

Université Lumière, Lyon 2
Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs (EMC)
Laboratoire Dynamique du Langage (DDL)
UMR CNRS 5596

**PERFORMANCES
À UNE TÂCHE DE MÉMOIRE DE TRAVAIL
SOUS INDUCTION ÉMOTIONNELLE NÉGATIVE :
INFLUENCE MODULATRICE DE L'ÉTAT ÉMOTIONNEL
SUR LES PROCESSUS EXÉCUTIFS**

Sandrine VIEILLARD¹, Jean-Claude BOUGEANT²

SUMMARY : Effect of an induced negative emotion on working memory task performance : the moderating effect of emotional state on storage and executive processes

A shortage of cognitive resources is generally assumed to account for poor working memory (WM) performance in people experiencing a negative emotional state . However, no specific hypothesis explains how this shortage is mediated. An experiment was conducted to investigate the effect of an experimentally induced negative emotion on WM storage and executive processes. A running span task of different complexity levels, according to the memory span and updating rate conditions, was completed by two groups of participants : a negative mood group and a neutral mood group. The results demonstrate an interaction effect between mood condition and complexity factors, showing the detrimental effect of a negative mood on WM performance. The discussion raises the question of whether the effect of negative mood impairs only WM executive functions or, in addition, the quality of memory traces, WM storage.

Key words : working memory, running-span task, ressource allocation, mood induction.

1. Actuellement membre de l'Équipe Perception et Cognition musicales, IRCAM, 1, place Igor-Stravinsky, 75004 Paris. E-Mail : vieillard@ircam.fr

2. E-Mail : bougeant@univ-lyon2.fr.

INTRODUCTION

LE MODÈLE DE MDT

Le modèle de mémoire de travail proposé par Baddeley et Hitch en 1974 est aujourd'hui le modèle le plus cité pour rendre compte des capacités de stockage et de traitement simultanés de l'information verbale et visuo-spatiale. 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 (Daneman et Carpenter, 1980). La fonction de maintien temporaire et de manipulation de l'information s'effectue dans la limite des capacités de traitement disponibles et s'exerce par l'intermédiaire de trois composantes distinctes. Il s'agit de deux systèmes dits « esclaves » et d'un administrateur central. Les deux premières composantes sont la boucle phonologique, chargée de maintenir temporairement actives les informations verbales, et le calepin visuo-spatial, responsable du stockage à court terme de l'information spatiale et visuelle. L'activité de ces deux composantes serait coordonnée par l'administrateur central que Baddeley (1986) assimile à un système attentionnel de capacité limitée pour la planification et le contrôle des traitements.

Plus généralement, la MDT est considérée comme un système nécessaire à l'exécution d'un grand nombre d'activités comme l'activité de lecture (Cantor et Engle, 1991 ; Just et Carpenter, 1992), le calcul mental (Barrouillet et Fayol, 1998 ; De Rammelaere, Stuyen et Vandierendonek, 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, Fearnlyhough, Henson, Hudson et Baddeley, 1996), la mise à jour de l'information verbale (Morris et Jones, 1990 ; Van der Linden, Brédart et Beerten, 1994), ou encore la formation de pensées intrusives définies comme des pensées non pertinentes pour l'activité cognitive en cours (Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-Smith et Baddeley, 1995 ; Teasdale, Proctor, Llyod et Baddeley, 1993).

