractère distinctif des informations en MCT. Cette notion de 'distinctiveness', introduite par Murdock (1960, cité dans Lewandowsky et Murdock, 1989), a été reprise par Brown, Hulme et Peece (2000) dans le cadre de leur modèle « OSCillator-based Associative Recall » (OSCAR) qui vise à décrire la mémoire de l'ordre sériel. Dans ce modèle, le concept de distinction suppose que l'item codé en mémoire représente une position le long d'une dimension temporelle et contextuelle. Le caractère distinctif des items dépend de leur distance respective les uns vis-à-vis des autres le long de la dimension. Chez Murdock, le facteur *distinctiveness* renvoie à la position des items les uns vis-à-vis des autres alors que chez Neath (1993), la dimension pertinente pour rendre compte du caractère distinctif est plus temporelle que spatiale. En définitive, l'hypothèse d'un facteur de distinction implique que les items proches (proximité temporelle, spatiale ou contextuelle) soient moins discriminables, donc moins bien discriminés au moment du rappel, parce que leur représentation respective en mémoire est relativement similaire.

Nous souhaitons évaluer, chez les sujets induits par rapport aux sujets contrôle, l'efficacité des opérations de réorganisation alphabétique, en manipulant le facteur distance alphabétique. Afin de renforcer les chances d'observer un effet de l'induction sur les performances, une condition d'empan de six items est prévue. Pour empêcher les participants d'entamer la mise en ordre alphabétique des items *pendant* la présentation visuelle, une condition de rappel sériel, alternant de manière aléatoire avec le rappel alphabétique (§.4.3.3.) a été introduite. Enfin, parallèlement aux mesures introspectives de l'état émotionnel, une évaluation objective des réactions physiologiques est envisagée. Nous supposons que les enjeux de la tâche qui servent de base à l'induction émotionnelle peuvent engendrer un éveil physiologique et cognitif. Pour contrôler les manifestations physiologiques liées à l'augmentation de l'éveil, une mesure du rythme cardiaque est prévue. Elle constituera un indicateur objectif de la modification de l'état émotionnel des sujets.

## 4.2. Hypothèses théoriques

Comme précédemment, nous supposons que l'expérience émotionnelle peut moduler le fonctionnement des mécanismes impliqués dans le stockage et le traitement des informations. Certaines données montrent clairement l'influence de l'émotion sur les capacités de stockage et de traitement (Darke, 1988). Toutefois, les effets observés demeurent très généraux et sont interprétés comme les effets du déclin des capacités de stockage et de traitement. Ce type d'explication, nous l'avons vu, repose sur l'hypothèse théorique d'une réduction des capacités de traitement, causée par la mobilisation des ressources cognitives requises pour les traitements liés à l'émotion. Selon Ellis et coll. (1990), ces traitements liés à l'émotion correspondraient à l'émergence de pensées intrusives. Nos résultats (expérience 1) montrent toutefois que les effets de l'induction sur les performances cognitives ne sont pas systématiquement et directement médiatisés par une production massive et consciente de pensées intrusives. Une hypothèse alternative (expérience 3) est que l'émotion provoque une rupture dans le déroulement des plans d'action. Le modèle de Bastien (1999) sur la centration et le déplacement de l'attention vers les différentes étapes de traitement à réaliser (sous but) en situation de résolution de problème nous a aidé à envisager les effets de l'émotion. En effet, nous considérons celle-ci comme un facteur capable de modifier la représentation que se construit le sujet sur la situation problème ainsi que sur les buts et les sous buts permettant de réaliser la tâche. Bien que le rappel alphabétique ne corresponde pas à une tâche de résolution de problème, on peut néanmoins supposer que l'émotion module la procédure de réalisation de la tâche, et que cela se manifeste par une modification de la planification des opérations de traitement contrôlées. En admettant que le maintien et la réorganisation des traces mnésiques constituent un ensemble d'opérations à coordonner, nous supposons que la modification de l'état émotionnel peut changer le cours des opérations et affecter l'état du stock ainsi que l'efficacité des traitements.

## 4.3. Méthodologie

### 4.3.1. Participants à l'expérience

Onze étudiants et 37 étudiantes âgés en moyenne de 23 ans, inscrits en premier et second cycle de psychologie à l'Université Lyon 2 ont participé à cette expérience.

### 4.3.2. Matériel expérimental

#### 4.3.2.1. La tâche de rappel alphabétique

Cette tâche de rappel alphabétique a été réalisée sur Macintosh à l'aide du logiciel Psyscope (Cohen, Mc Whinney et Provost, 1993). Un total de 45 listes comprenant quatre, cinq ou six consonnes ont été construites en excluant les trois lettres W, X et Z (Annexe 12). Pour chaque liste, la similarité phonologique entre les items adjacents a été réduite au maximum (éviter DVBCT) et leur position d'origine a été contrôlée pour assurer leur permutation systématique lors du rappel alphabétique. Parmi ces 45 listes, neuf d'entre elles présentant toutes les modalités de l'expérience ont été proposées en phase d'entraînement. Deux blocs de 18 listes données aléatoirement ont ensuite été proposés et contrebancés pour la moitié des sujets de chaque groupe expérimental.

Pour chaque condition d'empan, trois catégories de listes ont été proposées selon un indice de distance alphabétique entre les items adjacents, élaboré en calculant le nombre de lettres (consonnes et voyelles) séparant les items dans la liste. La première catégorie de listes contenait des consonnes séparées par une, deux ou trois lettres (PNKM). Pour la seconde catégorie, le nombre de lettres séparant les items était compris entre quatre et huit inclus (JBLC). Enfin, la troisième catégorie regroupait les items séparés par neuf lettres ou plus (TFVG). Ces catégories correspondaient respectivement aux distances courte, moyenne et longue.

Des consonnes, regroupées par listes de quatre, cinq ou six, ont été présentées au rythme d'une par seconde pendant 850 ms chacune. Le temps inter items était de 250 ms. En fin de liste, une voix enregistrée indiquait de rappeler les items dans l'ordre sériel ou alphabétique. L'ordre du rappel n'était jamais connu à l'avance, obligeant les sujets à attendre la fin de la liste pour commencer à planifier leur réponse.

Outre l'ordre du rappel, deux stratégies de réponse ont été imposées à l'aide de consignes différentes données en début d'expérience. Pour la moitié des sujets, la consigne stipulait que la tâche consistait à donner une réponse *le plus rapidement possible* après le signal sonore. Ici, la vitesse de réponse constituait la priorité d'action. Pour l'autre moitié de l'échantillon, la consigne demandait d'ordonner un maximum de consonnes avant le rappel des listes. Dans ce cas, la priorité était la planification précoce de l'ordre du rappel. Une fois donnée, la consigne s'appliquait sur la totalité des essais. Selon la condition d'empan, de rappel et de priorité d'action, des délais pour les latences (temps maximum alloué entre le dernier item présenté et le premier restitué oralement) étaient imposés aux sujets pour éviter, d'une part, à ceux qui privilégiaient la planification précoce du rappel de poursuivre trop longuement un traitement en MLT et, d'autre part, pour inciter ceux qui privilégiaient la rapidité à être le plus véloce possible. La mesure des latences moyennes de l'expérience 3 a servi de référence pour fixer les durées des latences aux rappels sériel et alphabétique. Une majoration a été opérée sur ces délais pour le rappel alphabétique lorsque la priorité était la planification précoce de l'ordre des items. Le tableau 3.1. récapitule les durées pour les latences. Les instructions à la tâche avertissaient de la présence de délais pour la restitution des items et précisait que si le délai était dépassé, un bip retentirait et une nouvelle liste serait présentée. La phase d'entraînement a permis aux sujets de se familiariser avec ces délais.

| <i>Priorité : rapidité</i> |                | <i>Priorité : précision</i> |                |
|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                            | Rappel Alphab. | Rappel Sériel               | Rappel Alphab. |
| <b>Empan 4</b>             | 4000 ms        | 900 ms                      | 6000 ms        |
| <b>Empan 5</b>             | 6000 ms        | 1200 ms                     | 9000 ms        |
| <b>Empan 6</b>             | 8000 ms        | 1500 ms                     | 12000 ms       |
|                            |                |                             | 1500 ms        |

Tab. 4.1.—Durées des latences fixées au rappel de la 1ère consonne selon les conditions de priorité d'action, de rappel et d'empan mnésique

#### 4.3.2.2. La technique d'induction émotionnelle

La méthode d'induction consiste à placer le participant dans une situation critique où ses besoins de réussite et d'estime de soi sont manipulés. Il est admis, en effet, que les émotions proviennent souvent de satisfaction ou de frustration des besoins d'accomplissement (Hemenover et Dienstbier, 1996). Notre procédure vise donc à contrôler ces besoins par le biais d'un feedback erroné positif ou négatif concernant les performances du sujet à un test prétendu estimer ses habiletés cognitives (Gerrards-Hesse et coll., 1994).

En début de passation, le sujet est averti que ses performances au cours de l'entraînement sont évaluées pour tester ses stratégies immédiates de résolution de problème. On lui annonce que celles-ci rendent compte de la qualité du raisonnement et du niveau d'adaptation. Cet avertissement, qui est en réalité une fausse information, est destiné à mobiliser l'estime de soi et à créer un enjeu affectif lié aux capacités intellectuelles. À l'issue de l'entraînement, on explique au sujet qu'en comparaison avec les résultats de 50 sujets adultes, ses performances sont insuffisantes. La révélation de ce résultat fictif est censée altérer le sentiment d'estime de soi et produire l'émergence d'une émotion négative. Chez les sujets contrôle en revanche, la même phase d'entraînement est présentée sous la forme d'un simple temps de familiarisation. Aucun enjeu sur la réussite à la tâche n'est donc introduit avant que le sujet ne s'y engage.

### 4.3.2.3. Contrôle de l'état émotionnel induit

#### 4.3.2.3.1. Mesure subjective: Auto-évaluation sur les échelles

Cette mesure s'effectue sur les mêmes échelles d'adjectifs que précédemment. Deux temps d'évaluation sont prévus sur chaque échelle, avant et après l'induction.

L'analyse factorielle en composantes principales effectuée sur la totalité des scores d'auto-évaluation, met une nouvelle fois en évidence un premier facteur qui explique 47 % de la variance des scores (Annexe 13). Celui-ci oppose les adjectifs congruents aux adjectifs non congruents avec un état d'anxiété, et traduit la valence associée à chaque item du questionnaire. Toutefois, l'analyse de la variance des notes en facteur attribuées au facteur « valence » ne révèle pas de différence significative entre les deux groupes. La qualité des effets de l'induction par la manipulation des besoins de réussite doit vraisemblablement être fortement liée aux différences inter individuelles. Ainsi, des sujets contrôle peuvent apprécier la qualité de leur activité cognitive au cours de la phase d'entraînement et ressentir, même sans feedback, un état négatif vis-à-vis de leurs performances. Cela limite alors la possibilité de différencier les deux groupes par la procédure d'auto-évaluation de l'état émotionnel.

À défaut d'obtenir une distinction entre les groupes avec l'analyse factorielle, nous avons effectué une autre analyse qui fournit des indications sur l'état émotionnel des sujets. Deux scores moyens d'auto-évaluation ont été générés sur les deux catégories d'échelles, avant et après la phase d'induction. Au total, chaque sujet disposait de quatre valeurs moyennes comprises entre un et six, correspondant respectivement au niveau de « détente » et « d'anxiété » avant puis après l'induction. Une valeur élevée signifiait que les adjectifs traduisaient bien l'état émotionnel du sujet, alors qu'une valeur faible signifiait l'inverse.

Deux analyses de la variance ont été effectuées pour étudier la modification de l'état émotionnel des sujets, et pour comparer les scores « d'anxiété » et de « détente » des deux groupes selon les différents moments de l'auto-évaluation. La première analyse montre, chez tous les sujets, une élévation du niveau « d'anxiété » et un abaissement du niveau de « détente » consécutifs à l'induction. La figure 6.1. montre une interaction significative ( $F(1,46) = 99,30; p = .0001$ ) entre le moment de la mesure et les scores obtenus sur les échelles de détente et d'anxiété.

La seconde analyse ne montre pas d'interaction entre l'induction, les échelles d'adjectifs et le moment de l'auto-évaluation. En fait, tous les sujets ont tendance à se sentir plus anxieux après l'entraînement, quelle que soit la condition d'induction. Cette absence de différence entre les groupes peut être due, comme nous l'avons indiqué auparavant, aux variations inter individuelles ainsi qu'au caractère anxiogène de la tâche.

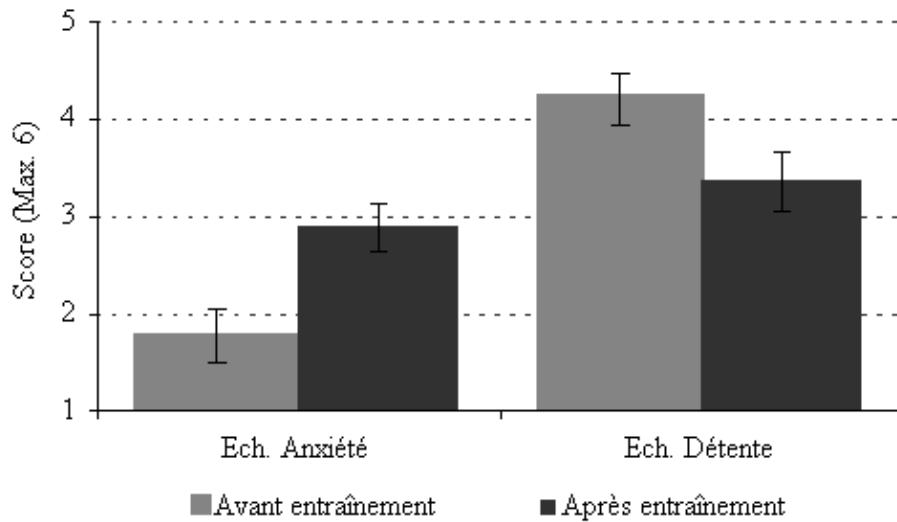


Fig. 6.1.—Effet de l'interaction entre le moment de l'auto-évaluation et le score 'd'anxiété' et de 'détente' obtenu par l'ensemble des sujets

Afin d'obtenir des informations plus précises sur le comportement des sujets face à chacun des items de l'échelle d'anxiété, une nouvelle analyse est conduite sur les scores obtenus face aux adjectifs congruents avec l'anxiété (Anxieux, Inquiet, Stressé et Troublé) après l'entraînement. Celle-ci ne montre pas d'une interaction significative entre le type d'adjectif et l'induction.

#### 4.3.2.3.2. Mesure objective: enregistrement du rythme cardiaque

Le rythme cardiaque des participants a été enregistré à l'aide d'un petit capteur électrique placé sur le lobe de l'oreille en début d'expérience. La cadence des battements cardiaques a été relevée régulièrement tout au long de l'expérience. Pour chaque sujet, la valeur du rythme cardiaque de base relevée en début d'expérience a été retranchée à la valeur moyenne du rythme cardiaque sondée à plusieurs reprises au cours de l'entraînement. La valeur différentielle obtenue rendait compte de l'ampleur de la variation des battements cardiaques des sujets. La comparaison des distributions des valeurs différentielles entre les groupes induit et contrôle ne met pas en évidence de différence significative. L'analyse complémentaire de covariance entre l'induction et le rythme cardiaque de base sur le rythme cardiaque après l'entraînement ne montre aucune effet significatif. Une autre analyse de la variance, où le facteur induction a été exclu, montre qu'il existe une différence significative du rythme cardiaque selon que les participants commencent l'expérience, effectuent l'entraînement à la tâche ou réalisent les différents blocs d'essais ( $F(3,45) = 37,52$  ;  $p = .0001$ ), (figure 6.2.).

L'analyse des contrastes montre une différence significative entre le début de l'expérience et l'entraînement ( $F(3,45) = 101,98$  ;  $p = .0001$ ), ainsi qu'une différence significative entre l'entraînement et le dernier bloc d'essais ( $F(3,45) = 43,14$  ;  $p = .0001$ ).

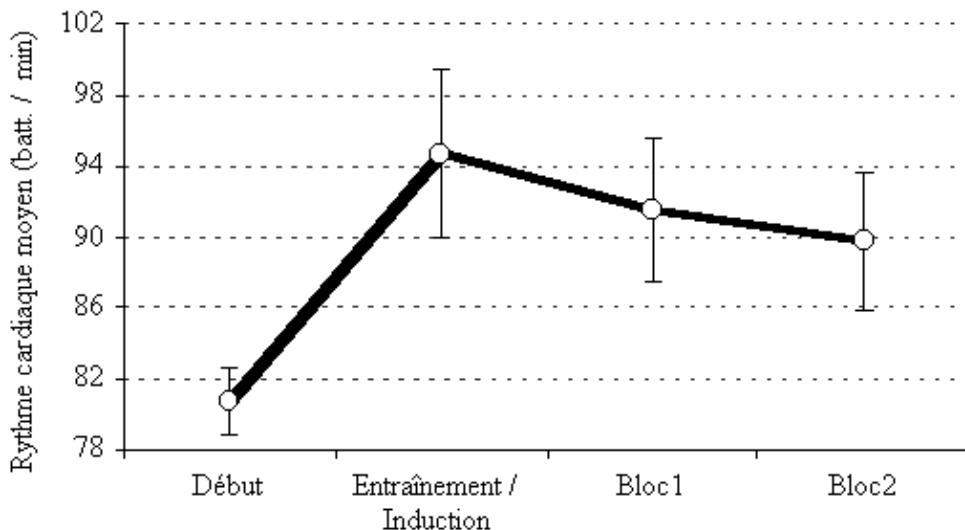


Fig. 6.2.—Évolution du rythme cardiaque au cours des différents évènements de l'expérience

### 4.3.3. Procédure expérimentale

La passation est individuelle. Elle débute par la présentation du matériel, notamment la sonde pour l'enregistrement du rythme cardiaque qui est aussitôt fixée à l'oreille du sujet à l'aide d'un clip en plastique. Un premier relevé du rythme cardiaque est effectué. Le sujet prend ensuite connaissance des instructions relatives à la première phase d'auto-évaluation de son état émotionnel.

Chaque participant est affecté de manière aléatoire à une condition d'induction négative ou neutre et à une condition de priorité d'action pour le rappel. En condition d'induction négative, les sujets sont informés qu'au cours de l'entraînement, leurs performances seront mesurées puis communiquées juste après. L'induction consiste ici à créer puis à manipuler les enjeux liés à la réussite de la tâche. En condition d'induction neutre l'entraînement est présenté comme un moyen pour se familiariser avec la tâche, aucun résultat n'est communiqué après l'entraînement. La phase d'entraînement est toujours précédée d'une série de consignes explicitant la procédure générale. Parmi ces consignes, celles qui font référence à la restitution des items varient selon que la priorité soit donnée à la rapidité ou à la planification précoce du rappel. En condition de rapidité, les sujets sont invités à *commencer* leur rappel le plus rapidement possible, alors qu'en condition de planification précoce, ils sont priés de réorganiser mentalement un maximum d'items avant de répondre. Hormis le mode de réponse, la procédure générale ne varie pas entre les sujets. Elle consiste pour chaque essai à presser la barre d'espace pour initier la liste, à lire mentalement l'ensemble des items qui apparaissent séquentiellement au centre de l'écran, puis à les restituer dans l'ordre indiqué par le signal sonore. Après avoir répondu, les sujets initient immédiatement l'essai suivant. La consigne ne précise pas que tous les items doivent être restitués, mais invite à répondre le mieux possible avant que le délai de réponse ne soit atteint. À l'issue de l'entraînement, une seconde auto-évaluation de l'état émotionnel est proposée avec les mêmes items présentés différemment. La tâche proprement dite commence alors par un rappel des consignes. Elle comprend deux blocs d'essais entre lesquels une pause de quelques minutes est aménagée. L'expérience se termine par une série de questions relatives aux impressions et aux stratégies de réponse du participant. Un débriefing est prévu suite à l'induction émotionnelle négative et les objectifs de l'expérience sont présentés.

### 4.3.4. Plan d'expérience et variables dépendantes

Le plan d'expérience est mixte :

Les effets de deux facteurs inter et trois facteurs intra sont mesurés. Dans l'ordre de présentation du plan, il s'agit des facteurs Induction (induits *vs* contrôle), Priorité (rapidité *vs* planification précoce), Empan (quatre *vs* cinq *vs* six), Rappel (sériel *vs* alphabétique) et Distance alphabétique (courte *vs* moyenne *vs* longue). Les effets de ces cinq facteurs sont contrôlés sur le taux d'erreurs de rappel, le taux d'erreurs de planification et les temps de réponse comprenant les latences et les durées de réponse. Ces variables dépendantes doivent rendre compte, respectivement, de l'état du stock phonologique, de l'efficacité des opérations de planification de l'ordre du rappel et du déroulement temporel des processus de restitution des items.

#### 4.3.4.1. La qualité du rappel

La qualité du rappel repose sur deux mesures connues. La première calcule le taux d'erreurs de rappel sans tenir compte de l'ordre de restitution des items. La seconde estime le taux d'erreurs de planification des items bien rappelés. Le taux d'erreurs de rappel est calculé de la manière suivante:

$$\text{Taux.Erreurs.Rappel} = \frac{\text{Empan} - \text{Nbr.Cons.Bien.Rappelées}}{\text{Empan}} \times 100$$

Il est censé rendre compte de l'ampleur du déclin des items, c'est-à-dire de l'efficacité des opérations de maintien dynamique des traces stockées temporairement.

Le taux d'erreurs de planification est le résultat de l'équation ci-dessous :

$$\text{Taux.Erreurs.Planification} = \frac{\text{Nbr.Cons.Bien.Rappelées} - \text{Nbr.Cons.Bien.Placées}}{\text{Nbr.Cons.Bien.Rappelées}} \times 100$$

Il vise à rendre compte du déficit des opérations de planification de l'ordre sériel ou alphabétique. Au rappel alphabétique, la planification est doublée d'une réorganisation de la position des items qui suppose probablement la mise en œuvre d'une série de comparaisons entre la séquence à reconstruire et la liste de référence. En revanche, pour le rappel sériel, seuls les processus de planification de l'ordre de présentation devraient être engagés. Du point de vue des processus, nous distinguons donc la planification sérielle de la planification alphabétique (réorganisation).

#### 4.3.4.2. Latence au rappel et durée de réponse

Les résultats de l'expérience précédente ont suggéré que le découpage du temps de réponse en deux périodes distinctes (latence et durée de réponse) était artificiel, car les processus engagés dans la planification de l'ordre de restitution semblaient débuter avant le rappel et se poursuivre tout au long de la réponse orale. Il paraît intéressant de vérifier si ce phénomène est consistant en fonction des priorités d'action. Aussi, la mesure dissociée des latences et des durées de réponse est conservée pour observer la manière dont le déroulement des processus se distribue de part et d'autre de la première restitution orale en fonction des contraintes de priorité d'action.

### 4.4. Prédictions

#### 4.4.1. Effet de la distance alphabétique

Hypothèse 1: La distance alphabétique entre les items devrait déterminer la complexité de la réorganisation alphabétique et provoquer des erreurs de planification plus nombreuses en condition de distance courte qu'en condition de distance longue.

#### 4.4.2. Effet de la priorité d'action

Hypothèse 2: Si différentes stratégies de réponse sont possibles au cours de l'activité de MDT, les latences et la durée des réponses devraient varier selon que la priorité soit donnée à la rapidité ou à la planification précoce du rappel. Lorsque la rapidité du rappel est privilégiée, la durée de réponse devrait être plus longue que la latence et inversement dans le cas où la planification préalable est demandée.

#### 4.4.3. Effet de l'induction émotionnelle sur la qualité du rappel

•

Hypothèse 3 : Si l'émotion induite affecte le plan de maintien des traces mnésiques dans le stock phonologique, alors le *taux d'erreurs de rappel* des sujets induits devrait être plus élevé que pour les sujets contrôle.

•

Hypothèse 4 : Si l'induction module les opérations de planification de l'ordre alphabétique des items, le *taux d'erreurs de planification* alphabétique devrait être plus important chez les sujets induits que chez les contrôle.

•

Hypothèse 5 : L'augmentation de l'empan devrait majorer le *taux d'erreurs de planification* alphabétique chez les sujets induits par rapport aux sujets contrôle.

•

Hypothèse 6 : Si la distance alphabétique entre les consonnes détermine la complexité de leur réorganisation, le taux d'erreurs de planification alphabétique devrait augmenter chez les induits par rapport aux contrôle, en condition de distance courte.

#### 4.4.4. Effet de l'induction sur les latences et la durée du rappel

Hypothèse 7 : Si l'induction affecte les opérations de maintien et de planification, le déroulement des processus de redistribution, comme les latences et les durées de réponse, devrait être plus long chez les induits par rapport aux contrôle, en particulier lorsque l'empan augmente.

### 4.5. Résultats

Les résultats se décomposent en deux grandes séries d'analyses. La première étudie les performances globales au rappel pour vérifier si elles dépendent du facteur distance alphabétique. La seconde examine l'influence de l'induction sur la qualité du rappel et les temps de réponse. L'examen global des données brutes a révélé que les sujets<sup>note22</sup> n'avaient pas toujours respecté les délais de réponse au rappel sériel (§4.5.1.2.1., tableau 4.3.). Ce phénomène a entraîné l'apparition d'un nombre élevé de valeurs manquantes dans les tableaux d'analyse, présentant deux inconvénients majeurs : le premier est le risque de biaiser la signification des taux d'erreurs de rappel et de planification, car l'absence de réponse est assimilée à une erreur. Le second est qu'un tableau

d'analyse incomplet ne permet pas d'effectuer un calcul de la variance satisfaisant sur les latences et la durée des réponses. Par conséquent, nous avons choisi d'analyser les données issues du rappel alphabétique uniquement. Bien que non conforme à la structure du plan d'expérience, cette solution permet de tester nos prédictions. Rappelons par ailleurs que le rappel sériel a été introduit dans le plan expérimental à des fins stratégiques, pour empêcher la mise en ordre précoce des items au cours de la présentation des items.

### 4.5.1. Caractéristiques du rappel alphabétique

#### 4.5.1.1. La qualité du rappel

Les analyses de la variance sur le taux d'erreurs de rappel et de planification révèlent un effet principal de l'empan ( $F(2,86) = 104,61; p = .0001$ ), ( $F(2,62) = 40,09; p = .0001$ ) et de la distance alphabétique ( $F(2,86) = 6,61; p = .0021$ ), ( $F(2,62) = 3,06; p = .0542$ )<sup>note23</sup>. Le premier montre que les erreurs augmentent avec le nombre d'items. Quant à l'effet de la distance alphabétique, son sens diffère selon le type d'erreurs observé. En condition de distance courte et comparativement aux deux autres conditions de distance alphabétique, le taux d'erreurs de rappel est plus faible alors que le taux d'erreurs de planification est plus élevé (Tableau 4.2.). Enfin, il n'existe aucun effet principal du facteur priorité sur les deux mesures d'erreurs.

| Distance alphabétique :         | Courte     | Moyenne    | Longue     |
|---------------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Erreurs de rappel</b>        | <b>29%</b> | <b>36%</b> | <b>36%</b> |
| <b>Erreurs de planification</b> | <b>37%</b> | <b>31%</b> | <b>32%</b> |

Tab. 4.2.—Taux d'erreurs de rappel et de planification au rappel alphabétique selon la condition de distance alphabétique entre les consonnes

#### 4.5.1.2. Latence au rappel et durée de réponse

##### 4.5.1.2.1. Analyse des latences

Les valeurs manquantes représentent 11,23 % des latences enregistrées. Le tableau 4.3. indique leur répartition pour les différentes conditions expérimentales. La comparaison de la répartition des erreurs entre les conditions de priorité de réponse révèle, au risque d'erreur de 1%, un Khi 2 d'indépendance significatif pour les conditions de rapidité ( $ddl=1$ ;  $z$  théorique=6,64;  $z$  calculé=27,8) et de planification préalable ( $ddl=1$ ;  $z$  théorique=6,64;  $z$  calculé=39,1), et montre, pour ces conditions, que le taux de latences manquantes est bien plus grand au rappel sériel qu'au rappel alphabétique. Ceci s'explique par les délais imposés (Cf. Tableau 6.1.) au rappel. L'importance du taux de valeurs manquantes au rappel sériel interdisant toute analyse de la variance, nous avons choisi d'effectuer cette analyse uniquement sur les latences au rappel alphabétique. Celles-ci comportent seulement 2,22 % de cases vides dans le tableau de données.

| Priorité :     | <u>Rapidité</u> |                | <u>Planification préalable</u> |                |
|----------------|-----------------|----------------|--------------------------------|----------------|
|                | Rappel Alpha.   | Rappel. Sériel | Rappel Alpha.                  | Rappel. Sériel |
| <b>Empan 4</b> | 7,14%           | 14,84%         | 4,95%                          | 19,23%         |
| <b>Empan 5</b> | 2,75%           | 12,09%         | 1,65%                          | 8,24%          |
| <b>Empan 6</b> | 1,10%           | 11,54%         | 2,20%                          | 14,29%         |

Tab. 4.3.—Répartition (%) des valeurs de latences manquantes au rappel du premier item selon les conditions de priorité, de rappel et d'empan

L'analyse ne révèle pas d'effet principal, ni du facteur distance, ni du facteur priorité de réponse. En revanche, l'effet principal de l'empan est significatif ( $F(2,40) = 9,89$  ;  $p = .0003$ ) et montre que les latences augmentent avec l'accroissement du nombre d'items à restituer.

#### 4.5.1.2.2. Analyse de la durée des réponses

Par extension, l'analyse de la variance de la durée des réponses est calculée uniquement sur le rappel alphabétique. On retrouve un effet principal de l'empan ( $F(2,42) = 28,05$ ;  $p = .0001$ ), qui met en évidence un allongement du temps de restitution des consonnes avec l'accroissement du nombre d'items à rappeler. En dépit d'un effet non significatif du facteur priorité de réponse, celui-ci entre en interaction avec l'empan ( $F(2,42) = 4,15$  ;  $p = .0226$ ), illustrée en figure 4.3. Cette interaction met en évidence une évolution de la durée des réponses due à l'augmentation de l'empan, bien plus marquée en condition de priorité de planification qu'en condition de priorité de rapidité. Pour les listes de quatre et cinq items, la réponse est plus rapide en condition de planification préalable qu'en condition de rapidité. En revanche, elle devient plus longue avec des listes de six items pour lesquelles il semble que le temps d'énonciation supprime le bénéfice de la planification préalable. Ainsi, la mise en ordre alphabétique préalable facilite la restitution orale seulement pour des empans inférieurs à six items.

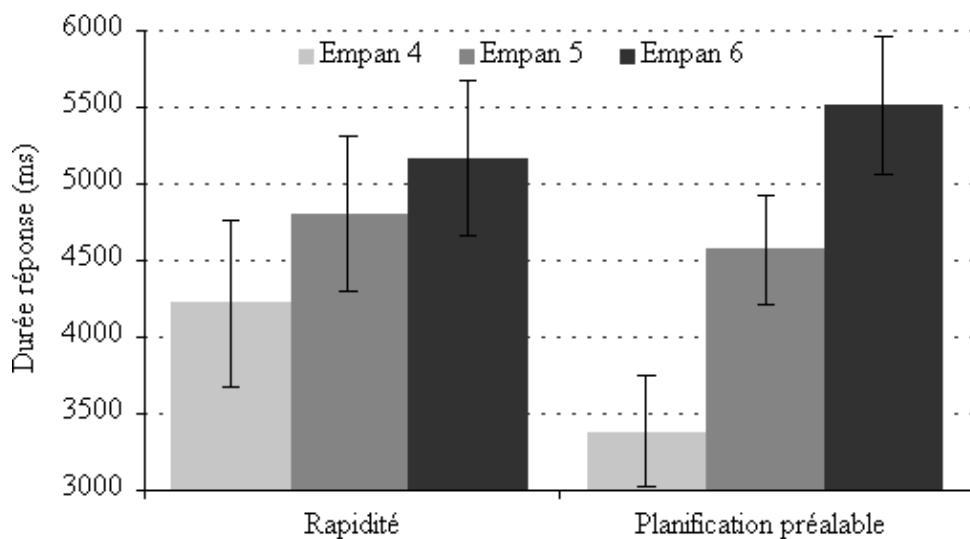


Fig. 6.3.—Effet de l'interaction entre la priorité d'action et l'empan sur la durée de la restitution alphabétique des items

#### 4.5.2. Les effets de l'induction émotionnelle

Le contrôle de l'auto-évaluation de l'état émotionnel et la mesure du rythme cardiaque ne révèlent pas de distinction claire entre les groupes. Il semble que le caractère anxiogène de la tâche suffise à produire un niveau d'anxiété élevé et une accélération significative du rythme cardiaque chez tous les sujets. Malgré cette modification commune de l'état d'éveil, le facteur induction est introduit dans la série d'analyses qui suit afin de vérifier s'il exerce une influence sur les performances.

Comme nous l'avons souligné plus haut, un grand nombre de réponses n'ont pu être données en condition de rappel sériel car les délais de restitution imposés n'ont pas permis aux sujets de toujours restituer le premier item à temps. Pour cette raison, les analyses porteront uniquement sur les performances au rappel alphabétique. Cela ne remet pas en cause la possibilité de vérifier nos hypothèses puisqu'elles concernent l'activité simultanée de maintien et de réorganisation alphabétique des consonnes.

#### 4.5.2.1. La qualité du rappel alphabétique

##### 4.5.2.1.1. Le taux d'erreurs de rappel

L'analyse de la variance du taux d'erreurs de rappel ne montre pas d'effet principal du facteur induction. En revanche, l'interaction entre l'induction et la distance alphabétique est *presque* significative ( $F(2,84) = 2,91$ ;  $p = .0602$ ) et indique, en figure 4.4., une tendance à l'augmentation des erreurs de rappel chez les sujets induits lorsque la réorganisation alphabétique s'effectue en condition de distance moyenne et longue.

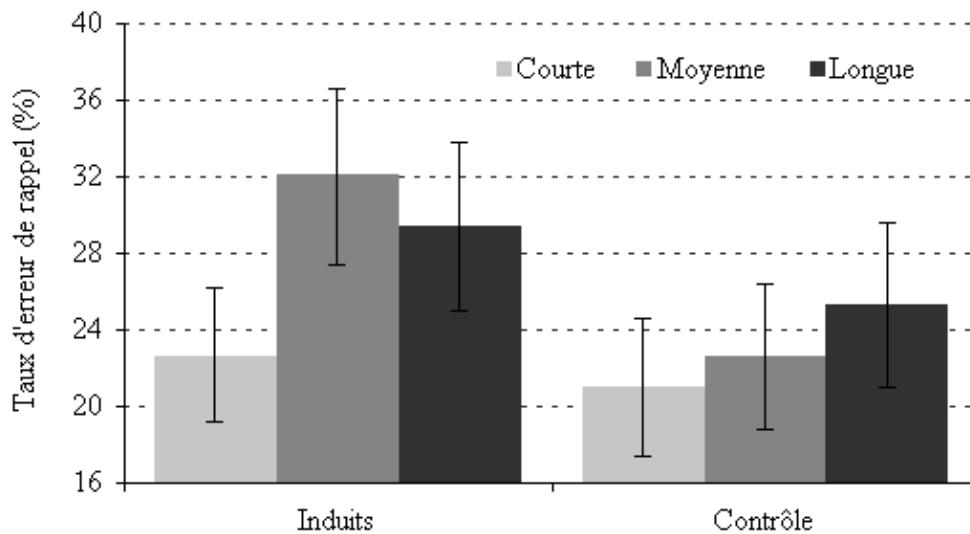


Fig. 6.4.—Effet de l'interaction entre la distance alphabétique et l'induction sur le taux d'erreurs de rappel alphabétique

##### 4.5.2.1.2. Le taux d'erreurs de planification

Aucun effet de l'induction n'est observé sur les erreurs de planification de l'ordre alphabétique des consonnes.

#### 4.5.2.2. Latence et durée de réponse

##### 4.5.2.2.1. Analyse des latences

L'effet principal de l'induction n'est pas significatif. Toutefois, il existe deux interactions significatives : entre l'induction et l'empan ( $F(2,38) = 4,25$  ;  $p = .0216$ ), et entre l'induction et la distance alphabétique ( $F(2,38) = 5,78$  ;  $p = .0064$ ). La première, illustrée en figure 4.5., révèle un patron de résultats inattendu où les induits ont des latences constantes sur toutes les conditions d'empan alors que les contrôle ont des latences de plus en plus longues avec l'augmentation du nombre d'items.

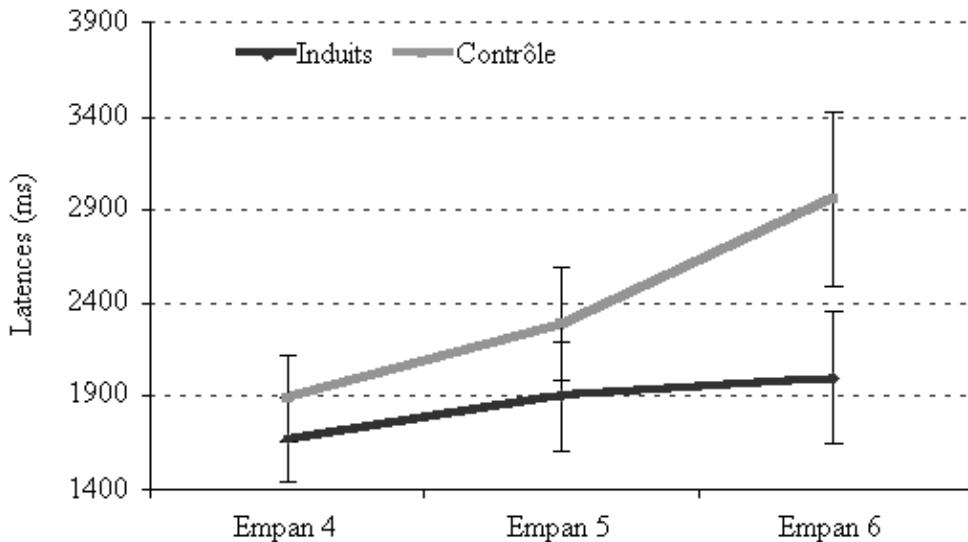


Fig. 6.5.—Effet de l’interaction entre l’induction et l’empan sur les latences au rappel alphabétique de la première consonne

L’interaction entre la distance alphabétique et l’induction est illustrée en figure 4.6. Elle met en évidence deux patrons de résultats opposés entre les sujets induits et contrôle. Alors que les deux groupes obtiennent les mêmes latences pour la condition de distance la plus courte, ils témoignent d’une évolution inverse au fur et à mesure que la distance alphabétique entre les items augmente. Ainsi, les induits deviennent de plus en plus rapides alors que les contrôle montrent des latences de plus en plus longues.

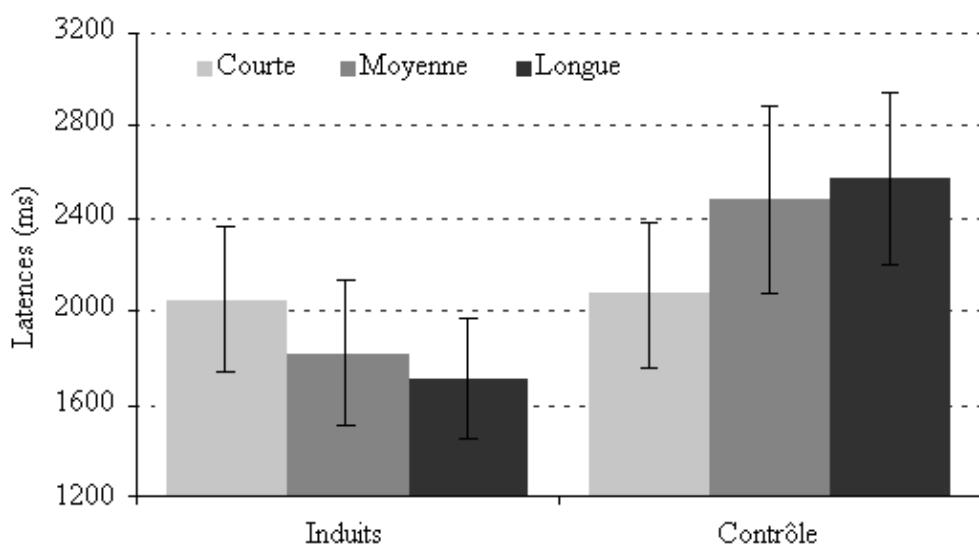


Fig. 6.6.—Effet de l’interaction entre l’induction et la distance sur les latences au rappel alphabétique de la première consonne

L’examen de l’effet conjoint des facteurs priorité de réponse et induction sur les latences au rappel alphabétique révèle l’existence d’une interaction avec le facteur distance alphabétique ( $F(6,36) = 2,62$  ;  $p = .0330$ ), illustrée en figure 6.7.

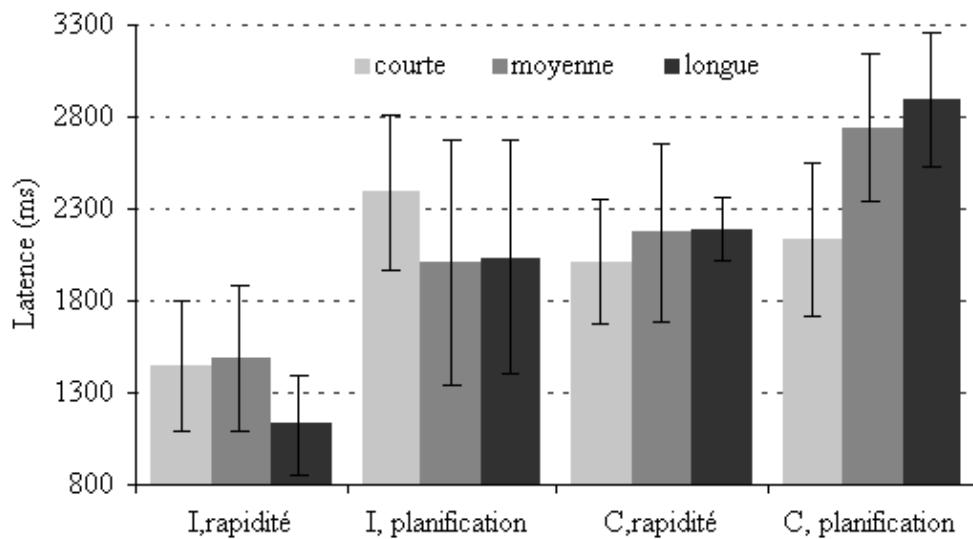


Fig. 6.7.—Effet de l'interaction entre l'induction, la priorité d'action et la distance sur les latences au rappel alphabétique

Cette interaction montre qu'en fonction de l'état émotionnel, les stratégies de réponses des sujets ne conduisent pas aux mêmes performances pour les différentes conditions de distance. L'observation attentive de chaque profil de réponse montre que (a) lorsque les sujets contrôlent privilégié la rapidité, leurs latences sont relativement similaires sur l'ensemble des conditions de distance. Cela suggère qu'ils s'efforcent de respecter la consigne de vélocité. Lorsqu'au contraire (b) on leur demande de privilégier la planification préalable des items, on constate que leurs latences augmentent pour les conditions de distance moyenne et longue. Cette augmentation semble être moins l'indice d'une difficulté que celui d'une récupération exhaustive des items bien discriminés, mais plus longs à récupérer du fait de leur éloignement sur la dimension alphabétique. Chez les induits, l'évolution des latences pour la stratégie de rapidité se traduit par des temps très courts, en particulier en condition de distance longue. Cela suggère qu'ils effectuent un repérage minimum des premiers items pertinents pour le rappel. Enfin, lorsqu'ils doivent planifier préalablement leur réponse, ils mettent plus de temps à planifier l'ordre alphabétique en condition de distance courte. Selon l'hypothèse d'un repérage minimum, ce profil de résultat suggère qu'ils ont effectivement plus de difficulté à réorganiser les items peu discriminés sur la dimension alphabétique.

#### 4.5.2.2.2. Analyse de la durÉe des rÉponses

Il n'y a pas d'effet principal de l'induction mais une interaction significative entre l'induction et la distance ( $F(2,40) = 3,94$  ;  $p = .0275$ ). Illustrée en figure 6.8., celle-ci

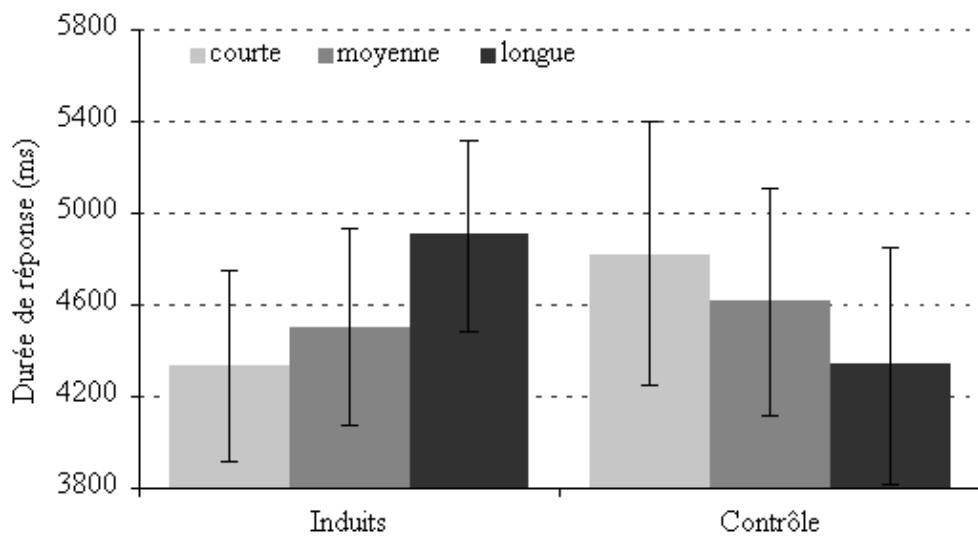


Fig. 6.8.—Effet de l’interaction entre l’induction et la distance sur la durée de réponse au rappel alphabétique

montre deux patrons de résultats symétriques et en opposition parfaite avec les résultats relatifs aux latences. Chez les sujets induits, la durée de la restitution orale s’allonge avec l’augmentation de la distance alphabétique alors qu’une tendance inverse s’observe chez les sujets contrôle. On remarque également que les intervalles de confiance sont élevés mais que ce phénomène reste circonscrit aux temps de réponse.

L’examen de l’effet conjoint des facteurs priorité et induction met en évidence une interaction significative avec l’empan ( $F(6,38) = 2,76$  ;  $p = .0251$ ). Cette interaction, illustrée en figure 4.9., montre que les stratégies de réponses imposées aux sujets ne conduisent pas aux mêmes patrons de rappel selon l’état émotionnel des participants.

Lorsqu’ils privilégient la rapidité, les sujets contrôle stabilisent la durée de leur réponse sur les trois conditions d’empan. Lorsqu’ils effectuent une planification préalable, ils répondent de plus en plus lentement avec l’augmentation de l’empan. Chez les sujets induits, on observe quasiment les mêmes patrons de réponse sur les trois conditions d’empan quelle que soit la stratégie de rappel demandée. Cela suggère que les induits utilisent une seule et même stratégie pour réaliser le rappel alphabétique.

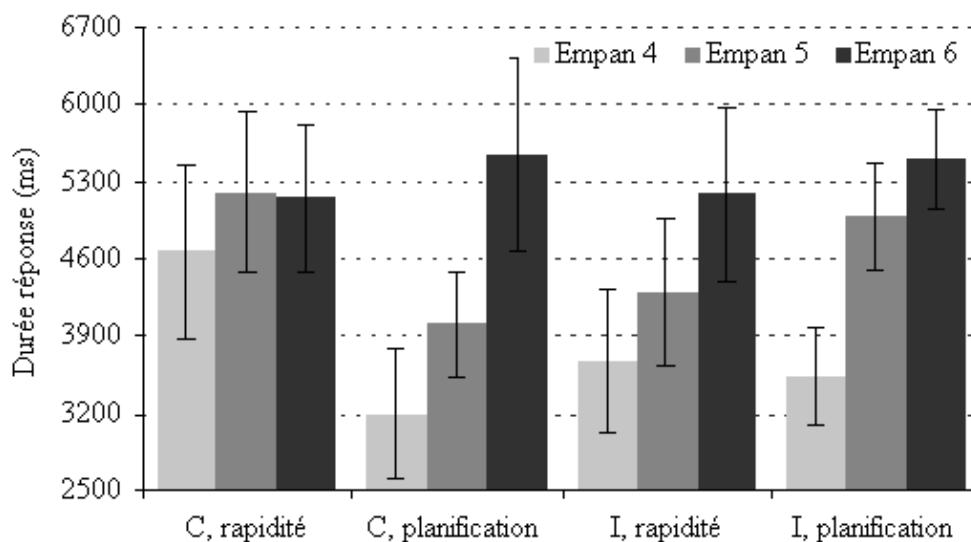


Fig. 6.9.—Effet de l’interaction entre l’induction, la priorité d’action et l’empan sur la durée du rappel alphabétique

## 4.6. Discussion

L’examen des caractéristiques du rappel alphabétique valide l’hypothèse selon laquelle le taux d’erreurs de planification est plus élevé en condition de distance courte qu’en condition de distance moyenne ou longue. Par ailleurs, l’effet inverse du facteur distance sur le taux d’erreurs de rappel suggère que les opérations de stockage et de réorganisation ne sont pas affectées à l’identique par la distance alphabétique. Alors que le taux d’erreurs de rappel croît avec l’augmentation de la distance alphabétique, le taux d’erreurs de réorganisation chute pour les conditions de distance moyenne et longue. Toutefois, les effets contraires du facteur distance sur les deux catégories d’erreurs sont peut-être interdépendants. En effet, il est possible que la dégradation de la qualité du stock phonologique observée pour les conditions de distance moyenne et longue réduise le nombre d’items à réorganiser et, par conséquent, limite pour les mêmes conditions de distance, le taux d’erreurs commises pour la mise en ordre alphabétique.

Les résultats ne montrent pas d’effet significatif des stratégies de réponse sur la qualité du rappel. En revanche, l’interaction significative entre la priorité de réponse et l’empan suggère que pour des empans faibles (quatre et cinq), et en comparaison avec la stratégie de rapidité, la planification préalable de l’ordre des items réduit le temps de restitution. Cela soutient l’idée qu’en situation ordinaire de rappel alphabétique, la restitution orale requiert l’intervention des processus contrôlés de réorganisation.