LE SYSTÈME DE CONTRÔLE DE LA MDT

Dès 1986, Baddeley a proposé une dissociation entre deux principaux aspects de l'administrateur central : ses ressources et son rôle de contrôle et de planification. Dans cette perspective, il n'est plus envisagé comme un système unitaire, mais comme un système hybride dans lequel les ressources disponibles sont assimilées à la fois à un *espace* de traitement (Barrouillet, 1996) et à un ensemble de *mécanismes* d'activation et d'inhibition (métaphore énergétique). Les traitements contrôlés qui s'opèrent en MDT ne sont rien d'autre que le produit de processus d'activation et d'inhibition, et l'instance de contrôle s'apparente à une propriété émergente (Barrouillet, 1996). Cette conception est proche du modèle de mémoire de Cowan (1988, 1993, 1998) dans lequel la MCT représente la portion active de la MLT, c'est-à-dire un sous-ensemble d'informations sur lesquels se focalise l'attention (focus attentionnel). Pour décrire les aspects fonctionnels de l'administrateur central, Baddeley s'est largement inspiré du modèle de Norman et Shallice (1980). Selon ce modèle, le système cognitif serait doté d'un Système attentionnel superviseur (SAS) capable, par le moyen de processus d'inhibition des réponses automatiques et de processus d'activation des programmes d'action adéquats, d'assurer des fonctions de programmation, de régulation et de contrôle du comportement.

Dans une étude visant à spécifier les fonctions de contrôle et de planification de la MDT, Letho (1996) a mis en relation les capacités de la MDT, mesurées par des tests d'empan et de mise à jour de l'information, et les performances à des tests cliniques destinés à évaluer les capacités de contrôle et de planification. L'analyse conjointe des performances aux 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*) révèle des corrélations significatives. En revanche, l'examen de la relation entre les tâches d'empan complexe et les tests cliniques (tour de Hanoi ; tâche de poursuite d'un but) ne montrent aucune corrélation significative. Pour Letho, ces premiers résultats seraient la preuve que l'activité de mise à jour de l'information (*Running Span*) est une façon adéquate d'explorer les capacités du centre exécutif.

L'absence de corrélation entre les résultats aux tests cliniques et aux tâches d'empan complexe indiquerait quant à elle que les fonctions exécutives ne sont pas en relation étroite avec un facteur général de capacité. Selon l'auteur, cela suggère l'existence de fonctions exécutives différenciées, non centrales, qui opéreraient de manière plus ou moins indépendante.

Cette hypothèse de modularité suppose l'attribution d'une multiplicité de fonctions exécutives dont l'organisation varie selon le degré d'indépendance envisagé dans le modèle explicatif. Comme Gaonac'h et Larigauderie (2000) le soulignent, l'efficacité des fonctions exécutives peut être envisagée sous l'angle de leur activité locale ou de leur dynamique d'ensemble. Ainsi, un échec en MDT pourrait être interprété comme étant la conséquence d'une déficience locale ou encore d'un déficit du contrôle global s'appliquant au fonctionnement de l'ensemble des processus.

S'opère ainsi un glissement d'une conception unitaire désignée par l'expression d'« administrateur central » à une conception plus modulaire représentée par les fonctions exécutives affectées au centre exécutif. Le modèle hybride de Baddeley (1996), qui se situe à mi-chemin entre la métaphore spatio-temporelle et énergétique, intègre cette notion de fonctions exécutives puisqu'il utilise les concepts d'activation et d'inhibition plus conformes à la réalité neurologique. Ce modèle permet ainsi d'envisager l'instance de contrôle en distinguant son rôle de réservoir de ressources et ses fonctions de planification pour la mise en œuvre contrôlée d'opérations de traitement. Dans ce cadre, la MDT constitue un système de coordination et d'organisation des représentations issues des divers flux d'informations sensorielles, et peut être assimilée à une propriété émergente de l'activité cognitive (Baddeley, 1994).

RELATION ENTRE L'ÉMOTION ET LA MÉMOIRE À COURT TERME

Ces dernières années, un intérêt croissant s'est développé pour l'étude de l'influence de l'émotion sur l'activité cognitive à court terme et notamment sur les opérations contrôlées en MDT. Les recherches axées sur l'étude de l'influence de l'anxiété état

ou de l'anxiété trait¹, ont mis en évidence l'effet perturbateur de l'anxiété sur les capacités de stockage (Calvo et Eysenck, 1996 ; Eysenck, 1985), ainsi que sur le stockage et le traitement simultanés en MDT (Darke, 1998 ; Sorg et Whitney, 1992). D'autres données ont montré que des états émotionnels tristes et/ou joyeux induits en laboratoire provoquaient des perturbations de l'activité cognitive à court terme comme la chute des performances à une tâche de groupement perceptif (Seibert et Ellis, 1991), l'altération des performances à une tâche de rappel différé (Ellis, Seibert et Varner, 1995) ou encore l'allongement des temps de traitement et de planification à des tâches de raisonnement (Oaksford, Morris, Grainger et Williams, 1996). Bien que relatifs à des états émotionnels distincts (anxiété/dépression), les modèles explicatifs de la détérioration des performances consécutives à un état d'anxiété ou de tristesse, reposent sur le postulat commun d'une redistribution des ressources de traitement entre les pensées induites par l'émotion et l'information pertinente associée à la tâche.