L’examen des performances à la tâche selon l’état émotionnel des sujets ne met pas en évidence les effets prédis de l’induction sur la qualité du rappel. Un résultat inattendu, toutefois, est l’interaction presque significative entre l’induction et la distance où, contrairement aux sujets contrôle, la qualité du stock phonologique des induits est affectée pour les conditions de distance moyenne et longue. Cette tendance est consistante avec l’effet de la distance observé sur le taux d’erreurs de rappel, et doit être mise en relation avec les latences et la durée des réponses observées chez les induits.

L’interaction significative entre l’induction et la distance sur les latences au rappel alphabétique indiquent que contrairement aux sujets contrôle, les induits mettent moins de temps pour rappeler le premier item quand la distance alphabétique augmente. Chez les induits, l’accroissement du taux d’erreurs de rappel en condition de distance moyenne et longue coïncide avec une réduction des latences et suggère, en regard de l’interaction entre l’induction la distance alphabétique et la priorité de réponse, que la dégradation du stock phonologique pour les distances moyennes et longues résulte d’une planification insuffisante. En d’autres termes, pour certaines listes, les induits passeraient moins de temps à planifier préalablement l’ordre alphabétique des items.

L’interaction entre l’induction et la distance sur la durée des réponses montre qu’en condition de distance moyenne et longue, les induits sont plus lents à restituer les listes. Cela est cohérent avec les données précédentes et suggère que l’induction affecte les opérations de maintien des traces mnésiques. Ce qui se traduit par une réduction du temps de planification, un allongement de la réponse et des erreurs plus nombreuses.

Contrairement à nos hypothèses, ce phénomène s’observe sur les listes censées offrir un bon niveau de discrimination des items. Néanmoins, bien que favorisant la discrimination, l’éloignement alphabétique nécessite en contrepartie une recherche en mémoire plus exhaustive sur la dimension de l’ordre alphabétique. Une explication possible est donc que les latences courtes des sujets induits correspondent à une stratégie consistant à repérer au plus vite les premiers items pertinents pour le rappel. Cette stratégie du repérage minimum aurait pour conséquences d’allonger les temps de récupération des items subséquents et de favoriser le déclin des traces mnésiques au cours de cette réorganisation tardive. En revanche, la stratégie des sujets contrôle consisterait à allouer plus de temps à la planification préalable des listes en condition de distance

moyenne ou longue, ce qui assurerait une réponse plus exacte et moins longue.

L'interaction entre l'empan et l'induction sur les latences au rappel alphabétique indique que seuls les sujets contrôlent allongent naturellement leur latence pour les listes les plus longues nécessitant un temps de récupération et de planification plus étendu, alors que les sujets induits ont des latences constantes pour les différentes conditions d'empan. Cela conforte l'hypothèse d'une stratégie spécifique aux induits qui consiste à privilégier la rapidité des traitements, au détriment, parfois, de la qualité du rappel.

Les résultats de cette expérience suggèrent en définitive l'existence possible d'un effet de l'induction sur les stratégies au rappel alphabétique. Comparativement aux contrôles, les induits favorisent une stratégie de 'repérage minimum' des items. Cela se traduit, pour les conditions de distance alphabétique offrant un bon niveau de discrimination, par des latences plus rapides, lesquelles pourraient témoigner d'un rappel plus facile. Toutefois, l'augmentation de la durée des réponses et la tendance à rappeler moins d'items corrects pour ces mêmes conditions de distance, suggèrent au contraire que la stratégie de repérage minimum affecte les performances au rappel alphabétique des sujets induits.

Nos résultats ne montrent aucun effet de l'induction sur le taux d'erreurs de planification. Quant à l'effet principal de la distance sur les erreurs de planification, il peut s'expliquer par l'interdépendance de nos mesures, car les erreurs de planification liées au facteur distance seraient consécutives à l'altération du stock phonologique.

Dans cette étude, le contrôle de la distance alphabétique a consisté à manipuler uniquement la distance entre les items *adjacents*, sans prendre en compte la distance entre ceux qui deviennent attenants lorsqu'ils sont classés alphabétiquement. Cette première manipulation paraît donc insuffisante pour contrôler les contraintes de distance alphabétique. Une nouvelle procédure est envisagée où les aspects de similarité ou de dissemblance avec certains segments de l'alphabet seront contrôlés différemment. Parallèlement, la dernière expérience tentera de vérifier si l'effet délétère d'un état émotionnel induit concerne les délais de récupération de chacun des items.

Les mesures physiologiques et l'auto-évaluation de l'état émotionnel n'ont pas permis de différencier les groupes. L'enregistrement du rythme cardiaque démontre que les exigences intrinsèques à la tâche induisent un niveau d'éveil important, rendant difficile la différenciation des modifications internes des induits par rapport aux contrôles. Les modifications physiologiques enregistrées demeurent non spécifiques et informent peu sur l'expérience émotionnelle. Notre difficulté à rendre compte des modifications de l'état émotionnel, alors même que l'altération des performances des induits démontre l'existence d'un changement, est vraisemblablement liée au caractère anxiogène de la tâche et à son effet sur les sujets contrôle qui, même sans avoir eu de feedback négatif, peuvent évaluer leur propres performances comme étant insuffisantes et témoigner, lors de l'auto-évaluation, d'un état émotionnel plutôt négatif. En revanche, l'influence, attestée plus haut, de l'induction émotionnelle sur les performances à la tâche pourrait s'expliquer par un état négatif persistant, consécutif à la manipulation effective des besoins de réussite des participants. Dans le but de résoudre cette difficulté, une nouvelle procédure d'induction, dont le principe est similaire à celle des expériences 1 et 2, est proposée dans la dernière expérience.

## 5. EXPERIENCE 5

### 5.1. Objectif de l'étude

Dans l'expérience précédente, nous avons vu que les effets visibles de la procédure d'induction émotionnelle sur les performances se manifestaient principalement par des stratégies de planification différentes selon que les items étaient plus ou moins facilement discriminés. Pour explorer la question de la structure alphabétique du matériel à rappeler sur les processus de planification, un nouveau mode de construction des listes, plus

approprié pour rendre compte des distances entre les items, est adopté. Ce nouveau contrôle permettra de réexaminer les stratégies de traitement des sujets induits et contrôle en fonction de nouvelles contraintes de planification mentale.

Cette expérience tente aussi de compléter l'étude de l'influence émotionnelle sur les différents processus de traitement contrôlé en MDT en étudiant plus finement le déroulement temporel de la restitution orale. Pour cela, le cadre théorique de Cowan (1988, 1993, 1998) offre une hypothèse intéressante sur le rôle des temps intercalés entre chaque item au cours de leur restitution. Cette hypothèse s'inscrit dans une vision hiérarchique de la mémoire où la MCT est une partie active de la MLT. La partie active se décompose en deux sous ensembles d'informations : celles qui sont prises en charge par le focus attentionnel, et celles qui sont disponibles en MCT mais maintenues en dehors du focus attentionnel. L'information maintenue en MCT correspond à une séquence d'unités temporairement actives qui déclinent rapidement si le focus attentionnel n'intervient pas pour les réactiver. Cowan (1993) suppose, par exemple, que le temps écoulé entre chaque restitution orale est mis à profit pour la réactivation successive des items. Autrement dit, ces intervalles de temps permettent la récupération des traces en MCT, et leur prise en charge par le focus attentionnel où des processus d'attention sélective sont impliqués. Selon Cowan, l'exécuteur central assurerait la recherche exhaustive et consciente des informations dans le réseau de connaissances à long terme et serait donc impliqué dans la récupération en MLT des informations utiles pour le traitement en MDT. Dans notre tâche, où le rappel nécessite l'extraction en MLT de l'ordre alphabétique, l'exécuteur central devrait donc être massivement impliqué. Aussi, la distribution des intervalles de temps inter consonnes (T.I.C.) pendant le rappel est examinée pour vérifier si la variabilité de leurs durées est affectée par l'induction.

Le même paradigme expérimental est utilisé. Notons, néanmoins, que cette tâche requiert un niveau de contrôle important qui complique le projet d'induire une émotion suffisamment intense et durable, car la mobilisation de l'attention sur la tâche limite l'ampleur des effets de l'induction. L'élévation du niveau d'éveil cognitif produit par la tâche risque effectivement d'atténuer l'influence initialement engendrée par l'induction. Pour cette raison, nous avons choisi de réitérer à plusieurs reprises l'induction au cours de la procédure pour tenter d'entretenir l'émotion induite en début d'expérience. La technique de manipulation des besoins de réussite à la tâche, utilisée précédemment, n'a pas été adoptée, car une manipulation *continue* des enjeux relatifs à la tâche est difficile à mettre en œuvre du fait de la crédibilité des informations divulguées sur les (fausses) mauvaises performances des sujets. En ce sens, nous avons préféré agir sur la durée avec un matériel anxiogène présenté sous des formes diverses à différents moments de l'expérience. Des stimulations anxiogènes visuelles et auditives ont été présentées, car l'utilisation de plusieurs modalités sensorielles nous semblaient être un bon moyen d'accroître la sensibilité des participants à l'activation émotionnelle.

Conjointement à la technique d'induction destinée à produire un état voisin de l'anxiété, la version abrégée du test de Cattell (1962) est utilisée pour évaluer l'anxiété trait des sujets. L'élaboration du test repose sur une analyse factorielle des dimensions pertinentes à l'anxiété trait, laquelle a révélé l'existence de sept facteurs explicatifs correspondant à la tension, au manque de contrôle, à la culpabilité, à la méfiance, à l'émotivité, à la timidité et à l'absence de conformité au groupe. L'utilisation du test de Cattell vise ici à contrôler l'effet de l'anxiété trait sur l'activité en MDT. Certains travaux ont déjà montré que l'anxiété trait pouvait, au même titre que l'anxiété état, affecter le stockage et la récupération en mémoire. Il est donc intéressant de vérifier l'effet conjoint de l'anxiété état et de l'anxiété trait sur l'activité cognitive. L'anxiété état et l'anxiété trait sont en effet distincts (Spielberger, 1966, 1972, 1983, cité dans Rachman, 1998). L'anxiété état est transitoire, elle apparaît face à un stimulus menaçant et se maintient sur une durée limitée après la disparition de celle-ci. L'anxiété trait réfère plutôt à une disposition individuelle à percevoir et à répondre de manière anxiouse aux événements de la vie. Les personnes dont l'anxiété trait est élevée ont généralement un seuil de réactivité plus bas face aux stimulations anxiogènes.

Les données de l'expérience précédente relatives aux contraintes de distance alphabétique incitent à poursuivre les investigations sur les différentes stratégies permettant de résoudre la tâche de rappel. Aussi, un nouveau matériel est construit pour contrôler l'effet du degré de déclassement des consonnes et de leur

distribution alphabétique dans les listes, sur les opérations contrôlées en MDT. La manipulation du degré de déclassement vise à vérifier si l'efficacité de la réorganisation alphabétique dépend de la disposition initiale des items par rapport à leur position finale, et si l'induction exerce une influence sur l'activité de planification en fonction de la quantité de manipulation requise par l'ampleur du déclassement. Le facteur distance alphabétique entre les consonnes est remplacé par un facteur d'étendue de la distribution alphabétique qui repose sur un mode de construction des listes sensiblement différent

## 5.2. Méthodologie

### 5.2.1. Participants à l'expérience

Quarante huit participants dont 41 femmes et sept hommes âgés en moyenne de 21 ans et inscrits en deuxième cycle universitaire de psychologie ont réalisé l'expérience.

### 5.2.2. Matériel expérimental

#### 5.2.2.1. Le paradigme expérimental

Pour cette tâche, similaire à celle de l'expérience précédente, 40 listes de six items ont été construites (Annexe 14). La consonne V a été exclue car elle n'appartenait à aucun segment alphabétique. Pour étudier une large part du déroulement temporel de la restitution orale et contrôler le nombre de déclassements des items dans les listes, une charge mnésique unique de six consonnes a été présentée. Parmi les 40 listes, huit ont été proposées en entraînement et 32 ont été réparties dans la phase test en quatre blocs d'essais. Dans chaque bloc d'essais, huit listes de six consonnes étaient présentées aléatoirement. Parmi les huit listes, la moitié devaient être rappelée dans l'ordre alphabétique et l'autre moitié, dans l'ordre sériel.

Pour chaque liste, le degré de déclassement des lettres et l'étendue de leur distribution alphabétique ont été manipulés. Pour contrôler le degré de déclassement des items, deux catégories de listes ont été élaborées. La première comportait des listes dans lesquelles deux consonnes au plus devaient changer de position si la liste faisait l'objet d'une réorganisation alphabétique (ex : BGCDFH). Dans la seconde catégorie, cinq items au moins devaient être déplacés pour parvenir à l'ordre alphabétique (ex : TQBRDC).

Les contraintes d'étendue de la distribution alphabétique reposaient sur une nouvelle règle de construction intégrant la structure ordonnée de l'alphabet. Cette règle permettait de manipuler les parties de l'alphabet à partir desquelles les listes étaient construites. Nous avons défini quatre segments qui correspondaient chacun à une suite de consonnes : (BCD) ; (FGH) ; (KLMN) et (PQRST). Selon la provenance des items constitutifs des listes, nous supposions qu'une part plus ou moins importante de l'alphabet stocké en MLT serait réactivée pour la réorganisation alphabétique. Les listes comprenant un petit nombre de segments de l'alphabet correspondaient aux listes possédant une *étendue restreinte*, alors que les listes comprenant un grand nombre de segments, possédaient une *étendue large*. La subdivision des consonnes en quatre segments a donc permis de définir des étendues de distribution alphabétique différentes. Les listes ayant une étendue restreinte comportaient des consonnes appartenant à deux segments différents. Les listes ayant une étendue large comprenaient des consonnes appartenant à quatre segments différents.

AB C DEF G H/J K L M NOP Q R S TU V.

*Seg.1 Seg.2 Seg.3 Seg.4*

L'hypothèse sous-jacente aux segments repose sur les notions de représentation continue (Dehaene, 1997) et de discrimination (Murdock, 1960) des items au sein d'une dimension, en l'occurrence alphabétique. Elle stipule que lorsque le nombre de segments activés est faible, le risque de confusion entre les items est plus

important, car les listes de consonnes alphabétiquement proches (listes à deux segments, ex : FKGHJM) sont plus difficilement discriminées que les listes de quatre segments (ex : CSFKNT), où les items alphabétiquement éloignés sont mieux distingués sur la dimension alphabétique. L'étendue de la distribution alphabétique déterminerait ainsi certaines propriétés responsables du caractère distinctif des items, lequel constitue un indice de récupération important.

Le mode de présentation des items est identique à l'expérience précédente. En revanche, des délais différents pour les latences au rappel sériel et alphabétique sont imposés pour inciter les participants à restituer très vite le premier item, les obligeant à réaliser la planification de l'ordre pendant la restitution orale. Cette contrainte vise à obtenir un maximum d'indices temporels sur les intervalles de récupération des items. Au rappel sériel, un délai de 1500 ms est prévu alors qu'au rappel alphabétique il est abaissé à 2500 ms, car les données de l'expérience précédente montrent qu'il faut en moyenne 2700 ms pour restituer le premier item. Ces délais sont restrictifs pour imposer une réorganisation alphabétique pendant la récupération orale, et non avant.

### 5.2.2.2. Contrôle de la qualité des listes de consonnes

La qualité respective des 32 listes construites selon les facteurs déclassement et d'étendue de la distribution alphabétique a été examinée dans une expérience de contrôle réalisée sur 31 autres participants, tous étudiants en troisième année de psychologie à l'Université Lumière Lyon 2. Le but de cette expérience contrôle était de comparer les performances à l'activité de mise en ordre alphabétique des listes destinées à la dernière expérience, à l'aide d'une tâche de rappel impliquant une activité de traitement, mais pas une activité de maintien dynamique. La tâche consistait à classer alphabétiquement six consonnes alignées conjointement sur un écran d'ordinateur. Les participants devaient pointer, avec la souris, chacun des six items dans l'ordre alphabétique. La consigne précisait que tous les items devaient être pointés et qu'il était possible de corriger le pointage au cours du rappel au cas où une erreur aurait été détectée. Une seule correction était admise. Avant d'effectuer le pointage, il était demandé aux sujets de lire à voix haute et de manière régulière la liste des six items affichés à l'écran. Les temps de latence à chaque pointage ont été enregistrés. Un questionnaire de fin d'expérience, présenté sous forme d'échelles en quatre points (Annexe 15), a permis d'estimer pour chacune des 32 listes, si leur mise en ordre alphabétique était plutôt rapide ou plutôt longue à réaliser mentalement.

L'examen des performances à la tâche révèle que les taux d'erreurs de pointage et de corrections d'erreurs, présentés dans le tableau 5.1., sont relativement bas :

|                   | Erreurs de pointage | Corrections d'erreurs |
|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Moyenne           | 10,89%              | 9,68%                 |
| <i>Ecart type</i> | 6,14                | 6,47                  |

Tab. 5.1.—Taux moyens d'erreurs de pointage et de corrections d'erreurs

Les valeurs du tableau attestent d'un niveau de performance relativement bon et suggèrent que l'activité de mise en ordre alphabétique est tout à fait réalisable.

L'analyse des latences repose sur la distinction entre les latences au pointage *correct* du premier item, et la durée de la réponse calculée en soustrayant la latence de la première consonne à celle de la sixième, sans tenir compte du temps de correction préalable éventuel. La latence au pointage traduit le temps nécessaire pour sélectionner la consonne pertinente alors que la durée de réponse, qui écarte les corrections d'erreurs (peu nombreuses), traduit la durée de la réorganisation alphabétique complète des items.

L'analyse de la variance des latences au pointage met en évidence les effets principaux de l'étendue ( $F(1,25)$ note25 = 40,85 ;  $p = .0001$ ) et du déclassement ( $F(1,25) = 10,56$  ;  $p = .0033$ ). Le premier effet indique

que la latence au pointage est plus longue en condition d'étendue restreinte (5444 ms) qu'en condition d'étendue large (4618 ms) et le second révèle que le pointage du premier item est plus rapide (4903 ms) pour les listes peu déclassées que pour les listes très déclassées (5159 ms). L'interaction entre les facteurs étendue et déclassement, illustrée en figure 5.1., est significative ( $F(1,25) = 24,72$ ;  $p = .0001$ ) et révèle que le pointage est particulièrement long pour les listes très déclassées avec une étendue alphabétique restreinte. Elle montre que les facteurs étendue et déclassement ne sont pas indépendants et que l'effet du croisement des modalités les plus difficiles maximise les temps de pointage du premier item.

L'analyse de la durée des réponses révèle l'existence des effets principaux de l'étendue ( $F(1,30) = 56,75$ ;  $p = .0001$ ) et du déclassement ( $F(1,30) = 12,04$ ;  $p = .0016$ ). Le premier effet indique, contrairement à celui observé sur les latences au pointage du premier item, que la durée de réorganisation alphabétique complète des listes est plus longue en condition d'étendue large (6272 ms) qu'en condition d'étendue restreinte (5033 ms). Le second révèle, pareillement à l'effet observé sur les latences au pointage, que la durée de réorganisation alphabétique est plus longue lorsque les listes sont très déclassées (5834 ms) que lorsqu'elles sont peu déclassées (5472 ms). L'interaction entre les deux facteurs, illustrée par la figure 5.2., est significative ( $F(1,30) = 5,51$ ;  $p = .0256$ ). Elle révèle que contrairement à la condition d'étendue large, où les durées de réponse sont équivalentes quel que soit le degré de déclassement, celles-ci varient en condition d'étendue restreinte dans le sens d'une réorganisation plus longue des listes très déclassées. De nouveau, cela montre que les facteurs sont interdépendants.

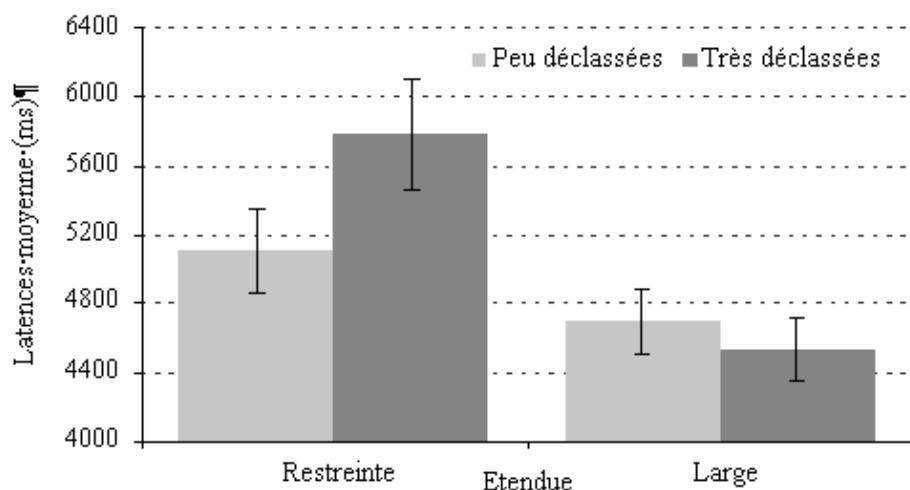


Fig. 7.1.—Effet de l'interaction entre l'étendue et le déclassement sur les latences au pointage du premier item

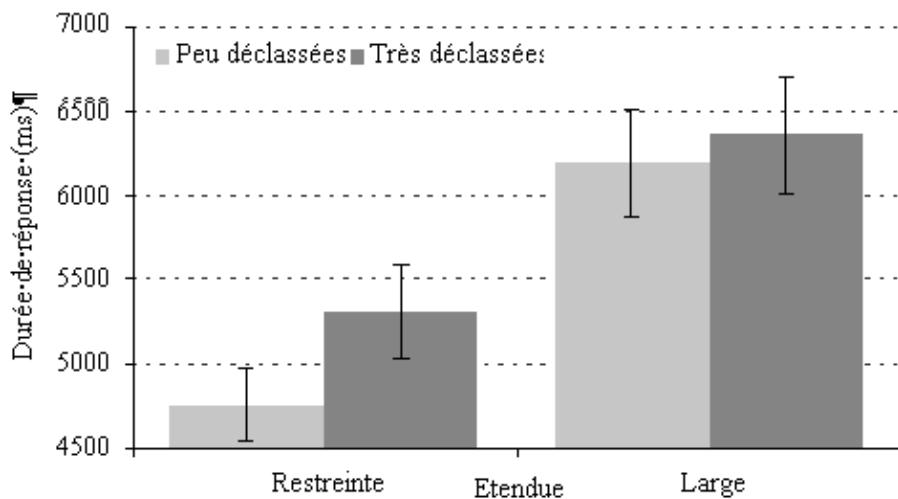


Fig. 7.2.—Effet de l’interaction entre l’étendue et le déclassement sur les durées de réponse

L’examen de l’évaluation subjective de la durée de mise en ordre alphabétique (questionnaire), met en évidence des patrons de résultats similaires à ceux observés pour la durée des réponses. Les participants jugent les listes ayant une étendue alphabétique large plus longues à réorganiser que celles ayant une étendue restreinte ( $F(1,30) = 37,24$  ;  $p = .0001$ ). Par ailleurs, les listes peu déclassées sont estimées plus rapides à réorganiser que les listes très déclassées ( $F(1,30) = 19,44$  ;  $p = .0001$ ). Une interaction significative entre ces deux facteurs ( $F(1,30) = 18,14$  ;  $p = .0002$ ) révèle le même profil de résultat que celui de la figure 5.2.

La comparaison des performances au rappel alphabétique selon les conditions d’étendue de la distribution alphabétique et de déclassement révèle trois phénomènes importants. Premièrement, les hypothèses relatives aux effets respectifs de l’étendue et du degré de déclassement sont validées. Ces effets peuvent aussi être interprétés selon l’hypothèse de balayage intégral de Sternberg (1966, cité dans Gaonac’h & Larigauderie, 2000), compatible avec notre première description, où la recherche de l’item pertinent s’effectuerait par le passage en revue de *tous* les items. La latence au pointage servirait au repérage des bornes de la distribution d’items alors que la durée de la réponse équivaudrait au balayage intégral de la liste. Selon que le niveau de discrimination des items requiert ou non des opérations contrôlées de comparaison, des mécanismes parallèles ou séquentiels interviendraient pour le pointage du premier item pertinent. Une étendue restreinte nécessiterait l’intervention de mécanismes séquentiels contrôlés alors qu’une étendue large ferait appel à des mécanismes parallèles plus automatiques. Ensuite, selon le degré d’élaboration des traitements impliqués dans le pointage du premier item, on assisterait à un effet de compensation entre la durée des latences et la durée des réponses. Un premier pointage séquentiel et contrôlé favoriserait une réponse plus rapide, alors qu’un premier pointage automatique et rapide nécessiterait une récupération plus longue des consonnes restantes. Deuxièmement, la distinction opérée entre la latence au pointage et la durée des réponses est utile parce qu’elle montre qu’en fonction des différentes étapes de la mise en ordre alphabétique, le facteur étendue n’a pas les mêmes effets. Ainsi, pour des items peu discriminés mais proches sur la dimension alphabétique (étendue restreinte), la sélection de la première consonne pertinente est plus longue, alors que la réorganisation ultérieure est plus rapide en comparaison avec la condition d’étendue large où le niveau de discrimination est grand et l’éloignement sur la dimension alphabétique, plus important. Le facteur étendue de la distribution alphabétique semble donc constituer une propriété importante de différenciation entre les items. Enfin, ce contrôle révèle que les facteurs étendue et déclassement ne sont pas indépendants.