Les effets de l'anxiété sur les performances en mémoire de travail

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 variable. Dans cette tâche, les participants devaient par exemple restituer la série VHKI lorsque les lettres RDGE suivies du nombre 4 leur étaient présentées. Cette activité requiert des opérations séquentielles de transformation et de récapitulation mentale pour la restitution complète des bonnes lettres. La mesure des temps de traitement montre que l'anxiété allonge la durée de récapitulation et de stockage mais qu'elle n'altère pas les opérations de transformation. Ces résultats suggèrent que les opérations de stockage et de récapitulation correspondent à une activité contrôlée. Selon Eysenck (1985), cela conforte l'idée selon laquelle l'anxiété affecte les ressources de traitement du centre exécutif.

1. L'anxiété trait est définie comme une disposition individuelle à répondre de manière anxieuse aux événements, alors que l'anxiété état correspond à un état transitoire apparaissant soit face à un stimulus menaçant, soit sous l'effet de l'induction d'un état émotionnel négatif en laboratoire.

L'étude conduite par Darke (1988) visait à vérifier l'effet de l'anxiété trait sur les capacités de stockage et de traitement en MDT. Dans cette étude, les performances de sujets anxieux et non anxieux à des tâches d'empan de chiffres et de vérification de phrases étaient testées. Dans une première tâche qui mobilisait uniquement les capacités de stockage, les sujets devaient rappeler immédiatement et dans l'ordre sériel, des listes comprenant entre trois et neuf 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 participants 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 de rappel des sujets anxieux était nettement moins bonne que pour les sujets non anxieux. Pour la vérification de phrases, les performances au rappel des derniers mots de chaque phrase étaient également plus faibles chez les sujets anxieux. Darke (1988) a interprété ces données à la lumière de la théorie d'Eysenck selon laquelle l'anxiété altérerait à la fois le fonctionnement de la boucle phonologique et celui du centre exécutif. La détérioration des performances mnésiques à la tâche d'empan numérique constitue, selon Darke (1988), un argument supplémentaire en faveur de l'hypothèse d'un effet néfaste de l'anxiété sur les composants phonologique et articulatoire responsables du maintien temporaire des traces mnésiques (Eysenck, 1985).

Plus récemment, Calvo et Eysenck (1996) ont étudié les stratégies de traitement en MDT chez des sujets anxieux (anxiété trait élevée) à l'aide d'un paradigme de compréhension de texte dans lequel étaient présentés avec ou sans interférence (suppression articulatoire et discours non pertinent), des textes scientifiques affichés phrase par phrase ou mot par mot. La présentation mot par mot, était la condition la plus contraignante parce qu'elle impliquait un stockage et une mise à jour continue 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 sujets anxieux produisaient plus de répétitions à voix haute que les non anxieux (anxiété trait faible), sans pour autant commettre plus d'erreurs de compréhension. En condition d'interférence et de présentation mot par mot, les sujets