### 5.2.2.3. La technique d’induction émotionnelle

La méthode utilisée consiste à présenter un matériel anxiogène, sans consignes explicites pour se mettre dans un état donné. Plusieurs stimuli anxiogènes ou neutres sont présentés visuellement et auditivement entre les

blocs d'essais. Ils correspondent à des extraits musicaux et des images (Annexe 16). Selon la condition d'induction émotionnelle, les stimuli présentés évoquent des scènes visuelles et sonores inquiétantes ou ordinaires. En condition d'induction négative, quatre extraits musicaux différents de la bande originale du film « Sombre »<sup>note26</sup> sont émis dans un casque audio simultanément à l'apparition d'une image représentant une scène de meurtre<sup>note27</sup>. En condition neutre, les quatre extraits musicaux sélectionnés proviennent d'une bande originale de film<sup>note28</sup>, évoquant des scènes de tournage et des discussions (en américain) entre deux personnages, à Las Vegas. Ces extraits sonores sont accompagnés d'une image<sup>note29</sup> représentant un homme et une femme bavardant dans la rue.

#### **5.2.2.4. Contrôle de l'anxiété état et de l'anxiété trait**

##### **5.2.2.4.1. Le contrôle de l'état émotionnel**

Ce contrôle est réalisé en début d'expérience puis à la suite de la première présentation des stimuli anxiogènes ou neutres sur nos huit échelles d'adjectifs.

L'analyse factorielle en composantes principales des scores obtenus par les sujets induits et contrôle aux deux moments de l'auto-évaluation (Annexe 17) met en évidence deux principaux facteurs. Le premier, qui explique 34% de la variance des scores, semble traduire la modification de l'état émotionnel des participants dans le sens d'une élévation du niveau d'anxiété conjointement à une réduction du niveau de détente entre le début de l'expérience et la fin de la phase d'induction (négative ou neutre). Une analyse de la variance réalisée sur les notes en facteur ne montre toutefois pas d'effet de l'induction émotionnelle. En revanche, le second facteur, qui permet d'expliquer 16 % de la variance restante, oppose, comme pour les trois premières expériences, les adjectifs congruents et les adjectifs non congruents avec un état d'anxiété, ce qui permet de valider la structure bipolaire de notre outil d'auto-évaluation. L'analyse de la variance effectuée sur les notes en facteur révèle un effet significatif du facteur induction ( $F(1,46) = 36,19; p=.0001$ ), indiquant que les deux groupes se distinguent sur la valence associée à leur état émotionnel. Plus précisément, une ANOVA complémentaire réalisée sur les scores brutes des sujets induits et contrôle avant et après l'induction atteste d'une interaction significative entre le moment de l'auto-évaluation, l'induction et le type d'échelle d'adjectif ( $F(1,46) = 4,72; p=.0001$ ).

Ces résultats permettent de distinguer les deux groupes sur les échelles d'auto-évaluation. De plus, l'examen des données subjectives recueillies en fin d'expérience attestent d'une expérience émotionnelle différentes entre les deux groupes (Annexe 18). À la question 'qu'avez vous ressenti au cours de l'écoute des séquences sonores'<sup>note30</sup>, 72% des sujets induits ont répondu avoir éprouvé de l'angoisse, un certain malaise, un stress et de l'agacement, alors que 64 % des sujets contrôle ont répondu avoir éprouvé de la détente, de l'amusement et un sentiment agréable. Ces témoignages confirment que le matériel utilisé pour l'induction négative et neutre est conforme aux buts recherchés.

##### **5.2.2.4.2. Le contrôle de l'anxiété trait**

L'anxiété globale des participants a été mesurée à l'aide du test de Cattell (1962)<sup>note31</sup>. Celui-ci a constitué un outil complémentaire pour comparer les performances des sujets plutôt anxieux à celles des moins anxieux, avec l'hypothèse que les premiers seraient plus sensibles à l'induction et obtiendraient des performances au rappel moins bonnes. Les réponses de chaque sujet aux 40 items du test de Cattell ont été codées pour obtenir une note finale brute qui a été comparée à la table d'étalonnage de Cattell (Annexe 19). Dans cette table, nous avons sélectionné, pour chaque sexe, une note limite en fonction de l'effectif ayant obtenu cette note. Les valeurs 33 pour les hommes et 37 pour les femmes correspondaient à une note totale d'anxiété en dessous de laquelle 58 % de la population se situait. Dans l'expérience, les sujets masculins dont la note d'anxiété était égale ou supérieure à 33 et les sujets féminins dont la note d'anxiété était égale ou supérieure à 37, ont été considérés comme plutôt anxieux. Cette répartition montre que 53,2 % des sujets ont une anxiété trait élevée (a+) contre 46,8 % faible (a-).

### 5.2.3. Procédure expérimentale

La passation est individuelle. Elle débute par une description des différentes étapes de l'expérience toutes entièrement informatisées. Suite à cette présentation, le sujet répond d'abord au test de Cattell (1962) à l'aide du clavier de l'ordinateur, puis évalue son état émotionnel sur les échelles d'adjectifs. Une série d'instructions lui indique qu'il doit se munir d'un casque audio pour effectuer l'entraînement où il est demandé de restituer le plus rapidement et le plus exactement possible les items dans l'ordre demandé. Ensuite, une première séquence sonore accompagnée d'une image est présentée. Cette séquence sonore dure 51 secondes et l'image reste affichée pendant toute la durée de son émission. À la fin de cette présentation, qui selon la condition d'induction possède ou non un caractère anxiogène, le sujet évalue une nouvelle fois son état émotionnel à partir des mêmes adjectifs présentés dans un ordre différent. Une fois l'auto-évaluation réalisée, la tâche peut commencer. Elle est précédée du rappel des instructions et se découpe en quatre blocs d'essais. Après chaque bloc, le programme de l'expérience initie automatiquement l'apparition de l'image et l'émission d'un extrait sonore par inter bloc. Pour les deux conditions d'induction, l'ordre de présentation des stimuli auditifs est aléatoire. L'expérience se termine par un débriefing des sujets induits dans un état négatif et par une explication générale des objectifs de l'étude.

### 5.2.4. Plan d'expérience et variables dépendantes

Le plan d'expérience est mixte. Il comporte un facteur inter sujet : l'induction émotionnelle (neutre vs. négative), et trois facteurs intra sujet qui comportent chacun deux modalités différentes : le Rappel (Sériel vs. Alphabétique), l'Étendue de la distribution Alphabétique (Restreinte vs. Large) et le Déclassement ( $\geq 2$  items vs.  $\leq 5$  items).

**Sujets 24 <Induction<sub>2</sub>> \* Rappel<sub>2</sub> \* Étendue<sub>2</sub> \* Déclassement<sub>2</sub>**

L'effet des facteurs est mesuré sur les erreurs de rappel et de planification, les latences et la variance de la durée moyenne des temps inter consonnes (T.I.C.). La mesure des T.I.C. repose sur le calcul des valeurs d'écart type de la distribution des cinq durées moyennes inter consonnes pour un rappel. Le calcul s'opère en pointant tous les items restitués oralement. Chacun d'eux constitue une borne temporelle à laquelle est associée une valeur. Pour calculer les T.I.C., la valeur temporelle de l'item le plus ancien est soustrait à celle du plus récent.

Exemple :



|                    | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|
| Consonnes          |    |    |    |    |    |    |
| Bornes temporelles | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t6 |

La variabilité des T.I.C. traduit la constance du déroulement temporel du rappel et rend compte de la fluence des processus. Une variance élevée traduit une planification irrégulière, une variance faible traduit une planification régulière.

### 5.3. Prédictions

- Hypothèse 1 : Les listes très déclassées avec une étendue restreinte devraient affecter le rappel alphabétique et augmenter la variance des T.I.C.
- 
- Hypothèse 2 : Cet effet perturbateur des contraintes liées à la structure des listes devrait être plus marqué chez les sujets induits par rapport aux sujets contrôle.
- 
- Hypothèse 3 : Les sujets induits à l'anxiété trait élevée devraient montrer une aggravation de leurs performances par rapport aux sujets induits non « anxieux ».

## 5.4. Résultats

Les données d'un participant ont été exclues des analyses parce qu'il n'a pas respecté les consignes de délais de réponse. Les premiers résultats concernent l'influence des contraintes liées à la structure des listes sur les performances au rappel alphabétique uniquement. En effet, une estimation du taux de valeurs manquantes selon les conditions expérimentales a révélé la répartition suivante :

| Rappel alphabétique |               |                    |               | Rappel Sériel |              |             |              |
|---------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| Etendue restreinte  | Etendue large | Etendue restreinte | Etendue large | peu déclas.   | très déclas. | peu déclas. | très déclas. |
| 13,43%              | 9,45%         | 10,45%             | 6,97%         | 21,39%        | 14,93%       | 10,95%      | 12,44%       |

Tab. 5.2.—Répartition (%) des latences manquantes au rappel du premier item

De nouveau, le tableau de répartition des latences manquantes indique que les délais de réponse imposés au rappel sériel provoquent un plus grand nombre d'absences de réponse, en particulier pour la condition d'étendue restreinte peu déclassée. Ce déséquilibre entre les conditions de rappel, qui rend impossible l'analyse de la variance lorsque les valeurs manquantes ne sont pas substituées par une valeur moyenne<sup>note32</sup>, nous contraint une nouvelle fois à ne pas introduire les données au rappel sériel dans les analyses de la variance. Cette suppression n'a pas de conséquence sur la validation des hypothèses car celles-ci concernent le rappel alphabétique. L'augmentation marginale du nombre d'absences de réponse au rappel sériel suggère toutefois que les sujets ont des difficultés à modifier leur critère de planification en fonction de l'ordre demandé. Ce phénomène peut être rapproché des performances à la tâche de *Random Generation* dont Baddeley (1986) suppose qu'elles reposent sur les fonctions de planification et de contrôle de l'exécuteur central. Le manque de réponse au rappel sériel peut donc être envisagé comme une difficulté à initier l'ordre de planification demandé. Une autre hypothèse, congruente avec la précédente est que les sujets tentent d'anticiper sur le rappel à venir en estimant les chances pour que tel ou tel ordre soit demandé. Cette anticipation les conduirait à commencer la mise en ordre des items sans attendre le signal, risquant ainsi de provoquer une interférence et un ralentissement de la réponse (donc un dépassement des délais, d'autant plus fréquent avec des délais courts) si le signal indique un ordre de rappel contraire à celui pronostiqué.

L'estimation des valeurs manquantes par sujet révèle que 13 d'entre eux (dix induits et trois contrôle) ont obtenu un nombre de valeurs manquantes supérieur à cinq<sup>note33</sup>. Parmi ces 13 sujets, quatre induits ont été exclus des analyses car ils obtenaient les plus forts taux de valeurs manquantes (12 en moyenne sur 32 essais). Cette suppression ne déséquilibre pas les effectifs qui sont de 21 sujets induits et 22 contrôle. Notons enfin que le décompte des valeurs manquantes révèle qu'une majorité d'induits (10 sur 13) ne parviennent pas à respecter les délais au rappel sériel. À supposer que cette difficulté soit liée à l'hypothèse d'une stratégie d'anticipation des réponses spécifique aux sujets induits, cela n'exclue pas la possibilité que le nombre

important de dépassement des délais de réponse puisse être également lié au caractère trop bref de la phase d'entraînement.

## **5.4.1. Les performances au rappel alphabétique**

### **5.4.1.1. La qualité du rappel**

#### **5.4.1.1.1. Le taux d'erreurs de rappel**

L'analyse de la variance ne montre pas d'effet de l'étendue de la distribution alphabétique. En revanche, l'effet principal du déclassement est significatif ( $F(1,42) = 5,46$ ;  $p = .0243$ ) et indique, contrairement à l'effet attendu, que les listes peu déclassées provoquent légèrement plus d'erreurs (38 %) que les listes très déclassées (34 %). L'interaction entre l'étendue et le degré de déclassement n'est pas significative.

#### **5.4.1.1.2. Le taux d'erreurs de planification**

L'analyse de la variance du taux d'erreurs de planification en fonction de l'étendue de la distribution alphabétique et du degré de déclassement ne révèle aucun effet significatif. L'examen complémentaire de l'exactitude du premier item est réalisé pour vérifier si la sélection de l'item pertinent pour le rappel est affecté par la structure des listes.

#### **5.4.1.1.3. L'exactitude du premier item au rappel alphabétique**

Elle est exprimée en taux d'erreurs de positionnement du premier item. L'effet principal de l'étendue est significatif ( $F(1,42) = 40,96$ ;  $p = .0001$ ) et montre que les erreurs de positionnement du premier item sont plus élevées en condition restreinte (45%) que large (24%). Les résultats ne révèlent pas d'effet principal du facteur déclassement ni d'interaction entre les deux facteurs de structure de liste.

Les données disponibles montrent que les opérations dynamiques de stockage et de sélection de l'item pertinent sont affectées par la variation de structure des listes. Pour vérifier comment ces contraintes influencent l'exactitude des items pour chacune des positions au rappel alphabétique, une nouvelle analyse est conduite.

#### **5.4.1.1.4. Exactitude du rappel selon l'ordre des positions demandées au rappel alphabétique**

L'examen repose sur un codage binaire (0 ou 1) de l'exactitude des réponses à chaque position du rappel alphabétique. Les résultats sont convertis en taux d'erreurs de rappel et révèlent une interaction significative entre le facteur étendue et les positions sérielles ( $F(5,210) = 26,15$ ;  $p = .0001$ ). Cette interaction est illustrée en figure 7.3. où l'on constate que le profil d'erreurs diffère selon l'étendue de la distribution alphabétique.

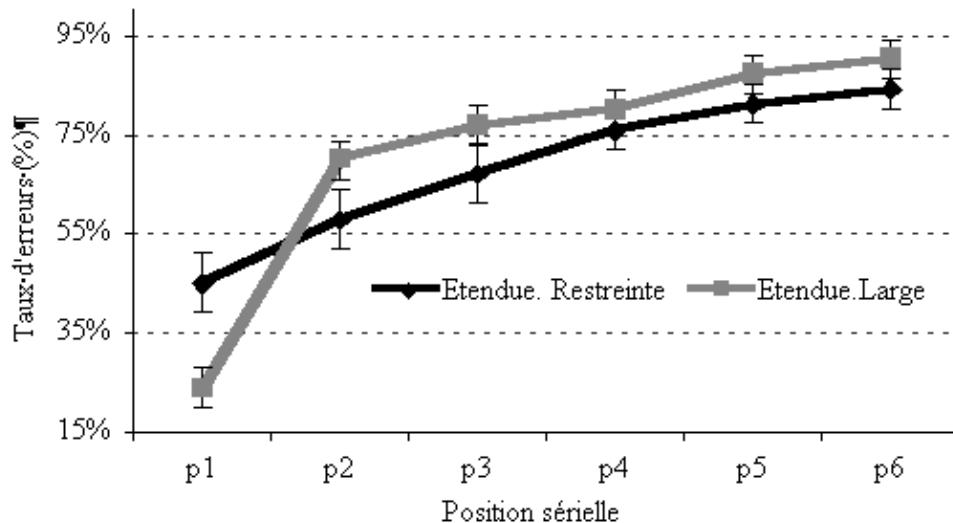


Fig. 7.3.—Effet de l’interaction entre l’étendue de la distribution alphabétique et la position sérielle sur les erreurs de rappel

En condition d’étendue restreinte, on voit que l’élévation du taux d’erreurs de rappel est relativement linéaire et progressive alors qu’en condition d’étendue large, le passage de la première position sérielle à la seconde est marquée par une majoration (+46%) des erreurs. Il n’existe pas d’autres effets significatifs.

La figure 7.3. montre que le taux d’erreurs moyen frôle 80% au quatrième item et dépasse 90% pour les derniers. Cela soulève donc la question du nombre *total* d’items restitués à chaque essai et nécessite une estimation de leur quantité. Celle-ci montre que les sujets rappellent en moyenne quatre items et demi sur six. Cela signifie que pour certains sujets, il est impossible de recueillir la durée de tous les T.I.C. Nous avons alors réalisé une analyse en utilisant les données des sujets dont le nombre d’items rappelés était supérieur ou égal à cinq pour chacune des conditions expérimentales. Les données de 21 sujets dont 10 induits et 11 contrôle, ont pu être intégrées dans cette analyse.

#### 5.4.1.2. Le décours temporel du rappel alphabétique

##### 5.4.1.2.1. La variance des temps moyens inter consonnes (T.I.C.)

L’analyse de la variance des T.I.C ne révèle aucun effet significatif. Néanmoins, leur durée respective est examinée pour vérifier les stratégies de réponse adoptées.

##### 5.4.1.2.2. Les durées moyennes respectives des quatre T.I.C

L’analyse révèle les effets principaux des T.I.C. ( $F(3,60) = 5,22$  ;  $p = .0029$ ) et de l’étendue de la distribution alphabétique ( $F(1,20) = 11,49$ ;  $p = .0029$ ). Le premier effet, illustré en figure 5.4., montre une élévation puis une décroissance des T.I.C. au cours du rappel.

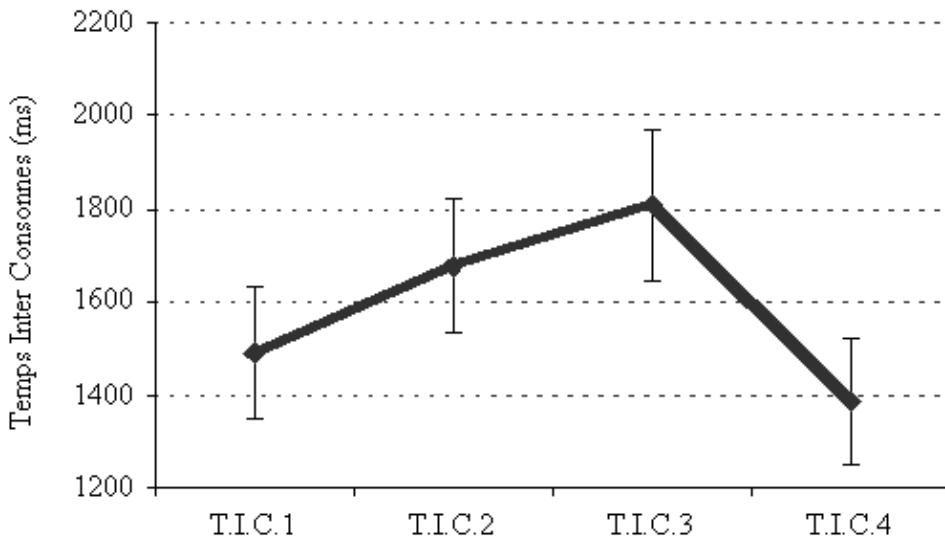


Fig. 7.4.—Effet principal de la position des T.I.C. sur leur durée respective

Cette rupture de rythme entre le troisième et le quatrième item suggère que la restitution opère sur la base d'un regroupement d'items. Plus précisément, ce patron de résultat peut être interprété comme l'indice d'une augmentation progressive du temps de récupération des items provoqué par des contraintes de répétitions mentales et de sélection du bon item en fonction de l'ordre alphabétique. L'abaissement de la durée du dernier T.I.C. s'expliquerait parce que le stock phonologique ne contiendrait plus qu'une consonne, ce qui faciliterait sa vitesse de récupération. L'effet principal de l'étendue montre que les T.I.C. sont plus longs en condition large (1716 ms) qu'en condition restreinte (1466 ms). L'effet principal du déclassement n'est pas significatif.

Pour compléter l'examen des T.I.C., l'analyse des latences au rappel du premier item est réalisée sur l'ensemble des sujets.

#### 5.4.1.2.3. Latence au rappel de la première consonne

L'examen des latences au rappel alphabétique du premier item révèle un effet significatif de l'étendue de la distribution alphabétique ( $F(1,14) = 12,8$ ;  $p = .0037$ ) contraire à celui observé sur les T.I.C. En effet, les résultats indiquent que les latences sont plus longues en condition d'étendue restreinte (1236 ms) que large (1065 ms).

L'ensemble de ces données montre que l'étendue de la distribution alphabétique engage des processus distincts pour la planification de l'ordre alphabétique. Voyons à présent quelle est l'influence de l'induction émotionnelle sur ces processus.

### 5.4.2. Les effets de l'induction émotionnelle

#### 5.4.2.1. La qualité du rappel alphabétique

L'effet principal de l'induction n'est pas significatif, ni sur la qualité du rappel ni sur la qualité de la planification alphabétique. En revanche, il est significatif sur le taux d'erreurs de positionnement au rappel du premier item ( $F(1,41) = 5,18$ ;  $p = .0282$ ) et indique que les sujets induits rappellent avec exactitude 61 % des premiers items contre 70 % chez les contrôle. L'analyse complète de la qualité du rappel sur l'ensemble des positions sérielles montre, en figure 5.5., une interaction presque significative entre les positions sérielles et l'induction ( $F(5,205) = 2,10$ ;  $p = .0669$ ), laquelle interaction vient compléter les résultats précédents en indiquant que la qualité du rappel des sujets induits tend à être affectée pour les premières consonnes

uniquement.

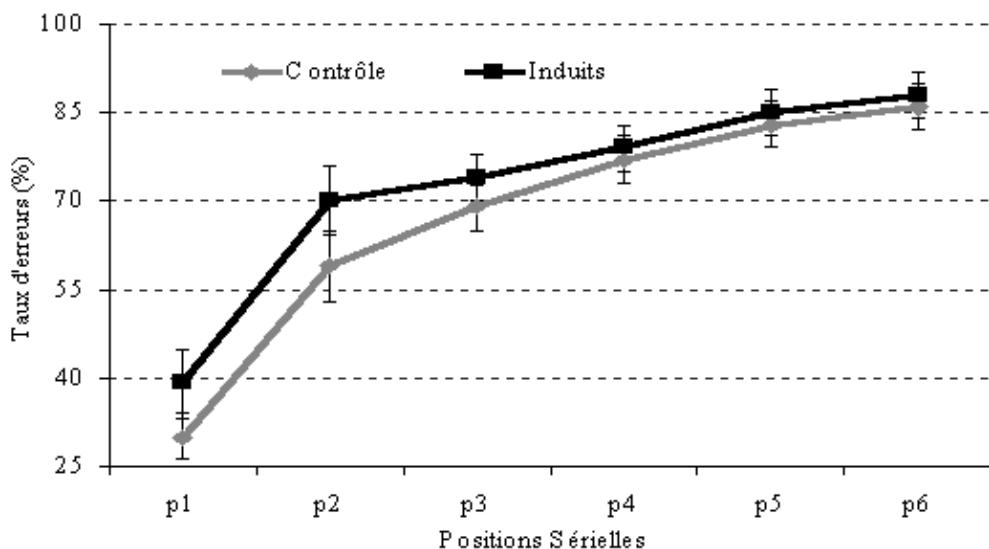


Fig. 7.5.—Effet de l'interaction entre l'induction et les positions sérielles sur la qualité du rappel

#### 5.4.2.2. Le décours temporel du rappel alphabétique

Il n'existe aucun effet significatif de l'induction sur la variance des T.I.C. ou sur leur durée moyenne respective. L'analyse des latences au rappel du premier item ne montre pas non plus d'effet significatif de l'induction.

En résumé, l'induction affecte surtout le maintien dynamique des items. Aussi, pour vérifier si ces erreurs produites sur les premiers items interrompent le rappel, le nombre total d'items restitués est examiné pour les deux groupes expérimentaux.

#### 5.4.2.3. Examen du nombre d'items restitués

Cet examen s'appuie sur le dénombrement de tous les items rappelés et montre qu'il existe une interaction significative entre l'induction et le facteur étendue ( $F(1,41) = 4,36$  ;  $p = .0430$ ). Cette interaction est illustrée en figure 7.6. et révèle que les induits ont un rappel appauvri en condition d'étendue restreinte par rapport aux sujets contrôle alors qu'il n'existe pas de différence entre les groupes pour la condition d'étendue large.