anxieux obtenaient un niveau de compréhension plus faible que les non anxieux alors qu'en l'absence d'interférence, leur niveau de compréhension était égal. Calvo et Eysenck (1996) ont interprété ces données en avançant l'hypothèse que la boucle phonologique constituait, chez les sujets anxieux, un mécanisme auxiliaire compensatoire dans l'activité de compréhension de texte. Les sujets anxieux auraient recours à la boucle phonologique pour compenser les contraintes d'exécution liées à l'impossibilité de ralentir le rythme de lecture ou d'effectuer des retours en arrière. Cette stratégie de compensation leur permettrait de conserver un niveau de performance identique à celui des sujets non anxieux. Le rôle adaptatif de l'anxiété dans la mobilisation des ressources de traitement est ainsi mis en évidence : les performances sont affectées seulement si les stratégies compensatoires ne peuvent être utilisées. Cette interprétation repose sur la théorie de l'efficacité des traitements d'Eysenck et Calvo (1992). Dans leur modèle, les auteurs distinguent l'efficacité des traitements, c'est-à-dire l'efficacité des processus mis en œuvre, et les performances à la tâche directement observables par le biais de la réponse comportementale. Leur hypothèse est que l'anxiété se traduit par la production de pensées intrusives qui constituent le premier type d'interférence affectant les processus cognitifs requis pour la tâche (Rapee, 1993). Pour maintenir le niveau de performance, Eysenck et Calvo postulent l'existence d'un phénomène de compensation indirecte qui consiste en une réponse adaptative permettant au sujet d'éviter les conséquences redoutées d'une « mauvaise » performance. Toutefois, cette réponse se ferait au détriment de l'efficacité des processus de traitement (rapport entre les performances et la quantité de ressources requise). À l'inverse, dans le cas où aucune réponse adaptative n'est mobilisée, l'état d'anxiété affecterait directement les performances. Cette théorie modélise le niveau de difficulté de la tâche en fonction des stratégies de compensation mises en œuvre pour maintenir le niveau de performance et tente par ce moyen de rendre compte de la complexité des processus sur lesquels repose l'influence émotionnelle.

Une autre étude, conduite par Sorg et Whitney (1992) visait à examiner l'influence de l'interaction entre l'anxiété trait et l'anxiété état 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 deux à six phrases comportant entre 12 et 17 mots présentés séquentiellement, puis à rappeler le dernier mot de chaque phrase. Les auteurs ont utilisé un dispositif de mise en compétition des participants à des jeux vidéo avant la tâche pour créer un contexte stressant. 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, les sujets à l'anxiété trait élevée avaient de meilleures performances que les sujets non anxieux. Pour les auteurs, ces données sont cohérentes avec la loi de Yerkes-Dodson selon laquelle un degré d'éveil trop élevé ou trop bas diminue le niveau des performances à une tâche complexe. Par ailleurs, les résultats indiquent qu'en situation de stress supplémentaire, les capacités de MDT des sujets à l'anxiété trait élevée chutent de manière significative, traduisant un effet de potentialisation entre les deux sources d'anxiété.

L'hypothèse selon laquelle les capacités à résoudre un problème varient continuellement en fonction du niveau d'éveil a été reprise par Necka (1997) dans sa théorie de l'intelligence humaine. 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 se trouve le sujet (*capacité actuelle*). Conformément à la théorie de l'allocation des 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 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 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, soient négligées. L'information stockée devrait alors connaître un déclin rapide. À l'inverse, si la priorité du système est le stockage de l'information, l'efficacité des traitements sera moins grande. Un tel principe de *trade-off* entre le stockage et le traitement sup-

pose que le centre exécutif de la MDT contrôle l'activité du système de stockage. Dans la situation où le niveau d'éveil augmente, le centre exécutif contrôlerait en priorité l'activité de traitement au détriment du maintien de l'information. Le corollaire de ce contrôle prioritaire serait le déclin progressif des informations et par conséquent une disponibilité moins grande pour les traitements en cours, générant ainsi un déficit global des performances en MDT. Selon Necka, la priorité donnée à l'un ou l'autre des mécanismes de stockage et de traitement relèverait de processus stratégiques à la fois décisionnels et non décisionnels.