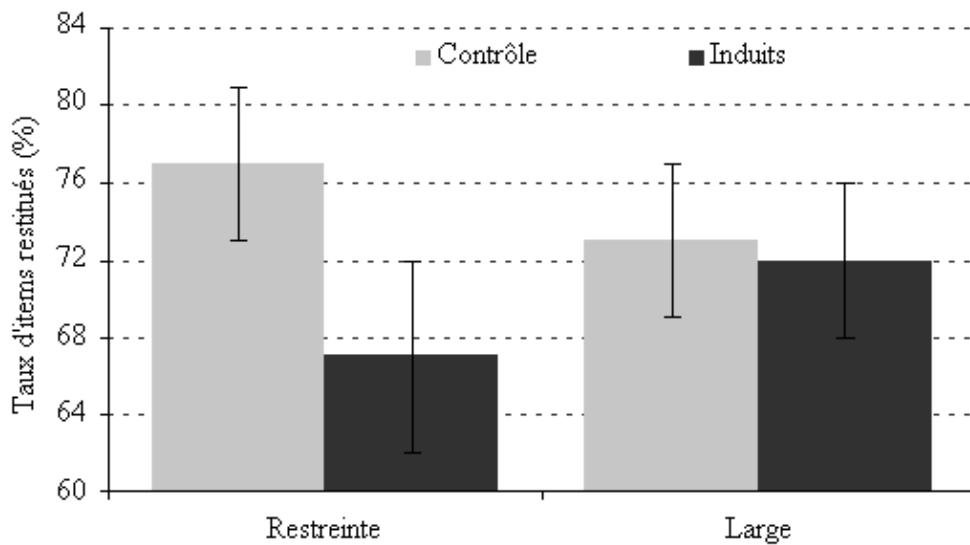


Fig. 7.6.—Effet de l’interaction entre l’induction et l’étendue de la distribution alphabétique sur le nombre d’items restitués

### 5.4.3. Effets de l’anxiété trait

Pour finir, les effets de l’induction combinée à l’anxiété trait sont étudiés. Au préalable, les effets de l’anxiété trait sur les performances à la tâche sont présentés.

Les scores au test de Cattell ont permis de distinguer 23 sujets à l’anxiété trait élevée (a+) et 20 sujets à l’anxiété trait faible (a-). Les analyses des erreurs de rappel, de l’exactitude du rappel en fonction des positions sérielles et du nombre d’items restitués ne montrent aucun effet significatif. En revanche, l’effet de l’anxiété trait est significatif sur les erreurs de planification ( $F(1,14) = 5,84$  ;  $p = .0299$ ) et révèle que les sujets a+ font plus d’erreurs de planification (60%) que les sujets a- (45%). L’examen de la variance des T.I.C. sur un échantillon réduit de 22 sujets dont 11 a+ et 9 a- révèle un effet principal de l’anxiété trait ( $F(1,19) = 6,23$  ;  $p = .0219$ ) qui met en évidence une variance des T.I.C. plus importante chez les sujets a- que les a+. Il existe aussi une interaction presque significative entre la durée moyenne des quatre T.I.C. et l’anxiété trait ( $F(3,57) = 2,60$  ;  $p = .0608$ ) qui complète le résultat précédent et montre (figure 7.7.) que les sujets a+ ont une cadence de rappel beaucoup plus courte et régulière que les sujets a-.

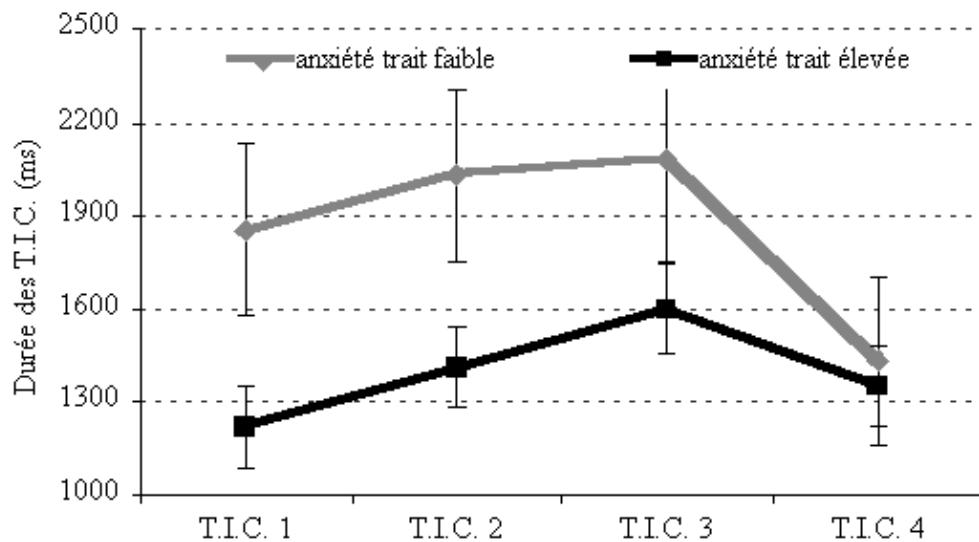


Fig. 7.7.—Effet de l’interaction entre la durée moyenne des quatre premiers T.I.C. et l’anxiété trait sur le déroulement du rappel

Enfin, l’analyse complémentaire des latences au rappel du premier item met en évidence une interaction significative entre l’étendue de la distribution alphabétique et l’anxiété trait ( $F(1,13) = 6,57$  ;  $p = .0236$ ). Elle montre, en figure 7.8., que les sujets *a+* mettent plus de temps à restituer le premier item en condition d’étendue large par rapport aux sujets *a-*.

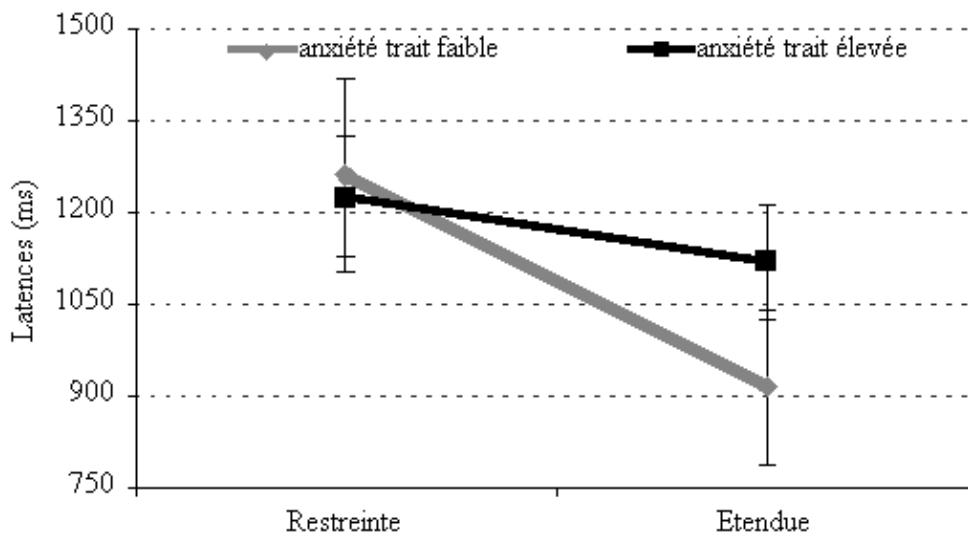


Fig. 7.8.—Effet de l’interaction entre l’étendue de la distribution alphabétique et l’anxiété trait sur les latences au rappel du premier item

#### 5.4.4. Effet conjoint de l’induction et de l’anxiété trait élevée

Bien que non contrôlée a priori, la répartition des sujets *a+* et *a-* est équilibrée dans les deux groupes et correspond aux proportions suivantes :

| Sujets Contrôle |           | Sujets Induits |           |
|-----------------|-----------|----------------|-----------|
| <b>22</b>       |           | <b>21</b>      |           |
| <i>a+</i>       | <i>a-</i> | <i>a+</i>      | <i>a-</i> |
| <b>11</b>       | <b>11</b> | <b>12</b>      | <b>9</b>  |

Tab. 5.3.—Répartition des sujets à l'anxiété trait élevé (a+) ou faible (a-) dans les groupes induit et contrôle

Toutefois, contrairement à nos prédictions, l'imbrication du facteur anxiété trait au facteur induction ne révèle aucune effet significatif sur les performances au rappel. Le calcul de la corrélation entre les scores au test de Cattell et la valeur différentielle du score d'anxiété note<sup>34</sup> met en évidence un coefficient de corrélation significatif ( $p=.0248$ ) égal à  $-.341$ . Cette corrélation négative indique que plus le score au Cattell est élevé, moins la valeur différentielle d'anxiété est grande. Autrement dit, les sujets *a+* ont un niveau d'anxiété auto-évalué déjà haut avant même de commencer la tâche. Ils ne témoignent ensuite, lors de la seconde auto-évaluation, que d'une faible variation de leur état émotionnel. Ainsi, bien qu'elle se manifeste au cours de la première auto-évaluation, l'anxiété trait ne semble pas renforcer les effets de l'induction émotionnelle.

## 5.5. Discussion

L'examen des performances à la tâche valide partiellement l'hypothèse d'une influence de la structure des listes sur la qualité du rappel alphabétique. En effet, les données montrent, comme attendu, qu'une étendue restreinte affecte l'exactitude du premier item restitué, confortant ainsi l'hypothèse d'un 'effet de distance' propre à déterminer le caractère plus ou moins distinctif des items les uns par rapport aux autres. En revanche, l'effet du facteur déclassement n'est pas significatif, excepté sur le taux d'erreurs de rappel où l'on constate que les performances sont légèrement meilleures lorsque les listes sont très déclassées. Cette différence inattendue reste toutefois maigre (4%) et isolée. En ce qui concerne la durée des processus de réponse, les données montrent que la variabilité des T.I.C. n'est pas affectée par la structure des listes mais qu'en revanche, leur durée moyenne diminue en condition d'étendue restreinte, alors que les latences au rappel du premier item augmentent. Ce profil de résultat est similaire à celui de l'expérience contrôle où nous avons montré que l'étendue de la distribution alphabétique des items constituait un indice de discrimination utile pour leur récupération. Cet indice, selon qu'il implique des mécanismes séquentiels ou parallèles pour le repérage des premiers items, accélère ou, au contraire, ralentit la récupération des items subséquents. Enfin, les contraintes du facteur de l'étendue de la distribution alphabétique confortent l'idée que la réorganisation des items repose sur un processus plus ou moins contrôlé de comparaison avec l'alphabet.

Globalement, nous n'observons pas d'effet notable du facteur déclassement sur les performances au rappel alphabétique alors même que l'expérience contrôle révèle un effet sur la qualité du pointage alphabétique. Notre hypothèse est que, contrairement à la réorganisation mentale, l'activité de pointage est tributaire du balayage visuel et moteur imposé par l'ordre de classement des items présentés en ligne. Il est donc possible que l'effet du degré de déclassement observé dans l'expérience contrôle s'explique davantage par les mouvements oculaires et moteurs nécessaires au pointage des items.

Les résultats relatifs au contrôle de l'état émotionnel attestent d'un plus fort niveau d'anxiété chez les sujets induits comparativement aux sujets contrôle. Par ailleurs, lorsqu'il est demandé aux participants d'exprimer ce qu'ils ont ressenti face au matériel inducteur, les induits disent avoir été angoissé, mal à l'aise, stressé ou agacé alors que les contrôle répondent avoir éprouvé une certaine forme de détente.

L'analyse des effets de l'induction révèle que les induits restituent avec moins d'exactitude les premiers items au rappel alphabétique. Ce déficit de sélection en fonction d'un critère d'ordre donné est associé à la réduction du nombre d'items restitués en condition d'étendue restreinte. L'appauvrissement du rappel en situation de discrimination difficile valide donc en partie l'hypothèse selon laquelle l'effet des contraintes de structure de

liste est plus marqué sur les performances des sujets induits. On peut interpréter cet effet de potentialisation de l'état émotionnel comme la conséquence d'un 'déficit' de l'exécuteur central qui, selon Cowan (1988), assure la recherche exhaustive et consciente des informations en MLT utiles pour le traitement en MDT. Plus exactement, ces résultats sont cohérents avec l'idée que l'induction émotionnelle provoque une modification de la planification des opérations de traitement contrôlées qui se traduit par des stratégies de traitements spécifiques. Celles-ci, contrairement à l'expérience précédente, s'observent sur la qualité du rappel et non sur la durée des processus de réponse. Cette inconsistance apparente entre les résultats des deux dernières expériences peut toutefois trouver une explication dans la technique d'induction utilisée. L'état négatif induit dans l'expérience précédente reposait sur des enjeux de réussite et d'estime de soi favorisant l'activation des traits de personnalité anxieux. Partant de cette hypothèse, nous proposons d'établir un rapprochement entre les données de l'expérience précédente, révélant des stratégies de planification qui se traduisent chez les sujets induits par un rappel plus rapide mais moins précis, et les résultats observés chez les sujets à l'anxiété trait élevé (a+).

Le contrôle de l'anxiété trait offre en effet des éléments de compréhension intéressants sur les stratégies de traitement en fonction du score obtenu au test de Cattell. Nos données montrent que les sujets *a+* ont bien plus de difficulté à ordonner correctement les items dans l'ordre alphabétique que les sujets *a-*. Ainsi, l'anxiété trait perturbe principalement les processus exécutifs impliqués dans la planification de l'ordre alphabétique. Nos résultats indiquent, par ailleurs, qu'elle écourt et aplani la valeur de la durée des T.I.C. Mis en relation avec la détérioration de la planification de l'ordre alphabétique des items, ce phénomène d'harmonisation des T.I.C. vient soutenir l'hypothèse de Cowan (1988) selon laquelle le temps écoulé entre le rappel de chaque item peut être mis à profit pour la réactivation et la récupération successives des items. Ainsi, le profil des performances des sujets *a+* peut s'expliquer par une réduction inappropriée des T.I.C. utiles à la récupération ordonnée et successive des items. À l'inverse, la plus grande variabilité des T.I.C., observée chez les sujets *a-*, semble traduire une meilleure stratégie de récupération, caractérisée par le regroupement des items. Ce phénomène de regroupement des items a par ailleurs été mis en évidence par Hitch, Burgess, Towse & Culpin, (1996), lesquels ont montré que cette stratégie garantissait une meilleure discrimination des items. Enfin, la diminution des latences au rappel du premier item pour les listes ayant une étendue large est nettement moins forte chez les sujets *a+* que chez les *a-*. Cela suggère que les sujets *a+* ne profitent pas entièrement de la présence d'indice permettant de mieux discriminer les items, et paraît cohérent avec la dégradation de leur planification de l'ordre alphabétique. Globalement, les performances des sujets *a+*, qui se traduisent par un rappel moins bon et une récupération des items plus rapide que chez les sujets *a-*, est cohérente avec les résultats observés dans l'expérience antérieure.

Enfin, les résultats concernant l'influence de l'imbrication des facteurs induction et anxiété trait ne permettent pas de valider l'hypothèse classique selon laquelle l'anxiété trait favoriserait une plus grande sensibilité à l'induction émotionnelle (Calvo & Miguel-Tobal, 1998). En effet, il semble que le niveau d'anxiété auto-évalué des sujets *a+*, soit déjà tellement important au début de l'expérience, qu'il ne varie que très peu après l'induction émotionnelle. En définitive, la combinaison de l'anxiété état et de l'anxiété trait ne constitue pas ici un facteur de consolidation des effets délétères de l'état émotionnel négatif sur l'activité cognitive à court terme.

## 6. Discussion Générale

Rappelons que les deux principaux objectifs de cette étude sont de rendre compte des effets de l'émotion induite sur les performances à une tâche de MDT pour tenter, ensuite, de spécifier les processus impliqués dans la modulation de l'activité cognitive à court terme. Une hypothèse sous-jacente à cette problématique est que le système de MDT assure le maintien et la régulation des traitements intermédiaires, ou sous-but, susceptibles d'être modulés par l'émotion au cours de l'activité cognitive. Plus précisément, nous supposons que l'émergence d'une émotion peut déclencher la régulation du comportement par la modulation des fonctions de contrôle de haut niveau, comme, par exemple, les processus exécutifs de la MDT. Ainsi, les deux paradigmes expérimentaux choisis pour cette étude ont requis les fonctions exécutives de mise à jour

dynamique et de planification de l'ordre de récupération de l'information en MDT.

## 6.1. Complexité de l'activité cognitive et effet de l'émotion induite

Dans une première série d'expériences, où les processus de maintien et de mise à jour en MDT ont été examinés à partir des performances à la tâche de *Running Span*, nous avons montré qu'une émotion induite par des stimuli anxiogènes, sans technique de suggestion, provoquait un déficit des capacités de stockage ainsi qu'une réduction globale des capacités de traitement dévolues à l'activité contrôlée de mise à jour. Cela s'est traduit par un ralentissement de la vitesse de récupération de l'information et par la dégradation de la qualité du rappel.

Ces données permettent de valider partiellement l'hypothèse d'une influence délétère d'un état émotionnel négatif induit sur les processus exécutifs de la MDT. En effet, cette influence n'a été observée que dans une seule condition d'empan, égale à quatre items, où quarante pour cent d'erreurs ont été enregistrés, alors même que cette condition était supposée exiger peu de ressources de traitement de la part du centre exécutif (Van der Linden et coll., 1994). Cela suggère que cette tâche réclame un haut niveau de contrôle pour la récupération sérielle stricte d'un nombre limité d'items. Un argument supplémentaire en faveur de cette idée est que l'augmentation raisonnable de la charge mnésique engendre un effet plancher supprimant toute possibilité de différencier les performances des deux groupes expérimentaux. Ce niveau général de performances relativement faible, semble être l'indice d'une grande difficulté à réaliser les opérations de mises à jour, c'est-à-dire à maintenir actif en mémoire puis à inhiber volontairement les traces mnésiques. Selon Morris et Jones (1990), cette activité spécifique de renouvellement permanent du contenu de la boucle phonologique suppose une coordination de la part de l'exécuteur central. De même, les faibles capacités de coordination des activités de maintien et de mise à jour corroborent l'hypothèse selon laquelle les processus exécutifs sont requis pour le maintien de la répétition de l'information en MDT. Le caractère hautement intégré des composantes de maintien et de traitement engagés dans la tâche de *Running Span* semble constituer en définitive une vrai difficulté pour dissocier et spécifier les processus exécutifs affectés par le facteur induction. Par exemple, nos données ne permettent pas de savoir dans quelle mesure la dégradation du stock phonologique, entraînée par l'induction, participe au déficit des opérations contrôlées de mise à jour. Ce phénomène de déclin du stock phonologique chez les induits ne semble pas être un fait isolé spécifique à une condition d'empan, puisque pour une faible charge mnésique (expérience 2), on constate que l'émotion induite tend à dégrader la qualité du premier item rappelé.

Globalement, les résultats des deux premières expériences sont conformes à l'idée que l'émotion induite provoque un déficit des ressources de traitement de l'exécuteur central. Ils rendent compte partiellement du fait que l'accroissement du niveau de complexité de la tâche renforce les effets délétères de l'émotion. En effet, avec une charge faible de trois items, les sujets induits connaissent un déficit de la qualité du rappel dû vraisemblablement à l'affectation de l'état du stock, alors que pour une charge mnésique supérieure, le déficit concerne à la fois les capacités de stockage et de traitement contrôlé des mises à jour. Ce phénomène de potentialisation des effets de l'induction avec le niveau de complexité de l'activité cognitive disparaît toutefois avec une charge de cinq items, supposée être adaptée aux capacités de traitements des sujets (Morris et Jones, 1990 ; Van der Linden et coll., 1994). En réalité, cette condition de charge provoque une chute massive et globale des performances, expliquant l'absence d'effet de potentialisation pour cette condition d'empan. Cette disparité entre les niveaux de performance recueillis dans les études de Morris et Jones (1990), Van der Linden et coll. (1994) et ce travail de thèse suggère, puisque les procédures paraissent similaires, que la résolution de la tâche de *Running Span* procède de différentes stratégies de traitement. La variété des stratégies de résolution constitue une difficulté notable pour la mise en évidence complète des effets de l'émotion induite en laboratoire.

## 6.2. Les effets de l'émotion induite sont-ils médiatisés par la production de pensées intrusives ?

Bien qu'elle soit conforme à l'hypothèse d'un déficit des ressources du centre exécutif, la mesure des données subjectives, relatives à la production de pensées non pertinentes chez les induits, vient apparemment contredire l'hypothèse d'une réduction des ressources liée à la mobilisation de l'attention sur le traitement des pensées relatives à l'émotion. En effet, selon le caractère plus ou moins restrictif de la définition attribuée aux pensées non pertinentes, nos résultats sont contradictoires. Cela suscite une grande prudence vis-à-vis de ce que recouvre la notion de pensées non pertinentes et soulève la question de la valeur de cette mesure car, comme le souligne De Bonis (1996) : « En raison d'une assimilation hâtive du cognitif à la conscience et à la subjectivité, l'analyse de l'anxiété s'est longtemps limitée à l'étude des phénomènes consciens et verbalisés, ignorant ceux qui se produisent hors de la conscience ». Cette observation est cohérente avec notre hypothèse selon laquelle les induits ne produisent pas plus de pensées non pertinentes que les contrôle. Car leur attention est mobilisée sur une tâche coûteuse en ressources de traitement, plaçant ainsi les productions mentales concomitantes sur un second plan plus diffus, hors de la conscience. Cette interprétation est compatible avec l'hypothèse de Teasdale et coll. (1995), selon laquelle l'exécuteur central est impliqué à la fois dans la production de pensées non pertinentes et dans la gestion des activités contrôlées en MDT. Ainsi, l'exécution d'une tâche coûteuse en ressources entraverait la production de pensées non pertinentes (Erber & Tesser, 1992). En définitive, nos résultats gardent une relative cohérence avec le cadre général d'allocation de ressources, puisque nous supposons que l'absence de pensées non pertinentes est une manifestation du transfert des ressources de l'exécuteur central sur la tâche cognitive. Néanmoins, cela n'explique pas pourquoi les performances des induits sont moins bonnes que celles des contrôle. De même, nos résultats montrent clairement que les effets de l'émotion ne sont pas systématiquement médiatisés par la production consciente de pensées non pertinentes. Aussi, une hypothèse alternative est que les effets de l'émotion reposent sur des mécanismes plus spécifiques du système exécutif. Autrement dit, l'influence délétère de l'émotion correspondrait plus à une modulation directe des processus exécutifs impliqués dans le déroulement de l'activité cognitive, qu'à un phénomène indirect (situation de double tâche) de partage des ressources entre les pensées liées à l'émotion et la tâche.

## 6.3. Réaction émotionnelle et stratégie de traitement

Dans une seconde série d'expériences, l'hypothèse d'une modulation des processus contrôlés de planification de l'exécuteur central a été testée sur la base de différentes techniques d'induction. La première expérience, à but exploratoire, a permis de mettre en évidence des processus de planification distincts mobilisant chacun un niveau de contrôle différent de la part du centre exécutif. Ainsi, la réorganisation alphabétique d'une liste est plus longue à réaliser qu'une planification inversée de l'ordre de présentation, elle-même plus lente à effectuer que la simple planification de l'ordre sériel. Par ailleurs, ces opérations de planification de l'ordre des items semblent requérir des processus de contrôle séquentiels pour leur récupération successive (Cowan 1988 ; Rosen et Engle 1997, cités dans Gaonac'h & Larigauderie, 2000). Ce que révèle aussi notre étude, c'est qu'un état de réactivité émotionnelle, provoqué par les simples enjeux de réussite à la tâche, suffit à affecter ces processus de contrôle séquentiels et entraîner une forte disposition à traiter rapidement les informations. Cette stratégie, spécifique aux sujets 'réactifs', peut être interprétée à la lumière des hypothèses d'Eysenck et Calvo (1992) et de Necka (1997). La première suppose que l'anxiété favorise des comportements d'anticipation face à une situation stressante, qui se traduisent par le déclenchement rapide d'une procédure de traitement pour compenser l'appréhension vis-à-vis du contexte anxiogène. La seconde postule que l'augmentation de l'éveil cognitif, associé à l'émotion, sollicite en priorité les capacités de traitement du système cognitif au détriment du stockage de l'information, et à moyen terme, des performances en MDT. Ces deux hypothèses explicatives ont en commun d'envisager les effets de l'anxiété comme une modulation des stratégies de traitement, caractérisée par le raccourcissement du déroulement des opérations cognitives focalisées sur le traitement des informations au détriment de leur stockage.

Cette conception obtient une autre validation avec les résultats de la quatrième expérience, dans laquelle l'état émotionnel est contrôlé a priori, et où le niveau de complexité de l'activité de planification de l'ordre des items est manipulé à partir de la structure -distance alphabétique- des listes à rappeler. Les données de cette expérience mettent en évidence une réduction du temps de planification, un allongement de la durée de récupération des items et des erreurs de rappel plus nombreuses chez les sujets induits. Ces performances s'observent seulement avec des structures de listes requérant une recherche exhaustive en mémoire pour planifier l'ordre alphabétique des items. Ceci rend compte à nouveau d'une stratégie de traitement spécifique aux anxieux qui consiste à effectuer une recherche partielle des informations les plus accessibles. Cette stratégie privilégiant la vitesse et l'économie de traitement se révèle désavantageuse, puisqu'elle provoque l'allongement du temps de récupération des items subséquents et le déclin du contenu du stock phonologique. Ces résultats sont conformes avec l'hypothèse de Damasio (1994) selon laquelle l'émotion change la vitesse à laquelle les images sont engendrées et utilisées au cours de l'activité cognitive. Il sont également compatibles avec l'idée, défendue par Humphreys et Revelle (1984), qu'un niveau d'éveil élevé engendré par l'état d'anxiété, accélère le traitement de l'information, en vue de mettre à jour les informations de l'environnement stressant face auxquelles il faut rapidement s'adapter. Cette mise à jour rapide exige le transit d'une grande quantité d'informations différentes susceptibles d'interférer les unes les autres, provoquant leur propre déclin.

Par ailleurs, cette spécificité de l'activité cognitive des sujets anxieux est cohérente avec les données de Gray (1999), indiquant qu'un état émotionnel négatif induit provoque un biais de prise de décision caractérisée par une préférence pour les effets immédiats du traitement au détriment de la prise en compte des conséquences à long terme. En d'autres termes, l'induction négative produirait un biais de pensées sur le court terme dans lequel la prise de décision s'effectuerait comme une série de choix dont la portée est immédiate. Cela s'expliquerait par le fait que dans une situation anxiogène, les sujets réagissent en fonction de ce qui est meilleur pour eux à ce moment précis, sans tenir compte des conséquences à moyen et long terme. Selon Gray (1999), la préférence des sujets induits pour les contingences immédiates repose sur trois interprétations possibles. La première hypothèse postule que bien que tous les sujets aient les mêmes ressources cognitives, ils se focalisent sur des choix différents de type contingences locales ou globales selon leur état émotionnel. À l'inverse, la seconde hypothèse s'appuie sur la notion de ressources cognitives, et postule que la charge cognitive provoquée par l'émotion perturbe l'apprentissage implicite des contingences à long terme et accordent plus d'importance aux contingences immédiates. Enfin, la dernière hypothèse évoque la possibilité d'une réduction du focus attentionnel qui engagerait prioritairement l'attention sur les aspects immédiats du traitement. Selon Leon et Revelle (1985), dont les résultats attestent d'une diminution de la vitesse de traitement à une tâche de raisonnement analogique chez des sujets anxieux maintenus dans une situation de passation stressante, il s'agirait d'une stratégie visant à minimiser d'autres sources d'anxiété liées au déroulement de l'activité de résolution de problème.

Plus précisément, nos données (expérience 4) suggèrent que la tendance des sujets induits à privilégier un traitement rapide et immédiat est favorisée lorsque l'information à traiter requiert des mécanismes automatiques de récupération (ex: liste d'items facilement discriminés). En revanche, cette propension à la rapidité est peu compatible avec des traitements séquentiels et contrôlés exigés pour la récupération successive des items maintenus en MDT, puisqu'elle engendre une détérioration du stock phonologique et une altération de la planification de l'ordre de récupération de l'information (expériences 4 et 5). Cela suggère que l'émotion entraîne un déficit de l'exécuteur central de la MDT, qui se traduit par l'impossibilité d'initier correctement les processus exécutifs responsables des traitements contrôlés de l'information en MDT.

Il est intéressant de relever que l'accélération des processus de traitement chez les sujets réactifs aux évènements anxiogènes est un phénomène constant, observé dans le cadre d'activités cognitives qui requièrent la mobilisation des processus exécutifs de traitement *après* l'encodage de l'information (expériences 3, 4, 5). À l'inverse, quand la tâche nécessite un traitement contrôlé *pendant* la phase d'encodage (expériences 1, 2), on assiste à un accroissement des temps de traitement chez les sujets mis dans un état émotionnel négatif. Ainsi, bien que reposant sur un système de traitement commun, en l'occurrence la MDT, les stratégies de traitement semblent dépendre étroitement des contraintes d'exécution de la tâche. De même, les performances

de MDT des sujets induits semblent être fortement déterminées par le type de tâche proposé. En effet, selon la demande de traitement exigée par la tâche, les étapes intermédiaires de stockage de l'information inhérentes au traitement n'impliqueront pas les mêmes procédures. La spécificité des activités cognitives sur lesquelles l'influence du facteur émotionnel est testée peut expliquer la difficulté à dégager des patrons de résultats similaires.

Ainsi, dans la dernière expérience où les facteurs de structure de liste sont sensiblement différents de ceux utilisés dans l'expérience précédente, les performances des sujets induits révèlent un appauvrissement du rappel alphabétique et une détérioration de la qualité du premier item sélectionné, mais ne rendent pas compte d'une réduction des temps de traitement. En revanche, on constate que les sujets dont l'anxiété trait est importante (*a+*) adoptent la stratégie caractéristique des réactions anxiuses, qui se manifeste par un traitement plus rapide et une qualité de rappel moins bonne. Cet effet peut s'expliquer par la sensibilité particulière des sujets *a+* au caractère intrinsèquement anxiogène de la tâche, suggérant qu'il ont fait l'expérience d'une anxiété état plus importante que les sujets *a-*. En effet, une hypothèse formulée et validée par Lazarus, est que les traits de personnalité sont des facteurs susceptibles de moduler la réaction des sujets face à une situation anxiogène. Les réactions émotionnelles seraient d'autant plus importantes qu'elles coïncideraient avec le style de personnalité des sujets. Ces résultats corroborent, en définitive, l'hypothèse selon laquelle un état émotionnel négatif de type anxieux entrave la mise en oeuvre des processus exécutifs pour le contrôle des traitements spécifiques à la tâche de MDT.

## 6.4. Efficacité des procédures d'induction et de contrôle de l'état émotionnel

Bien qu'impliquant un matériel et des enjeux différents, les techniques d'induction utilisées ont été élaborées en vue de modifier l'état émotionnel initial dans le sens d'une anxiété plus grande. Notre dispositif de contrôle de l'état émotionnel, consistant à évaluer l'exactitude avec laquelle divers adjectifs, congruents et non congruents avec l'anxiété, traduisaient l'état des sujets, a permis d'attester des modifications attendues. Néanmoins, il est possible que l'effet anxiogène inhérent à la phase d'entraînement à la tâche, 'parasite' l'auto-évaluation, et annule la possibilité de recueillir les effets strictement liés à l'induction. Par ailleurs, des tâches de haut niveau comme le *Running Span* et la planification alphabétique sont, comparativement aux tâches de MLT, moins sensibles à l'induction, parce que l'attention mobilisée pour leur traitement atténue l'intensité de l'émotion induite (Erber & Tesser, 1992). Enfin, les possibles réactions de déni ou d'intellectualisation des sujets induits peuvent aussi moduler les effets de la procédure d'induction. Elles peuvent aussi se traduire par une utilisation particulière de l'outil d'auto-évaluation, comme par exemple, un positionnement central sur les échelles, suggérant l'indétermination et n'offrant pas des résultats assez contrastés. Ces remarques réclament des solutions alternatives pour améliorer les conditions d'observation des effets d'une émotion induite sur les processus attentionnels et mnésiques de la MDT. Une première alternative consiste à recourir à une procédure où l'entraînement n'est pas interposé entre les deux premières étapes d'auto-évaluation de l'état émotionnel, pour éviter tout 'parasitage' du caractère anxiogène de la tâche sur les effets de l'induction. Par ailleurs, l'adjonction d'une troisième évaluation de l'état émotionnel après à l'entraînement, permettrait un recueil des données subjectives relatives à l'influence spécifique de la tâche sur le niveau d'anxiété des participants. Une seconde alternative, proposée par Kuykendall, Keating, & Wagaman, (1988), concerne plus particulière l'outil d'auto-évaluation de l'état émotionnel, et consiste à utiliser des mots neutres pour discriminer l'état des sujets induits en condition neutre et négative. Selon Kuykendall, et coll. (1988), l'usage de termes neutres est un bon moyen de réduire le lien entre les items de l'échelle et l'émotion à évaluer, pour atténuer les réactions de complaisance ou de résistance vis-à-vis de l'outil d'évaluation.

## 6.5. Conclusion

Bien qu'ils reposent sur les données d'échantillons limités, les résultats de cette série d'études parviennent à montrer que l'expérience d'une émotion négative faite au cours de la réalisation d'une activité contrôlée à court terme occasionne une altération des mécanismes de stockage et de mise à jour sous-tendus par le système exécutif de la MDT. Un autre effet de l'état émotionnel négatif se traduit par la modification des stratégies d'exécution de la tâche, caractérisée par une accélération des processus de traitement au détriment du maintien des informations en MDT. Cette stratégie, inappropriée du point de vue des performances, semble caractéristique de la réponse émotionnelle anxieuse où la mobilisation rapide des capacités de traitement est privilégiée (pour faire face à la situation anxiogène) au détriment du stockage temporaire des résultats intermédiaires des traitements. En résumé, il semblerait que la réaction émotionnelle de type anxieuse corresponde à une réponse adaptative et stratégique de traitement, contrainte par les déficits des processus contrôlés en MDT. Cela conforte l'hypothèse de l'existence d'une influence modulatrice de l'émotion induite sur le fonctionnement cognitif.

Cette influence n'est cependant pas toujours simple à mettre clairement en évidence car le niveau de complexité de la tâche (le coût cognitif qu'elle implique) interagit avec les différences inter individuelles relatives à l'état émotionnel induit. Sur ce point, deux conceptions s'opposent. La première, centrée sur les caractéristiques de la tâche, postule que plus le niveau de complexité de la tâche est élevé, plus les chances d'observer une détérioration des performances des sujets induits sont grandes (Ellis et Ashbrook, 1998, 1989 ; Seibert et Ellis, 1991b ; Darke, 1988). La seconde prétend au contraire que des tâches ayant un niveau de complexité élevé orientent l'engagement de l'attention sur l'activité cognitive et neutralisent ainsi l'émergence des pensées liées à l'état émotionnel (Teasdale et coll., 1995), voir même annulent complètement l'émotion induite préalablement (Erber et Tesser, 1992). Cela soulève la question d'un phénomène d'auto régulation de l'état émotionnel qui se produirait au cours de l'activité cognitive. Le développement de recherches sur cette question serait une contribution importante à l'étude de l'effet d'une émotion induite en laboratoire. Par exemple, l'examen des multiples composantes de l'état émotionnelle réalisé par Mayer, Salovey, Gomberg-Kaufman et Blayney (1991) a permis de mettre en évidence différentes dimensions, capables de rendre compte de la réalité de l'expérience émotionnelle. Ces dimensions correspondent aux réactions physiologiques (éveil) et émotionnelles (valence) mais également à des aspects liés au contrôle de l'état émotionnel comme les pensées relatives au moyen de minimiser l'état ressenti et les réactions de déni. L'ensemble de ces dimensions, transposées à des échelles d'auto-évaluation, pourraient constituer un moyen intéressant d'évaluer l'ampleur du phénomène d'auto régulation au cours de l'activité cognitive.

Enfin, concernant plus particulièrement la nature des processus cognitifs impliqués dans les modifications causées par une émotion induite, il serait intéressant d'élargir les recherches vers les modèles d'activation. Cette métaphore énergétique qui permet de raisonner en termes d'état de mémoire plutôt qu'en termes de localisation écarte le problème du caractère hautement intégré des composantes de stockage et de traitement de la MDT et propose un cadre interprétatif intéressant pour les données se référant au modèle de Baddeley (1986).

## Bibliographie

1. Anderson, J. R. (1989). Practice, working memory, and the ACT\* theory of skill acquisition: A comment on Carlson, Sullivan, and Schneider. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 15* (3), 527-530.
2. Anderson, J. R., Reder, L. M., & Lebiere, C. (1996). Working memory: activation limitations on retrieval. *Cognitive Psychology, 30*, 221-256.
3. Andrès, P. & Van Der Linden, M. (1998). Les capacités d'inhibition: une fonction« frontale »?. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 44* (1), 33-38.

4. Arbuthnott, K. D. (1995). Inhibitory mechanisms in cognition: Phenomena and models. *CPC*, 14 (1), 3-45.
5. Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K. W. Spence (Ed.), *The psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. (Vol. II, pp. 89-195). New York: Academic Press.
6. Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., Schumacher, E. H., Koeppe, R. A. & Katz, S. (1996). Dissociation of storage and rehearsal in verbal working memory: Evidence from Positron Emission Tomography. *Psychological Science*, 7 (1), 25-31.
7. Baddeley, A. D. (1983). Working memory. *Phil. Trans. R. Soc. Lon. B* 302, 311-324.
8. Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, Clarendon Press.
9. Baddeley, A. D. (1992a). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
10. Baddeley, A. D. (1992b). Is working memory working? The fifteenth Bartlett lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A (1), 1-31.
11. Baddeley, A. D. (1993a). *La mémoire humaine : théorie et pratique*. Presse Universitaire de Grenoble.
12. Baddeley, A. D. (1993b). Working memory or working attention? In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention : selection, awareness and control, a tribute to broadbent*. Oxford : Clarendon press.
13. Baddeley, A. D. (1993c). Working memory and conscious awareness. In I. Collins & F. Alan. (Eds.), *Theories of Memory*. Hove: Lawrence Erlbaum.
14. Baddeley, A. D. (1994). Memory and cognition. In, D. L. Schacter. & E. Tulving (Eds.). *Memory systems*, (pp.351-367). Cambridge, Massachusetts : Mitt Press.
15. Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The quarterly Journal of experimental psychology*, 49 A (1), 5-28.
16. Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of Learning and Motivation*, (Vol. XIII pp.47-89). New York: Academic Press,
17. Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1993). The recency effect: implicit learning with explicit retrieval?. *Memory and Cognition*, 21 (2), 146-155.
18. Barrouillet, P. (1996). Ressources, capacités cognitives et mémoire de travail: postulats, métaphores et modèles. *Psychologie Française*, 41 (4), 319-338.
19. Bastien, C. (1999). Contrôle de l'activité et situation de résolution de problème. Proceedings, Conférence donnée à Lyon.
20. Becker, J. T., MacAndrew, D. K. & Fiez, J. A. (1999). A comment on the functional localization of the phonological storage subsystem of working memory. *Brain and cognition*, 41, 27-38.
21. Belleville, S., Peretz, I. & Arguin, H. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: Evidence from a selective disruption. *Brain and Language*, 43, 713-746.
22. Bishop, D. V. M. & Robson, J. (1989). Unimpaired short-term memory and rhyme judgment in speechless individuals: Implications for the notion of 'articulatory loop'. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 123-140.
23. Bower, G. H. (1981). Mood and memory. *American Psychologist*, 36, 129-148.
24. Brebion, J. & Ehrlich, M. F. (1995). Fonctionnement de la mémoire de travail et vieillissement. *Bulletin de Psychologie*, 420, 468-482.
25. Brewin, C. R., Christodoulides, J. & Hutchinson, G. (1996). Intrusive thoughts and intrusive memories in a nonclinical sample. *Cognition and Emotion*, 10 (1), 107-112.
26. Brown, G. D. A., Hulme, C. & Preece, T. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107 (1), 127-181.
27. Burgess, N. & Hitch, G. J. (1992). Toward a network model of the articulatory loop. *Journal of Memory and Language*, 31, 429-460.
28. Burgess, N. & Hitch, G. J. (1999). Memory for serial order : a network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106 (3), 551-581.
29. Byrne, M. D. & Bovair, S. (1997). A working memory model of a common procedural error. *Cognitive Science*, 21 (1), 31-61.
30. Calvo, M. G. & Eysenck, M. W. (1996). Phonological working memory and reading in test anxiety.

- Memory*, 4 (3), 289-305.
31. Calvo, M. G. & Miguel-Tobal, J. J. (1998). The anxiety response: concordance among components. *Motivation and Emotion*, 22 (3), 211-230.
  32. Cantor, J. & Engle, R. W. (1991). Working-memory capacity as long term memory activation: an individual-differences approach. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19 (5), 1101-1114.
  33. Caplan, D., Rochon, E. & Waters, G. S. (1992). Articulatory and phonological determinants of word length effects in span tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A (2), 177-192.
  34. Carlson, R. A., Sullivan, M. A. & Schneider, W. (1989). Practice and working memory effects in building procedural skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and, Cognition*, 15 (3), 517-526.
  35. Carlson, R. A., Wenger, J. L. & Sullivan, M. A. (1993). Coordinating information from perception and working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19 (3), 531-548.
  36. Cattell, R. B. (1992). *Manuel de l'échelle d'anxiété de Cattell*. CPA (Ed.), Adaptation française de Handbook for IPA1 anxiety scale. Paris: CPA.
  37. Chapouthier, G. (1995). Epilepsie, anxiété et apprentissage. *Pour la Science*, 208, 42-48.
  38. Christianson, S. (1992). Emotional stress and eyewitness memory: a critical review. *Psychological Bulletin*, 112 (2), 284-309.
  39. Cohen, J., Mc Whinney, B. & Provost, J. (1993). Psyscope: an interacting graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavioral Research Methods Instruments and Computers*, 25 (2), 257-271.
  40. Conrad, R. (1960). Serial order intrusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 51 (1), 45-48.
  41. Conway, A. R. A. & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: a ressource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123 (4), 354-373.
  42. Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104 (2), 163-191.
  43. Cowan, N. (1993). Activation, attention and short-term memory. *Memory and Cognition*, 21 (2), 162-167.
  44. Cowan, N., Wood, N. L., Wood, P. K., Keller, T. A., Nugent, L. D. & Keller, C. V. (1998). Two separate verbal processing rates contributing to short-term memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 127 (2), 141-160.
  45. D'Esposito, B. R., Ballard, P. D. & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain and Cognition*, 42, 66-86.
  46. D'Esposito, B. R., Detre, J. A., Alsop, D. C. Shin, R. K., Atlas, S. & Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, 378, 279-281.
  47. Damasio, A. R. (1995). *L'erreur de Descartes, la raison des émotions*. Odile Jacob, Sciences, Paris.
  48. Daneman, M. & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 19, 450-466.
  49. Darke, S. (1988). Anxiety and working memory capacity. *Cognition and Emotion*, 2, 145-154.
  50. Davidson, R. J. & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Sciences*, 3 (1), 11-21.
  51. De Bonis, M. (1996). *Connaitre les émotions humaines*. Sciences Humaines: Mardaga.
  52. De Rammelaere, S., Stuyen, E. & Vandierendonck, A. (1999). The contribution of working memory resources in the verification of simple mental arithmetic sums. *Psychological research*, 62, 72-77.
  53. Dehaene, S. (1997). *La bosse des maths*. Odiles Jacob, Sciences, Paris.
  54. Drevets, W. C. & Raichle, M. E. (1998). Reciprocal suppression of regional cerebral blood flow during emotional versus higher cognitive processes : implications for interactions between emotion and cognition. *Cognition and Emotion*, 12 (3), 353-385.
  55. Dubois, B. (1997). Lobe frontal et régulation du comportement. In D. Mellier and A. Vom Hofe

- (Eds.), *Attention et contrôle cognitif: mécanismes, développement des habiletés, pathologies*. Psy Co.
56. Dubois, B., Pillon, B. & Sirigu, A. (1994). Fonctions intégratrices et cortex préfrontal chez l'homme. In X. Séron & M. Jeannerod (Eds.), *Neuropsychologie Humaine*. Mardaga.
57. Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66, 183-201.
58. Ehrenstein, A., Schweickert, R., Choi, S. & Proctor, R. W. (1997). Scheduling processes in working memory: instructions control the order of memory search and mental arithmetic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A (4), 766-802.
59. Ehrlich, M. F. & Delafoy, M. (1990). La mémoire de travail: structure, fonctionnement, capacité. *L'Année Psychologique*, 90, 403-427.
60. Ellis, H. C. & Ashbrook, P. W. (1988). Ressource allocation model of the effects of depressed mood states on memory. In K. Fielder & J. Forgas (Eds.), *Affects, cognition and social behaviour*, (pp. 25-43). Toronto: Hogrefe.
61. Ellis, H. C. & Ashbrook, P. W. (1989). The 'state' of mood and memory research: a selective review. In D. Kuiken (Ed.). *Mood and memory: theory, research and applications* (special issue). *Journal of social behaviour and personality*, 4 (2), 1-21.
62. Ellis, H. C., Seibert, P. S. & Herbert, B. J. (1990). Mood state effects on thought listing. *Bulletin of the psychonomic society*, 28 (2), 147-150.
63. Ellis, H. C., Seibert, P. S., Varner, L. J. (1995). Emotion and memory: effects of mood states on immediate and unexpected delayed recall. *Journal of Social Behaviour and Personality*, 10(2), 349-362.
64. Ellsworth, P. C. (1997). Some implications of cognitive appraisal theories of emotion. *Appraisal: theories of emotion*. Journées d'étude sur les émotions. Geneva Emotion Week.
65. Engle, W. R., Conway, A. R. A., Tuholski, S.W., Shisler, R. J. (1995). A ressource account of inhibition. *Psychological Science*, 6 (2), 122-125.
66. Erber, R. & Tesser, A. (1992). Task effort and the regulation of mood: the absorption hypothesis. *Journal of Experimental Social Psychology*, 28, 339-359.
67. Ericsson, K. A. & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102 (2), 211-245.
68. Eysenck, M. W. (1985). Anxiety and cognitive-task performance. *Personality and Individual Differences*, 6 (5), 579-585.
69. Eysenck, M. W. & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: the processing efficiency theory. *Cognition and Emotion*, 6 (6), 409-434.
70. Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2000). Cognition and emotion. In M. W. Eysenck & M. T. Keane (Eds.), *Cognitive Psychology A Student's Handbook*, (pp.489-512). Hove: Psychology Press Ltd.
71. Farrand, P & Jones, D. (1996). Direction of report in spatial and verbal serial short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A (1), 140-158.
72. Gaonac'h, D. & Larigauderie, P. (2000). *Mémoire et fonctionnement cognitif, la mémoire de travail*. Armand Colin, Paris.
73. Garavan, H. (1998). Serial attention within working memory. *Memory and Cognition*, 26 (2), 263-276.
74. Gerrards-Hesse, A., Spies, K. & Hesse, F. W. (1994). Experimental induction of emotional states and their effectiveness: a review. *British Journal of Psychology*, 85, 55-78.
75. Gianotti, G. (1994). Bases neurobiologiques et contrôle des émotions. In X. Séron & M. Jeannerod (Eds.). *Neuropsychologie Humaine*. Mardaga.
76. Gray, A. J. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition and Emotion*, 4 (3), 269-288.
77. Gray, J. R. (1999). A bias toward short-term thinking in threat-related negative emotional states. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25 (1), 65-75.
78. Gray, J. R. (submitted). Approach-Withdrawal emotional states have opposite effects on spatial and verbal working memory.
79. Hanley, J. R. (1997). Does articulatory suppression remove the irrelevant speech effect? *Memory*, 5

- (3), 423-431.
80. Healy, A. F. (1974). Separating item from order information in short-term memory. *Journal of verbal learning and verbal behaviour*, 13, 644-655.
81. Hemenover, S. H. & Dienstbier, R. A. (1996). The effect of an appraisal manipulation: affect, intrusive cognitions, and performance for two cognitive tasks. *Motivation and Emotion*, 20 (4), 1996.
82. Henson, R. N. A., Norris, D. G., Page, M. P. A. & Baddeley, A. D. (1996). Unchained memory: error patterns rule out chaining models of immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A (1), 80-115.
83. Hitch, G. J., Burgess, N., Towse, J. N. & Culpin, V. (1996). Temporal grouping effects in immediate recall: a working memory analysis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A (1), 116-139.
84. Humphreys, M. S. & Revelle, W. (1984). Personality, motivation, and performance. A theory of the relationship between individual differences and information processing. *Psychological Review*, 91 (2), 153-184.
85. Izard, C. E. (1992). Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations. *Psychological Review*, 99 (3), 561-565.
86. Izard, C. E. (1993). Four systems for emotion activation: cognitive and non cognitive processes. *Psychological Review*, 100 (1), 68-90.
87. Jones, D. M. (1979). Stress and memory. In M. N. Gruneberg & P. E. Morris (Eds.), *Applied problems in memory* (pp.185-210). London: Academic Press.
88. Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S. & Koeppe, R.A. (1997). Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (4), 462-475.
89. Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99 (1), 122-149.
90. Klapp, S. T. , Marshburn, E. A. & Lester, P. T. (1983). Short-term memory does not involve the « working memory » of information processing: the demise of a common assumption. *Journal of experimental Psychology: General*, 112 (2), 240-264
91. Kuykendall, D., Keating, J. P. & Wagaman, J. (1988). Assessing affective states: A new methodology for some old problems. *Cognitive Therapy and Research*, 12, 279-294.
92. Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1998). Emotion and attention : stop, look, and listen. *Current Psychology of Cognition*, 17 (4-5), 997-1020.
93. La Pointe, C. B. & Engle, R. W. (1990). Simple and complex word spans as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 1118-1133.
94. Lazarus, R. S. (1993). From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks. *Annual Review of Psychology*, 44, 1-21.
95. Le Gall, A. (1976). *L'anxiété et l'angoisse*, Que sais-je ?. PUF.
96. Lecoq, P. (1994). Comment l'homme conserve-t-il ses souvenirs ? In A. Weil-Barais (Ed.), *L'homme cognitif*. (pp. 301-412). Paris: Presse Universitaire de France.
97. LeDoux, J. E. (1989). Cognitive emotional interactions in the Brain. *Cognition and Emotion*, 3 (4), 267-289.
98. LeDoux, J. E. (1994). Emotions, mémoire et cerveau. *Pour la Science*, 202, 50-57.
99. LeDoux, J. (1995). Emotion: cues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.
100. Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependant on working memory capacity? *The quarterly Journal of experimental psychology*, 49 A (1), 29-50.
101. Leon, M. R. & Revelle, W. (1985). Effects of anxiety on analogical reasoning: a test of three theoretical models. *Journal of Personality and Social Psychology*, 49 (5), 1302-1315.
102. Lewandowsky, S. & Murdock, B. B. (1989). Memory for serial order. *Psychological Review*, 96 (1), 25-57.
103. Light, L. L. (1991). Memory and aging: Four hypothesis in search of data. *Annual Review of Psychology*, 42, 333-376.