Selon que l'on adopte le point de vue de Necka (1997) ou celui d'Eysenck et Calvo (1992), deux modèles explicatifs de l'effet de l'anxiété sont envisagés. Pour Necka, les stratégies interviennent pour donner une priorité soit aux mécanismes de stockage soit aux mécanismes de traitement. Cette nécessaire option, qui vise à assurer l'efficacité de l'un ou l'autre de ces mécanismes, mais qui se caractérise à court terme par une détérioration des performances en MDT, serait le résultat de la réduction des capacités du centre exécutif. Dans la théorie de l'efficacité d'Eysenck et Calvo (1992), l'effet de la réduction des ressources de traitement du centre exécutif se traduirait également par la mobilisation de stratégies. Toutefois, celles-ci seraient destinées à contrebalancer le déclin des capacités du centre exécutif. Alors que la théorie de Necka prédit un abaissement du niveau de performance, celle d'Eysenck et Calvo suppose le maintien du niveau de performance au détriment toutefois de l'efficacité des traitements impliqués. Cette divergence entre les deux modèles tient à la distinction faite par Eysenck et Calvo, entre performance et efficacité. Selon eux 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, Coyette et Seron, 1992) ont montré que les mécanismes de répétition et de stockage de la boucle phonologique exigent des ressources de traitement et dépendent par conséquent des capacités du centre exécutif. Ces données sont contradictoires avec l'hypothèse d'Eysenck et Calvo (1992). En effet, comment des mécanismes stratégiques de la boucle phonologique peuvent-ils intervenir pour compenser la

réduction des capacités du centre exécutif s'ils dépendent eux-mêmes de l'instance de contrôle de la MDT ? Ce hiatus suggère que l'hypothèse de compensation requérant l'estimation objective du coût respectif des opérations de stockage et de traitement de l'information découle directement des spécificités de la tâche utilisée par Eysenck et Calvo (1996). Ainsi, dans la tâche de compréhension de texte, 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 des tâches plus complexes de MDT requérant une mise à jour systématique des informations, la marge de variation possible pour la mobilisation de la boucle phonologique est beaucoup moins grande. En définitive, ce qui est interprété comme étant un phénomène de compensation n'est pas possible pour l'ensemble des activités cognitives.

L'origine du phénomène de *trade-off* mis en évidence par la théorie d'Eysenck et Calvo (1992) est la diminution des ressources de traitement liée à l'apparition de pensées intrusives. Ces pensées sont dites intrusives parce qu'elles concernent directement l'émotion ressentie et ne sont pas directement liées à la tâche. Elles sont coûteuses en ressources et affectent par conséquent les mécanismes cognitifs qui se déroulent en simultanéité.

L'influence des pensées intrusives et leurs relations avec le centre exécutif ont été étudiées par Teasdale, Proctor, Lloyd et Baddeley (1993). Dans leur étude, les auteurs 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. Ils ont pu mettre en évidence trois phénomènes spécifiant la manière dont les ressources de traitement étaient prioritairement mobilisées pour l'exécution de la tâche ou pour la production des pensées intrusives. Premièrement, la production des pensées intrusives dépendrait des ressources de contrôle du centre exécutif. Cette hypothèse a été confortée par les données de Rapee (1993), Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Lloyd, Nimmo-Smith et Baddeley (1995) dans des études montrant l'interférence du système exécutif avec l'apparition naturelle de pensées intrusives. Deuxièmement, les tâches de MDT requérant en continu les ressources du centre exécutif interfèrent avec la production des pensées. Enfin, une conscience élevée des stimuli de la tâche est l'indice d'un déploiement des ressources de traitement pour le contrôle de l'activité cogni-

tive plutôt que pour la production des pensées intrusives. Il apparaît donc que le traitement d'une tâche cognitive puisse interrompre le flux de pensées intrusives naturelles si l'espace temporaire de MDT nécessaire à leur production est chargé par les informations relatives à la tâche. Plus généralement, le partage des ressources entre le traitement des informations non pertinentes liées à l'émotion (pensées intrusives) et le traitement de la tâche cognitive tend à 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, le type de pensées intrusives et la possibilité de développer ou non des stratégies alternatives de compensation.

Ce postulat général d'une redistribution des ressources attentionnelles en direction du traitement de l'émotion au détriment de l'activité cognitive est commun au modèle des effets de l'anxiété d'Eysenck et Calvo et au modèle des effets de la dépression décrit par Ellis et Ashbrook (1988).