104. Logie, R. H., Kenneth, J. G., & Wynn, V. (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory and Cognition*, 22 (4), 395-410.
105. Mayer, J. D., Salovey, P., Gomberg-Kaufman, S. & Blainey, K. (1991). A broader conception of mood experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60 (1), 100-111.
106. Maylor, E. A. , Vousden, J. I. & Brown, G. D. A. (1999). Adult age differences in short-term memory for serial order: Data and a model. *Psychology and Aging*, 14 (4), 572-594.
107. Michael, D. B., & Susan, B. (1997). A working memory model of a common procedural error. *Cognitive Science*, 21(1), 31-61.
108. Miotto, E. C., Morris, R. G. (1998). Virtual planning in patients with frontal lobe lesions. *Cortex*, 34, 639-657.
109. Morris, N. & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
110. Morris, R. G., Morton, N. (1995). Not knowing which way to turn: a specific image transformation impairment dissociated from working memory functioning. In, R. Campbell & M. A. Conway (Eds.), *Broken memories: case studies in memory impairments*. Oxford UK & Cambridge USA : Blackwell Publishers.
111. Myers, D. G. (1997). L'émotion. In G. Myers (Ed.). *Psychologie*. Traduction français, Paris: Flammarion.
112. Nairne, J. S., Neath, I., Serra, M. & Byun, E. (1997). Positional distinctiveness and the ratio rule in free recall. *Journal of Memory and Language*, 37, 155-166.
113. Neath, I. (1993). Distinctiveness and serial position effects in recognition. *Memory and cognition*, 21 (5), 689-698.
114. Neath, I. & Crowder, R. G. (1996). Distinctiveness and very short-term serial positions effects. *Memory*, 4, 225-242.
115. Necka, E. (1997). Attention, working memory and arousal: concepts apt to account for the 'process of intelligence'. In G. Matthews (Ed.), *Cognitive science perspectives on personality and emotion*. Elsevier.
116. Oakford, M., Morris, F., Grainger, B., Williams, J. M. G. (1996). Mood, reasoning and central executive processes. *Journal of Experimental Psychology*, 22 (2). 476-492
117. Oatley, K. & Johnson-Laird, P. N. (1987). Towards a cognitive theory of emotions. *Cognition and Emotion*, 1 (1), 29-50.
118. Palmer, S. (2000). Working memory: a developmental study of phonological recoding. *Memory*, 8 (3), 179-193.
119. Parkin, A. J.(1993). *Memory: phenomena, experiment, and theory*. Oxford, UK : Blackwell Publishers.
120. Parks, R. W. & Cardoso, J. (1997). Parallel distributed processing and executive functioning : tower of hanoi neural networkmodel in healthy control and left frontal lobe patients. *International Journal of Neurosciences*, 89, 217-240.
121. Parrott, W. G. & Shulkin, J. (1993). Neuropsychology and the cognitive nature of the emotions. *Cognition and Emotion*, 7 (1), 43-5
122. Paulesu, E., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.
123. Purdon, C. & Clark, D. (1993). Obsessive intrusive thoughts in non clinical subjects. part 1. content and relation with depressive, anxious and obsessional symptoms. *Behaviour Research and Therapy*, 31 (8), 713-720.
124. Rachman, S. (1998). *Anxiety*. Psychology Press (Ed.). Hove: UK.
125. Rapee, R. M. (1993). The utilisation of working memory by worry. *Behaviour Research and Therapy*, 31 (6), 617-620.
126. Reisberg, D., Rappaport, I.& O'Shaughnessy, M. (1984). Limits of working memory: the digit digit-span. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10 (2), 203-221.
127. Revelle. W. & Loftus D. A. (1990). Individual differences and arousal: implications for the study of mood and memory. *Cognition and Emotion*, 4 (3), 209-237.

128. Richard, J. P. (1997). Attention, contrôle et gestion des ressources. In D. Mellier and A. Vom Hofe. *Attention et contrôle cognitif : mécanismes, développement des habiletés, pathologies*. Psy Co.
129. Richardson, J. T. E., Longoni, A. M., & Di Massi, N. (1996). Persistence of phonological trace in working memory. *CPC*, 15 (6), 557-581.
130. Riddoch, M. J., Humphreys, G. W. (1995). 17+14=41? Three cases of WM impairment. In R. Campbell and M. A Conway (Eds.), *Broken memories: case studies in memory impairment*. Oxford UK& Cambridge USA: Blackwell Publishers.
131. Robbins, T. M., Anderson, E. J., Barker, A. C., Fearnhyough, C., Henson, R., Hudson, S. R., & Baddeley, A. D. (1996). Working memory in chess. *Memory and cognition*, 24 (1), 83-93.
132. Roulin, J. L., & Monnier, C. (1996). La mémoire de travail. In F. Eustache, B. Lechevalier and F. Viader (Eds.), *La mémoire: neuropsychologie clinique et modèles cognitifs*. (pp 237-278). Bruxelles : De Boeck Université.
133. Rowe, J. B. , Toni, I., Josephs, O., Frackowiak, R. S. J. & Passingham, R. E. (2000). The prefrontal cortex : response selection or maintenance within working memory? *Science*, 288, 1656-1660.
134. Salthouse, T. A. (1990). Working memory as processing resource in cognitive aging. *Developmental Review*, 10, 101-124.
135. Scherer, K. R. (1993). Neuroscience projections to current debates in emotion psychology. *Cognition and Emotion*, 7 (1), 1-41.
136. Schiff, B. B., & Lamon, M. (1994). Inducing emotion by unilateral contraction of hand muscles. *Cortex*, 30, 247-254.
137. Schneider, W. (1993). Varieties of working memory as seen in biology and in connectionist / control architecture. *Memory and cognition*, 21 (2), 184-192
138. Schneider, W. & Detweiler, M. (1987). A connectionist / control architecture for working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 21, pp. 54-119). New York : Academic Press.
139. Seibert, P. S. & Ellis, H. C. (1991a). A convenient self-referencing mood induction procedure. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29 (2), 121-124.
140. Seibert, P. S. & Ellis, H. C. (1991b). Irrelevant thoughts, emotional mood states, and cognitive task performance. *Memory and Cognition*, 19 (5), 507-513.
141. Shallice, T. (1995). *Symptômes et modèles en neuropsychologie: des schémas aux réseaux*. Collection psychopathologie : PUF.
142. Shallice, T. & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
143. Siéroff, E. (1994). Les mécanismes attentionnels. In X. Séron & M. Jeannerod (Eds.), *Neuropsychologie Humaine*. Mardaga.
144. Smith, E. & Jonides, J. (1997). Working memory : A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33, 5-42 ;
145. Sorg, B. A. & Withney, P. (1992). The effect of trait anxiety and situational stress on working memory capacity. *Journal of Research in Personality*, 26, 235-241.
146. Spielberger, C. D. (1985). Anxiety, cognition and affect: a state-trait perspective. In A. H. Tuma & J. Maser (Eds.), *Anxiety and the anxiety disorders*. (pp. 87-107). Hillsdale, New Jersey, London : Lawrence Erlbaum associates publishers.
147. Teasdale, J. D., Proctor, L., Llyod, C. A. & Baddeley, A. D. (1993). Working memory and stimulus-independent thought: effects of memory load and presentation rate. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5 (4), 417-433.
148. Teasdale, J. D., Dritschel, B. H., Taylor, M. J., Proctor, L., Llyod, C., Nimmo-smith, I. & Baddeley, A. D. (1995). Stimulus-independent thought depends on central executive resources. *Memory and Cognition*, 23 (5), 551-559.
149. Tiberghien, G. & Van Der Linden, M. (1994). La mémoire. In X. Séron & M. Jeannerod (Eds.). *Neuropsychologie Humaine*. Mardaga.
150. Towse, T. (1998). On random generation and central executive of working memory. *British Journal of Psychology*, 89, 77-101.

151. Towse, J. N. & Hitch, G. J. (1995). Is there a relationship between task demand and storage space in tests of working memory? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A (1), 108-124.
152. Towse, J. N. & Valentine, J. D. (1997). Random generation of numbers : a search for underlying processes. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9 (4), 381-400.
153. Treisman, M. & Faulkner, A. (1987). Generation of random sequences by human subjects: cognitive operations or psychophysical process? *Journal of Experimental Psychology: General*, 116 (4), 337-355.
154. Valdez, M. & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotion. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123 (4), 394-409.
155. Van der Linden, M. (1994). Mémoire de travail, capacités attentionnelles, vitesse de traitement et vieillissement. In M. Van der Linden & M. Aupet (Eds.), *Le vieillissement cognitif* (pp.37-85). Paris: PUF.
156. Van der Linden, M. (1995). Mémoire de travail et vieillissement cognitif. *Bulletin de Psychologie*, 420, 460-467.
157. Van der Linden, M., Brédart, S. & Beerten, A. (1994). Age-related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, 85, 145-152.
158. Van der Linden, M., Colette, F. & Pilar, A. B. (1997). Vieillissement normal, démence Alzheimer et mémoire de travail. *Psychologie Française*, 42 (4), 379-390.
159. Van der Linden, M., Coyette, F. & Seron, X. (1992). Selective impairment of the « Central Executive » component of working memory: a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 9 (4), 301-326.
160. Van der Linden, M., Hupet, M., Feyereisen, P., Schelstraete, M. A., Bestgen, Y., Bruyer, R., Ahmadi, A. E. & Seron, X. (1999). Cognitive mediators of age-related differences in language comprehension and verbal memory performance. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 6 (1), 32-55.
161. Vandierendonck, A., De Vooght, G. & Van der Goten Koen. (1998a). Interfering with the central executive by means of a random interval repetition task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A (1), 197-218.
162. Vandierendonck, A., De Vooght, G. & Van der Goten, K. (1998b). Does random time interval generation interfere with working memory executive functions ? *European Journal of Cognitive Psychology*, 10 (4), 413-442.
163. Varner, L. J. & Ellis, H. C. (1998). Cognitive activity and physiological arousal: processes that mediate mood-congruent memory. *Memory and Cognition*, 26 (5), 939-950.
164. Weil-Barais, A. (1993). *L'homme cognitif*. Presses Universitaire de France.
165. Wells, A. & Matthews, G. (1994). In A. Wells and G. Matthews (Eds.), *Attention and Emotion: A Clinical Perspective*. Hillsdale, UK: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
166. Wickelgren, I. (1997). Getting a grasp on working memory. *Science*, 275, 1580-1582.
167. Wiegersma, S., Van Der Scheer, E. & Hijman, R. (1990). Subjective ordering, short term memory, and the frontal lobes. *Neuropsychologia*, 28, 95-98.

## Annexes

### ANNEXE 1 —LISTES DES CONSONNES -EXPERIENCE 1-

#### *Empan 4 , mises à jour = 4/6/8*

Entraînement (54cons.)

• LDPC

•

MFXQKPZT

•

GHPJNMDS

•

CJWTLH

•

DJZCRBFG

•

QZSH

•

WNLRFG

•

WRTHZM

•

VHKB

Bloc 1

•

HNCZMDXK

•

VJQT

•

SKNMLJRH

•

FSTJWP

•

RCBZNFGS

•

BTML

•

SVHDMW

•

JDFXKZ

•  
PNQG

Bloc 2

•  
NWSWQT

•  
TBMZ

•  
HXFPWGKT

•  
ZCLR

•  
SVWBXT

•  
CDFPJLGZ

•  
HDJXQC

•  
XCQW

•  
PNDRQZJM

Bloc 3

•  
KCBFZH

•  
DKWVRJLG

•  
PNJK

•  
ZTSDMW

•  
BZNW

• LBRK

•

TCJXFB

•

CNMGQVTD

•

MXVHFPQS

Empan 5 , mises à jour = 5/7/9

Entraînement (63cons.)

•

BPKDF

•

HQVBLRC

•

ZLPWDGT

•

DJSXHMCZT

•

LKVXNJPBZ

•

RCGWF

•

TMXZJVQ

•

SJFGTCRNB

•

LKWNR

Bloc 1

•

NJHTS

•

ZKHVLWDNC

Empan 4 , mises à jour = 4/6/8

135

• LMFQBCX

•

DJNZRQT

•

BWTZMKVSG

•

VGSCP

•

PHJXDMF

•

BLWDCSRJX

•

KFGXP

Bloc 2

•

DKZSQJC

•

NWLVS

•

KXLGHPMVR

•

WGBCJPF

•

MRCZTDHLB

•

KZHTN

•

JPHBCMGFX

•

MQGFZTS

•

SKNVL

Bloc3

- KMPFWNX
- 
- XQVNBSTDC
- 
- BGZRH
- 
- LKVXNJP
- 
- CSJBM
- 
- QVFGTKXDP
- 
- PWHQJCZ
- 
- QNTJDHFKV
- 
- BZRD

## **ANNEXE 2 —IMAGES ANXIOGÈNES -EXPÉRIENCES 1 & 2-**



Image n°1 : "caméra"



Image n°6 : "fosses communes"



Image n°2 : "catacombes"



Image n°7 : "mains brûlées"



Image n°3 : "croix"



Image n°8 : "peau malade"



Image n°4 : "enfants mutilés"



Image n°9 : "visage brûlé"



Image n°5 : "explosion"



Image n°10 : "souffrance"

## ANNEXE 3—Extrait du QUESTIONNAIRE RELATIF AUX PHOTOGRAPHIES

Consigne : Pour chacune des images qui vont vous être présentées, évaluez l'intensité avec laquelle vous ressentez les émotions ci-dessous :

Angoisse ()—()—()—()—()—()<sup>1</sup>

peu intense très intense

Colère ()—()—()—()—()—()

peu intense très intense

Dégoût ()—()—()—()—()—()

peu intense très intense

Peur ()—()—()—()—()—()

peu intense très intense

Tristesse ()—()—()—()—()—()

peu intense très intense

Avez-vous déjà vu cette image ? oui (), non ()

1 Cocher l'une des 6 cellules

Évaluation des images anxiogènes (scores moyens) faite par 25 sujets

| IMAGES          | Angoisse |        | Colère |        | Dégoût |        | Peur |        | Tristesse |        |
|-----------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|-----------|--------|
|                 | moy.     | Ecartt | moy.   | Ecartt | moy.   | Ecartt | moy. | Ecartt | moy.      | Ecartt |
| Caméra          | 3,20     | 1,65   | 1,20   | 0,64   | 1,44   | 1,00   | 3,10 | 1,69   | 1,50      | 2,10   |
| Catacombes      | 3,80     | 1,63   | 1,60   | 0,54   | 3,40   | 1,43   | 3,40 | 1,57   | 2,00      | 1,65   |
| Croix           | 3,00     | 1,74   | 2,32   | 1,49   | 1,88   | 1,33   | 2,60 | 1,47   | 3,64      | 1,43   |
| Enfants mutilés | 2,60     | 1,65   | 4,48   | 1,63   | 2,76   | 1,85   | 2,44 | 1,44   | 5,12      | 1,16   |
| Explosion       | 3,64     | 1,38   | 4,00   | 1,65   | 2,52   | 1,53   | 4,12 | 1,53   | 3,20      | 1,75   |
| Fosse commune   | 5,56     | 1,00   | 5,68   | 1,00   | 5,56   | 0,74   | 4,20 | 1,63   | 5,16      | 1,31   |
| Mains brûlées   | 4,50     | 1,20   | 3,80   | 0,80   | 5,60   | 0,61   | 5,21 | 1,27   | 4,50      | 1,30   |
| Peau malade     | 5,00     | 1,80   | 1,70   | 1,45   | 5,10   | 0,95   | 2,90 | 1,50   | 3,20      | 1,25   |
| Visage brûlé    | 4,90     | 1,00   | 4,60   | 1,20   | 4,90   | 1,30   | 3,10 | 1,43   | 5,60      | 1,46   |
| Souffrance      | 2,80     | 1,40   | 4,90   | 1,34   | 2,00   | 0,85   | 2,70 | 1,32   | 5,70      | 1,00   |

## ANNEXE 4 : Images neutres



Image n°1 : "boucher"



Image n°6 : "mères et enfants"



Image n°2 : "chauffeur"



Image n°7 : "hommes marchant"



Image n°3 : "courses"



Image n°8 : "port"



Image n°4 : "femme"



Image n°9 : "serveuses"



Image n°5 : "groupe d'hommes"



Image n°10 : "soudeur"

## **ANNEXE 5 —Questionnaire de fin d’expérience**

Consignes : Cochez seulement les scènes que vous avez vues pendant l’expérience. Donnez votre réponse le plus spontanément possible.

Un visage d’enfant en larme ()

Une explosion ()

Une ambulance ()

Deux mains brûlées ()

Une fosse commune ()

Deux infirmières ()

Un haut de maillot de bain ()

Une piste d’atterrissage ()

Des bras en jambes amputés ()

Un village inondé ()

Des cercueils et des croix ()

Un forêt incendiée ()

Des paysans face à un chien mort ()

Un visage exprimant une grande souffrance ()

Une femme sur une civière ()

Des hommes blessés ()

## **ANNEXE 6—Analyse factorielle -expérience 1-**

### Calcul des notes en facteur pour chaque sujet de l'expérience 1

| SUJETS | FACTOR_1 | FACTOR_2 | SUJETS (SUITE) | FACTOR_1 | FACTOR_2 |
|--------|----------|----------|----------------|----------|----------|
| 1      | -0.857   | 0.521    | 26             | -0.740   | -0.239   |
| 2      | -0.399   | -0.781   | 27             | 0.913    | 0.065    |
| 3      | 0.653    | -2.133   | 28             | 1.015    | -0.400   |
| 4      | -1.524   | -1.071   | 29             | 1.150    | -0.078   |
| 5      | -1.118   | 0.431    | 30             | 0.661    | -0.573   |
| 6      | 0.202    | 1.539    | 31             | 1.782    | -0.356   |
| 7      | 0.154    | 0.122    | 32             | -0.224   | -0.598   |
| 8      | -0.635   | -1.225   | 33             | 0.934    | -0.231   |
| 9      | -1.242   | -0.660   | 34             | -0.502   | -0.207   |
| 10     | -0.255   | -0.324   | 35             | 0.921    | -0.770   |
| 11     | -0.054   | -1.298   | 36             | -0.865   | 0.199    |
| 12     | -0.721   | -2.069   | 37             | -0.751   | -0.661   |
| 13     | 0.451    | 1.551    | 38             | 1.638    | 0.769    |
| 14     | 0.698    | 1.118    | 39             | 0.523    | 1.111    |
| 15     | -0.067   | 0.525    | 40             | 0.405    | -0.713   |
| 16     | 0.270    | -0.407   | 41             | -0.344   | 1.444    |
| 17     | -1.256   | -0.184   | 42             | 0.516    | -1.787   |
| 18     | -1.426   | 1.768    | 43             | 2.167    | 0.446    |
| 19     | -1.568   | 1.534    | 44             | 1.151    | -0.229   |
| 20     | -2.360   | 1.402    | 45             | 0.488    | 0.407    |
| 21     | 0.514    | 1.608    | 46             | 0.063    | 0.272    |
| 22     | -0.622   | -0.018   | 47             | 1.437    | -0.365   |
| 23     | -1.273   | -1.908   | 48             | -1.372   | 0.391    |
| 24     | 1.156    | 1.433    |                |          |          |
| 25     | 0.312    | 0.632    |                |          |          |

Analyse factorielle en composante principale des scores d'auto-évaluation aux échelles d'adjectifs : Table de saturation des deux premiers facteurs pour l'expérience 1

| Variables  | FACTOR_1        | FACTOR_2       |
|------------|-----------------|----------------|
| anxieux    | -.779376        | .419441        |
| inquiet    | -.709053        | .472654        |
| stressé    | -.679969        | .378135        |
| troublé    | -.755351        | -.234480       |
| calme      | .788998         | .361638        |
| confiant   | .675927         | .425796        |
| détendu    | .778074         | .206541        |
| tranquille | .821515         | .009984        |
| Expl.Var   | <b>4.502775</b> | <b>.952143</b> |
| Prp.Totl   | <b>.562847</b>  | <b>.119018</b> |
| % Totl     | <b>56%</b>      | <b>11%</b>     |

## ANNEXE 7—Recueil des pensées non pertinentes

Ecrivez ci-dessous toutes les pensées qui vous ont traversé l'esprit pendant la tâche de rappel de consonnes. Il est important de ne pas censurer ce qui vous est venu à l'esprit au cours de cette tâche.

Vous n'êtes pas obligé de faire des phrases mais simplement de noter vos pensées. Vous devez remplir au moins les 3 premières cases avec leur évaluation.

-----1)

-----2)

-----3)

-----4)

-----5)

Cette colonne est prévue pour que vous puissiez évaluer vos pensées selon qu'elles vous ont aidé pour la tâche ; selon le nombre de fois qu'elles vous ont traversé l'esprit ; et selon leur intensité.

-----  
**1) A facilité ma tâche N'a pas facilité ma tâche**

M'a traversé l'esprit : 1 fois 2 fois 3 fois Plus de 3 fois

M'a paru : Très intense 011 Intense Faible Très faible

-----  
**2) A facilité ma tâche N'a pas facilité ma tâche**

M'a traversé l'esprit : 1 fois 2 fois 3 fois Plus de 3 fois

M'a paru : Très intense 011 Intense Faible Très faible

-----  
**3) A facilité ma tâche N'a pas facilité ma tâche**

M'a traversé l'esprit : 1 fois 2 fois 3 fois Plus de 3 fois

M'a paru : Très intense 011 Intense Faible Très faible

-----  
**4) A facilité ma tâche N'a pas facilité ma tâche**

M'a traversé l'esprit : 1 fois 2 fois 3 fois Plus de 3 fois

M'a paru : Très intense 011 Intense Faible Très faible

-----  
**5) A facilité ma tâche N'a pas facilité ma tâche**

M'a traversé l'esprit : 1 fois 2 fois 3 fois Plus de 3 fois

M'a paru : Très intense 011 Intense Faible Très faible

## **ANNEXE 8—EXEmple de pensées gênantes et sans rapport avec la tâche**

J'ai l'esprit confus

Les images me reviennent en mémoire

Je suis stressé(e)

Je me sens énervé(e)

Je me sens agressif(ve)

Je suis frustrée

Je ressens de la lassitude

J'ai envie de partir

J'ai peur d'échouer

Je ne parviens pas à me concentrer

Je suis paniqué(e)

J'ai l'impression d'être stupide

Je n'y arriverai jamais

Je me sens fatigué(e)

Qu'est-ce que je fais là !

Je me sens nerveux(se)

L'expérimentatrice doit me prendre pour un(e) incapable

Je pense à ce que je vais faire en sortant d'ici

J'ai hâte que cela finisse

Je pense à l'examen qui m'attend

J'ai des difficultés pour m'adapter

Je ne me sens pas en sécurité

Je suis plein(e) d'incertitudes

Je suis bloqué(e) !

L'endroit me rend claustrophobe !

Je vais être en retard à mon rendez-vous

Qu'est ce que peut bien étudier l'expérimentatrice ?

J'ai sommeil

Je n'ai pas déjeuner et j'ai faim

A quoi cela rime-t-il ?

Je suis déconcentré(e)

Il y a quelqu'un dans mon dos

Je pense à Godard (JLG)

Il faut que je travaille mes cours

Je ne cesse pas de me tromper

## **ANNEXE 9 —Liste de consonnes -Expérience 2**

Empan 3, mises à jour =3/5/7

Empan 5, mises à jour= 5/7/9

## **ANNEXE 10 —Analyse factorielle -expérience 2-**

Analyse factorielle en composante principale des scores d'auto-évaluation aux échelles d'adjectifs : Table de saturation des deux premiers facteurs pour l'expérience 2

| <b>Variables</b> | <b>FACTOR_1</b>    | <b>FACTOR_2</b>    |
|------------------|--------------------|--------------------|
| anxieux          | -0,496359872       | 0,644495989        |
| inquiet          | -0,779189784       | 0,231718982        |
| stressé          | -0,781321875       | -0,049278939       |
| troublé          | -0,684674631       | 0,609237581        |
| calme            | 0,686792895        | 0,457049619        |
| confiant         | 0,706526105        | 0,152024359        |
| détendu          | 0,859815264        | 0,239720763        |
| tranquille       | 0,810851213        | 0,310363515        |
| <b>Expl.Var</b>  | <b>4,300378662</b> | <b>1,228464927</b> |
| <b>Prp.Totl</b>  | <b>0,537547333</b> | <b>0,153558116</b> |
| <b>% Totl</b>    | <b>54%</b>         | <b>15%</b>         |

Calcul des notes en facteur pour chaque sujet de l'expérience 2

| SUJETS | FACTOR_1     | FACTOR_2     | SUJETS (SUITE) | FACTOR_1     | FACTOR_2     |
|--------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| 1      | 0,520861254  | -0,709874225 | 25             | -0,8710309   | 1,575432322  |
| 2      | 0,925957237  | -0,614155308 | 27             | -0,074094953 | -0,495084277 |
| 3      | 1,787905536  | 0,074716316  | 28             | -0,892084233 | 0,744892678  |
| 4      | -1,347465132 | -0,691693393 | 29             | -0,938309425 | 0,797649501  |
| 5      | -0,180495064 | -1,404055727 | 30             | -0,391438274 | 0,4820755    |
| 6      | 0,511370921  | -1,65827649  | 31             | -0,893251775 | -1,225705843 |
| 7      | -0,001262468 | -1,982365305 | 32             | -1,76932176  | -0,176160328 |
| 8      | 1,215667584  | -0,638727974 | 33             | -0,7489525   | 1,393075002  |
| 9      | 0,109496618  | -1,91817273  | 34             | -0,623730129 | 0,972557587  |
| 10     | 1,787905536  | 0,074716316  | 35             | -0,925204262 | 0,660363345  |
| 11     | 1,441623224  | -0,440256837 | 36             | -1,523115221 | 0,248759025  |
| 12     | -1,303100298 | -1,127112973 | 37             | -0,136990542 | 0,139388655  |
| 13     | 0,129854823  | 0,716167943  | 38             | 0,029809447  | 1,34497175   |
| 14     | 1,589851443  | -0,074464413 | 39             | -0,113266634 | 1,529047487  |
| 15     | -0,78808364  | -0,694121    | 40             | 1,068754847  | 0,196858828  |
| 16     | 0,002720985  | 0,495448378  | 41             | -1,22580857  | 1,127215103  |
| 17     | 1,787905536  | 0,074716316  | 42             | -0,436277218 | 0,320228774  |
| 18     | 0,235777862  | -0,447711126 | 43             | 1,035901775  | 2,02881717   |
| 19     | -0,916596866 | -1,22626256  | 44             | -0,082321738 | 0,573549176  |
| 20     | -0,212609008 | 0,075681435  | 45             | 0,070564201  | 1,135999849  |
| 21     | 1,126208123  | -0,461008899 | 46             | 1,325098021  | -0,465984193 |
| 22     | -0,805516248 | -1,809967323 | 47             | 1,22899479   | 2,103239277  |
| 23     | 1,660976942  | -0,049164457 | 48             | -0,422618971 | -0,051257376 |
| 24     | 0,294158173  | -0,901173868 |                |              |              |
| 25     | -0,669337942 | 0,369745859  |                |              |              |

**ANNEXE 11 —Listes de consonnes -Expérience 3-**

| <b>Entraînement</b>                      |                             |
|--|-----------------------------|
| GRDL                                     | F T M G S P R D             |
| DLVS                                     | T M H V N                   |
| B K M V S G L                            | Q N K D L                   |
| P R N C S Q                              | P H J D M F T               |
| J K P H                                  | B J G F C N                 |
| M C K R B                                | S K P N C L F D             |
| <b>Listes Bloc 1 &amp; 2 (aléatoire)</b> |                             |
| EMPAN 4 SANS DISTRACTEURS                | EMPAN 5 SANS DISTRACTEURS   |
| C S R B                                  | S B L D R                   |
| P H Q B                                  | T S P N C                   |
| J N T R                                  | B K V J T                   |
| T F K V                                  | L J P Q B                   |
| L C Q D                                  | K T H G F                   |
| G N H M                                  | C F D M G                   |
| EMPAN 4 AVEC 1 DISTRACTEUR               | EMPAN 5 AVEC 1 DISTRACTEUR  |
| P K B Q D                                | H P L Q R T                 |
| T L P K G                                | L D J M S V                 |
| R F B H Q                                | P R G S N V                 |
| L K V N R                                | J K F T H G                 |
| D J H T S                                | B S V K C L                 |
| C M S G Q                                | P H V F G M                 |
| EMPAN 4 AVEC 3 DISTRACTEURS              | EMPAN 5 AVEC 3 DISTRACTEURS |
| H V F B R M P                            | P N G H V L K M             |
| G F S H C M T                            | H D V L B Q T J             |
| L K V N J Q P                            | Q C N V F T M B             |
| K D H V L C N                            | P H M L D Q V R             |
| P R F Q B M C                            | J C N R L D Q V             |
| D J N B R Q C                            | K R V J B H C S             |

*Les consonnes grasses correspondent aux distracteurs*

## ANNEXE 12 —Listes de consonnes -Expérience 4-

| <b>Entrainement</b>                         |             |
|---|-------------|
| Q S P R                                     |             |
| D M C L                                     |             |
| V F T J                                     |             |
| G K H F B                                   |             |
| N T K B L                                   |             |
| D S C V H                                   |             |
| R Q N P M J                                 |             |
| G N F P J B                                 |             |
| G S D V H T                                 |             |
| <b>2 blocs de 18 listes contrebalancées</b> |             |
| Empan 4 distance courte                     |             |
| G C D F                                     | S R P Q     |
| P N K M                                     | H F J G     |
| Empan 4 distance moyenne                    |             |
| N T L C                                     | D M C J     |
| J B L C                                     | N V L S     |
| Empan 4 distance longue                     |             |
| S B T F                                     | T F V G     |
| S F V J                                     | Q B T C     |
| Empan 5 distance courte                     |             |
| R P N M Q                                   | L K N P M   |
| R P Q T S                                   | N M Q R P   |
| Empan 5 distance moyenne                    |             |
| K B L R H                                   | L B K D M   |
| V M D K T                                   | D L C M G   |
| Empan 5 distance longue                     |             |
| R B V D T                                   | S C V H T   |
| H S B V F                                   | G S B V K   |
| Empan 6 distance courte                     |             |
| L H J K P N                                 | F D B C H G |
| H L K G C F                                 | P Q N R M L |
| Empan 6 distance moyenne                    |             |
| K Q G N D L                                 | H P F M C J |
| J Q H R K B                                 | V P G Q K D |
| Empan 6 distance longue                     |             |
| C S R D T H                                 | F S D T C Q |
| P B V G T J                                 | J V B S G T |

## ANNEXE 13 —Analyse factorielle -expérience 4-

Analyse factorielle en composante principale des scores d'auto-évaluation aux échelles d'adjectifs : Table de saturation des deux premiers facteurs pour l'expérience 4

|       | Variables  | FACTOR_1        | FACTOR_2        |
|-------|------------|-----------------|-----------------|
| AVANT | anxieux    | -.754230        | .292702         |
|       | inquiet    | -.593419        | -.101947        |
|       | stressé    | -.616234        | .599034         |
|       | troublé    | -.619354        | .234151         |
|       | calme      | .806115         | -.004300        |
|       | confiant   | .592812         | .342677         |
|       | détendu    | .842986         | -.174870        |
|       | tranquille | .752655         | -.024086        |
|       | anxieux    | -.699380        | -.217527        |
|       | inquiet    | -.415606        | -.122087        |
|       | stressé    | -.706185        | .098400         |
|       | troublé    | -.446952        | .682219         |
|       | calme      | .732860         | .198905         |
|       | confiant   | .576922         | .533010         |
|       | détendu    | .754673         | .233621         |
|       | tranquille | .838513         | .217351         |
| APRES | Expl.Var   | <b>7.465601</b> | <b>1.621155</b> |
|       | Prp.Totl   | <b>.466600</b>  | <b>.101322</b>  |
|       | % Totl     | <b>47%</b>      | <b>10%</b>      |

Calcul des notes en facteur pour chaque sujet de l'expérience 4

| SUJETS | FACTOR_1 | FACTOR_2 | SUJETS (SUITE) | FACTOR_1 | FACTOR_2 |
|--------|----------|----------|----------------|----------|----------|
| 1      | 0.020    | -0.374   | 27             | -1.233   | 0.637    |
| 2      | -0.153   | -0.481   | 28             | 0.219    | 0.115    |
| 3      | 1.726    | -0.181   | 29             | -0.336   | -0.625   |
| 4      | 0.844    | -0.931   | 30             | -0.656   | 1.343    |
| 5      | -0.948   | -0.907   | 31             | 0.348    | 2.437    |
| 6      | -1.501   | 0.992    | 32             | -0.666   | -0.217   |
| 7      | 0.943    | 0.399    | 33             | 0.660    | -0.085   |
| 8      | -1.738   | -1.145   | 34             | -0.697   | -1.662   |
| 9      | 0.153    | -1.659   | 35             | 0.673    | 2.816    |
| 10     | 1.501    | 0.802    | 36             | 1.190    | -1.339   |
| 11     | -0.708   | -0.864   | 37             | -1.202   | -0.842   |
| 12     | 0.163    | 0.052    | 38             | 0.673    | 0.760    |
| 13     | 0.240    | 0.205    | 39             | 0.896    | -0.705   |
| 14     | 0.401    | -0.122   | 40             | -2.053   | 0.754    |
| 15     | 1.297    | -0.823   | 41             | -0.409   | 0.068    |
| 16     | 1.385    | -0.556   | 42             | 0.556    | 0.474    |
| 17     | -0.830   | 0.511    | 43             | 0.742    | 0.172    |
| 18     | -0.634   | -1.687   | 44             | -0.189   | 0.978    |
| 19     | -0.321   | 0.903    | 45             | -1.310   | 1.779    |
| 20     | 1.715    | -0.106   | 46             | 1.473    | 0.117    |
| 21     | 0.762    | 0.296    | 47             | -2.401   | 0.827    |
| 22     | 0.267    | -0.257   | 48             | 0.903    | 0.060    |
| 23     | -0.642   | -1.638   |                |          |          |
| 24     | -0.565   | -0.847   |                |          |          |
| 25     | 0.432    | 1.302    |                |          |          |
| 26     | -0.993   | -0.747   |                |          |          |

## ANNEXE 14 — Listes de consonnes -expérience 5-

| <b>Entraînement</b>                         |             |
|---|-------------|
| L B F J P R                                 | R F C J L Q |
| T M B R J H                                 | B G C D F H |
| S N K P M L                                 | Q N D P M G |
| L Q M K S T                                 | T Q B R D C |
| <b>Bloc 1.</b>                              |             |
| distribution restreinte déclassement faible |             |
| F K G H J M                                 | N K L M Q T |
| M N C K D B                                 | G H C F D B |
| distribution restreinte déclassement élevé  |             |
| P R L N M K                                 | S N J Q L K |
| Q T L P M K                                 | S G F H P Q |
| distribution étendue déclassement faible    |             |
| C S F K N T                                 | C P F J N R |
| L D G K P Q                                 | D P G K L R |
| distribution étendue déclassement élevé     |             |
| P S G M J B                                 | P Q G L K D |
| S M D P L H                                 | S T G N M C |
| <b>Bloc 2.</b>                              |             |
| distribution restreinte déclassement faible |             |
| C K D B M N                                 | J P K L N R |
| H F B G D C                                 | K N L J P Q |
| distribution restreinte déclassement élevé  |             |
| Q T G P H F                                 | R F G H S T |
| S Q K R M L                                 | Q B C D R S |
| distribution étendue déclassement faible    |             |
| S H D J L Q                                 | T G B J N S |
| N D H M R T                                 | H N L B P T |
| distribution étendue déclassement élevé     |             |
| T N B S M G                                 | R T H N J C |
| R M D P L F                                 | S M C P J F |
| <b>Bloc 3.</b>                              |             |
| distribution restreinte déclassement faible |             |
| F K G H J M                                 | N K L M Q T |
| M N C K D B                                 | G H C F D B |
| distribution restreinte déclassement élevé  |             |
| P R L N M K                                 | S N J Q L K |
| Q T L P M K                                 | S G F H P Q |
| distribution étendue déclassement faible    |             |
| C S F K N T                                 | C P F J N R |
| L D G K P Q                                 | D P G K L R |
| distribution étendue déclassement élevé     |             |
| P S G M J B                                 | P Q G L K D |
| S M D P L H                                 | S T G N M C |
| <b>Bloc 4.</b>                              |             |
| distribution restreinte déclassement faible |             |
| C K D B M N                                 | J P K L N R |
| H F B G D C                                 | K N L J P Q |
| distribution restreinte déclassement élevé  |             |
| Q T G P H F                                 | R F G H S T |
| S Q K R M L                                 | Q B C D R S |
| distribution étendue déclassement faible    |             |
| S H D J L Q                                 | T G B J N S |
| N D H M R T                                 | H N L B P T |
| distribution étendue déclassement élevé     |             |
| T N B S M G                                 | R T H N J C |
| R M D P L F                                 | S M C P J F |

## ANNEXE 15 — Questionnaire relatif à l’expérience contrôle

Consignes : Estimez, pour chacune des listes ci-dessous, si leur mise en ordre alphabétique vous à paru, au cours de la tâche, plutôt rapide ou plutôt longue à réaliser.

FKGHJM Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

MNCKDB Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

PRLNMK Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

QTLPMK Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

CSFKNT Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

LDGKPQ Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

PSGMJB Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

SMDPLH Plutôt rapide ( )—( )—( )—( ) Plutôt longue

CKDBMN Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

HFBGDC Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

QTGPHF Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

SQKRML Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

SHDJLQ Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

NDHMRT Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

TNBSMG Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

RMDPLF Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

NKLMQT Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

GHCFDB Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

SNJQLK Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

SGFHPQ Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

CPFJNR Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

DPGKLR Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

PQGLKD Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

STGNMC Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

JPKLNR Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

KNLJPQ Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

RFGHST Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

QBCDRS Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

TGBJNS Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

HNLBPT Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

RTHNJC Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

SMCPJF Plutôt rapide ()———()———() Plutôt longue

## ANNEXE 16—Images induction -expérience 5-



Image Induction neutre : deux personnes discutant dans les rues de Las Vegas



Image Induction négative : image déformée d'une scène de meurtre

## ANNEXE 17—Analyse factorielle -expérience 5-

Analyse factorielle en composante principale des scores d'auto-évaluation aux échelles d'adjectifs : Table de saturation des deux premiers facteurs pour l'expérience 5

|       | Variables  | FACTOR_1        | FACTOR_2        |
|-------|------------|-----------------|-----------------|
| AVANT | calme      | -.608413        | -.494765        |
|       | confiant   | -.618458        | -.326379        |
|       | détendu    | -.449743        | -.590233        |
|       | tranquille | -.279562        | -.016806        |
|       | anxieux    | .619885         | .374107         |
|       | inquiet    | .671852         | .300017         |
|       | stressé    | .702915         | .333950         |
|       | troublé    | .653093         | .194483         |
|       | calme      | .750002         | -.244167        |
|       | confiant   | .610834         | -.555785        |
| APRÈS | détendu    | .158106         | -.567488        |
|       | tranquille | .776271         | -.184633        |
|       | anxieux    | -.743362        | .274268         |
|       | inquiet    | -.525133        | .601065         |
|       | stressé    | -.519385        | .388246         |
|       | troublé    | -.184555        | .495335         |
|       | Expl.Var   | <b>5.484732</b> | <b>2.636527</b> |
|       | Prp.Totl   | <b>.342796</b>  | <b>.164783</b>  |
|       | % Totl     | <b>34%</b>      | <b>16,50%</b>   |

| Calcul des notes en facteur pour chaque sujet de l'expérience 5 |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sujets  | Fact_1 | Fact_2 | Fact_3 | Sujets | Fact_1 | Fact_2 |        |
| 1   | 0.673  | -0.678 | -1.109 | 25     | 0.248  | 1.456  | -0.358 |
| 2   | 0.578  | -1.814 | -0.953 | 26     | 0.020  | -0.626 | -0.530 |
| 3   | 0.341  | -1.652 | -0.783 | 27     | -0.079 | 0.352  | 0.840  |
| 4   | -0.452 | -0.007 | -0.991 | 28     | -1.850 | -0.092 | 0.274  |
| 5   | 1.744  | -0.589 | -0.048 | 29     | -1.438 | 0.793  | -0.452 |
| 6   | 1.824  | -0.849 | 0.315  | 30     | 1.103  | 0.646  | 0.362  |
| 7   | 0.994  | -0.328 | 0.407  | 31     | 1.114  | 0.546  | -0.414 |
| 8   | 0.860  | -0.513 | -0.909 | 32     | -0.329 | 0.781  | -0.442 |
| 9   | -0.866 | -1.605 | 0.811  | 33     | -0.714 | 1.051  | -0.618 |
| 10  | 0.278  | -1.170 | -0.144 | 34     | -0.258 | 0.918  | -0.908 |
| 11  | -0.652 | -1.665 | -0.012 | 35     | 1.279  | -0.135 | 0.643  |
| 12  | -0.119 | -1.187 | 4.991  | 36     | -1.258 | 1.055  | 0.469  |
| 13  | -0.941 | -0.120 | -0.255 | 37     | 0.390  | -0.436 | 0.605  |
| 14  | -1.891 | -2.560 | -1.013 | 38     | 0.071  | 1.603  | 1.387  |
| 15  | 0.798  | 0.647  | -0.309 | 39     | -0.244 | 1.068  | -0.377 |
| 16  | 1.032  | 0.351  | 0.044  | 40     | 0.043  | 1.486  | 0.530  |
| 17  | 0.652  | -0.577 | 0.170  | 41     | -0.665 | 1.229  | 0.364  |
| 18  | 1.170  | -0.071 | -0.336 | 42     | -0.036 | 0.496  | -0.862 |
| 19  | 1.389  | 0.142  | -0.419 | 43     | -0.164 | 0.496  | 0.554  |
| 20  | 1.663  | -0.437 | -0.128 | 44     | -1.408 | 0.940  | 0.321  |
| 21  | -0.235 | 0.132  | -1.721 | 45     | -1.155 | -0.056 | -1.458 |
| 22  | -1.813 | -1.176 | 1.471  | 46     | 0.215  | 1.055  | 0.229  |
| 23  | 0.530  | -0.879 | 0.530  | 47     | -1.051 | 1.336  | 0.410  |
| 24  | -1.964 | -0.766 | -0.619 | 48     | 0.573  | 1.407  | 0.444  |

## ANNEXE 18—Questionnaire de fin d’expérience

*Les questions ont été posées oralement par l’expérimentateur*

### RAPPEL DES LISTES

•

Avez-vous bien distingué les différents rappels en fonction des signaux sonores ?

oui non

•

Pendant la présentation des listes, avez-vous tenté d’ordonner les consonnes dans l’ordre alphabétique en prévision du signal “ alphabet ” ? oui non

•

Expliquez comment vous avez procédé pour mettre les consonnes dans l’ordre alphabétique :

•

Evaluez, de votre point de vue, le niveau de difficulté de la tâche :

---

### INDUCTION

Rappel condition : \_\_\_\_\_

•

Qu’avez vous ressenti au cours de l’écoute des séquences sonores ?

•

Connaissez-vous la bande originale du film “ Sombre ” ? oui non

•

Avez-vous vu ce film ? oui non

---

•

Connaissez-vous la bande originale du film “ Leaving Las Vegas ” ? oui 011non

•

Avez-vous vu ce film ? oui non

## ANNEXE 19— TABLE D'ETALONNAGE DE LA NOTE TOTALE D'ANXIÉTÉ À L'ECHELLE D'ANXIÉTÉ DE R. B. CATTELL

*Note Totale d'anxiété:*

La distribution des notes brutes des femmes est presque exactement la même que celle des notes masculines mais elle est décalée en bloc de 4 points vers les valeurs fortes. Il serait possible de soustraire simplement 4 points de la note brute d'une femme avant de l'étonner à l'aide de la même table que pour les hommes. Cependant, afin de faire gagner du temps les deux tables de conversion ont été établies.

| Hommes | Classe | Femmes | Pourcentage théorique |         |
|--------|--------|--------|-----------------------|---------|
|        |        |        | partiels              | cumulés |
| 0—10   | 0      | 0—14   | 3,6                   | 3,6     |
| 11—14  | 1      | 15—18  | 4,5                   | 8,1     |
| 15—19  | 2      | 19—23  | 7,7                   | 15,8    |
| 20—23  | 3      | 24—27  | 11,6                  | 27,4    |
| 24—27  | 4      | 28—31  | 14,6                  | 42      |
| 28—32  | 5      | 23—36  | 16                    | 58      |
| 33—36  | 6      | 37—40  | 14,6                  | 72,6    |
| 37—40  | 7      | 41—44  | 11,6                  | 84,2    |
| 41—45  | 8      | 45—49  | 7,7                   | 91,9    |
| 46—49  | 9      | 50—53  | 4,5                   | 96,4    |
| 50—80  | 10     | 54—80  | 3,6                   | 100     |

TABLE 2 : Étalonnage de la Note totale d'Anxiété(Sujets Français - Groupe de référence 25-29 ans)

note1. Adaptive control of thought

note2. Partie du système nerveux central qui se situe à sa base et qui comprend la région septale, le fornix, l'hippocampe, le complexe amygdalien et les cortex insulaire et fronto-orbitaire postérieur.

note3. Chef de chantier de construction de voies ferrées qui a vécu à la fin du XIXE siècle

note4. International Affective Picture System

note5. Une distinction est faite entre la *complexité* et la *difficulté* de la tâche. Le niveau de *complexité* renvoie aux caractéristiques intrinsèques de la tâche alors que la *difficulté* désigne, du point de vue du sujet, l'effort cognitif mobilisé pour réaliser la tâche.

note6. Les consonnes ont le format suivant : Police Helvetica ; Taille 20 ; Style Gras. Ce même format est appliqué à l'ensemble des expériences.

note7. Quatre ou cinq consonnes, selon la condition d'empan mnésique.

note8. Ces participants n'appartenaient pas à l'échantillon de l'expérience 1

note9. La taille de l'écran de l'ordinateur Macintosh est de 14 pouces

note10. Ces images ont été sélectionnées spontanément par l'expérimentateur en vertu de leur caractère relativement neutre.

note11. Ces participants n'appartenaient pas à l'échantillon de l'expérience 1

note12. Les participants aux trois expériences sont de jeunes adultes, à l'exception de l'étude de Van Der Linden dans laquelle les performances de sujets jeunes (22 ans) et âgés (65 ans) sont confondues.

note13. Pour cette condition d'empan, seules les performances des sujets jeunes (22 ans) de l'étude de Van der Linden et coll. (1994) sont prises en compte dans notre comparaison.

note14. Sachant que le nombre de consonnes pouvant être rappelées est de 20, et dans l'hypothèse où le sujet s'en remette complètement au hasard, la probabilité pour qu'il devine un item appartenant à la liste est de 5/20. Si on exige que cette consonne soit bien placée, la probabilité que les deux conditions soient simultanément satisfaites tombe à 1/20, soit 5%.

note15. La production de pensées non pertinentes ne semble pas être un indicateur fiable de l'influence de l'émotion sur les activités cognitives (expérience 1)

note16. Sachant que le nombre de consonnes pouvant être rappelées est de 20, et dans l'hypothèse où le sujet s'en remette complètement au hasard, la probabilité pour qu'il devine un item appartenant à la liste est de 4/20. Si on exige que cette consonne soit bien placée, la probabilité que les deux conditions soient simultanément satisfaites tombe à 1/20, soit 5%.

note17. Il s'agit exactement des mêmes échelles d'auto-évaluation que celles utilisées dans les expériences 1&2

note18. Pour les adjectifs congruents avec un état d'anxiété, les scores postérieurs à l'entraînement ont été soustraits aux scores antérieurs à l'entraînement alors que pour les adjectifs non congruents avec un état d'anxiété, les scores antérieurs à l'entraînement ont été soustraits aux scores postérieurs à l'entraînement.

note19. La durée des trois enregistrements de voix annonçant l'ordre de rappel est identique.

note20. Deux analyses de covariance ont été réalisées pour vérifier l'influence concomitante de la réactivité et du nombre d'items restitués sur les latences et la durée des réponses. Celles-ci ne révèlent aucun effet conjoint de la réactivité et du nombre total d'items restitués sur les latences ou la durée des réponses. Ces données sont néanmoins particulièrement difficile à interpréter parce que la covariable (nbr. d'items restitués) n'est pas indépendante du facteur Réactivité.

note21. Rappelons que les listes sont construites de telle manière à ce que chaque consonne soit redistribuée vers une autre position lorsque l'ordre du rappel est alphabétique

note22. Trois d'entre eux n'ont pas du tout respecté les durées des latences fixées pour le rappel des items. Leurs données ont donc été retirées des analyses.

note23. Les taux d'erreurs de planification ont des degrés de liberté différents des taux d'erreurs de rappel. Cela s'explique par l'impossibilité de calculer un quotient où les deux opérateurs sont nuls (lorsque le nombre d'items bien rappelés est nul et lorsque le nombre d'items bien placés est aussi fatallement nul). Les valeurs manquantes qui en découlent représentent 2,5 % des données du tableau d'analyse.

note24. La correction d'erreurs traduit le fait de recommencer le pointage au cours du processus de réponse. Elle ne signifie pas que les erreurs sont effectivement corrigées. Ainsi, le taux d'erreurs de pointage correspond au taux réel d'erreurs observé.

note25. La valeur du F est égale à 1,25 et non 1,30 car 5 valeurs aberrantes de latence au pointage ont été retirées du tableau d'analyse.

note26. Bande originale du film de Philippe Grandrieux. Musique Originale d'Alan Vega. Ces extraits évoquent des scènes de violences (cris d'enfants ; cris de femmes ; bruits suspects ; rythmes inquiétants, ambiances sinistres)

note27. Image extraite de la jacquette du CD de la bande originale du film « Sombre »

note28. Bande originale du film « Leaving Las Vegas » de Mike Figgis. Musique Originale de Mike Figgis.

note29. Image extraite de la jacquette du CD de la bande originale du film « Leaving Las Vegas »

note30. Les séquences sonores étaient toujours accompagnées d'une image présentée sur l'écran d'ordinateur

note31. Nous avons informatisé la procédure de passation du test

note32. Nous éviterons de substituer des valeurs manquantes par des valeurs moyennes car cela risque d'introduire un biais dans les résultats d'analyse

note33. Le nombre de valeurs manquantes par sujet, oscille entre 0 et 13 sur un total de 32 essais.

note34. Cette valeur est obtenue, pour chaque sujet, en soustrayant la note globale d'anxiété avant l'induction à la note globale d'anxiété, après l'induction.