Les effets d'un état de tristesse sur la MDT

Selon Ellis et Ashbrook (1988, 1989), un état dépressif affecte la quantité de ressources allouées à la tâche en cours d'exécution parce qu'il génère des pensées intrusives associées à cet état. La présence d'informations non pertinentes par rapport à la tâche mobilise une partie des ressources de traitement et réduit la quantité de ressources allouée à l'exécution de la tâche. Cette réduction provoquerait la chute des performances cognitives des sujets dépressifs. La redistribution des ressources de traitement dépendrait à la fois de l'intensité de l'émotion ressentie et du coût de la tâche cognitive. Par exemple, dans le cas d'une tâche mobilisant une quantité importante de ressources de traitement et un état émotionnel suffisamment intense, le modèle prédit que la part des ressources de traitement disponible pour l'activité cognitive sera trop faible pour assurer sa bonne exécution. Cela conduira par conséquent à une chute significative des performances. D'autres facteurs comme l'effet de contexte pourraient venir moduler l'effet de l'état dépressif sur la mémoire. Il n'y aurait donc pas un patron simple et unique des effets de l'émotion sur les processus cognitifs. Aussi, les prédictions du modèle concernent la manière dont les différents facteurs évo-

qués plus haut 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 intrusives liées à l'émotion mobiliseraient une part des ressources aux dépens de l'activité d'encodage. Aussi, plus le coût de l'encodage sera élevé, plus l'effet défavorable de l'état dépressif sera important. Une autre prédiction concerne les caractéristiques du matériel qui peuvent varier sur plusieurs dimensions, notamment sur le caractère plus ou moins organisé des items à encoder. Le modèle prédit ici que le coût de l'encodage sera plus grand avec un matériel faiblement structuré et peu propice aux associations.

À travers une série d'expériences utilisant une méthode d'induction inspirée de la technique de Velten (1968), 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, en fin d'expérience, a consisté à demander aux participants d'établir la liste de l'ensemble des pensées qui leur avaient traversé l'esprit au cours de la phase d'induction, en prenant soin de distinguer les pensées favorables et défavorables. Les résultats indiquent que comparativement aux sujets contrôle, les sujets induits font l'expérience d'une proportion significativement plus élevée de pensées intrusives. Dans une seconde expérience, les sujets devaient évaluer les pensées intrusives produites au cours d'une tâche de rappel de mots cibles. Les résultats ont montré une différence significative entre les deux groupes conforme avec l'idée selon laquelle un état dépressif serait étroitement lié à la production de pensées négatives.

Une étude de Seibert et Ellis (1991) sur la relation entre les pensées intrusives, l'état émotionnel et les performances cognitives, a permis de mettre en évidence l'effet néfaste d'une induction émotionnelle triste ou joyeuse, sur les performances mnésiques. Dans cette expérience, les participants réalisaient une tâche dite de regroupement perceptif qui consistait à encoder des séries de cinq lettres présentées sous forme de *chunks* (BONKI D) de manière à les rendre non prononçables. Les participants devaient mémoriser ces séries en vue d'un rappel ultérieur. Ils étaient libres d'encoder les lettres comme ils le souhaitaient. La tâche offrait donc la possibilité de regrouper les lettres sous une forme plus intelligible afin que la série soit plus facilement

récupérée (ex. BON KID). Les résultats montrent que la qualité du rappel des sujets induits dans un état joyeux ou triste par le moyen d'une technique d'autosuggestion (Seibert et Ellis, 1991) est significativement moins bonne que pour les sujets du groupe contrôle. Par ailleurs, les sujets induits restituent plus de pensées intrusives liées à leur état et cela quelle que soit la nature de l'émotion (joyeuse ou triste). Enfin, les données mettent en évidence une corrélation négative entre les performances mnésiques et la proportion de pensées intrusives rapportées par les sujets.

Selon Ellis, Seibert et Varner (1995), la détérioration des performances mnésiques observées chez les sujets induits s'expliquerait par un phénomène d'interférence. Pour tester cette hypothèse, Ellis et coll. (1995) ont mené une étude dans laquelle les effets d'un état triste, joyeux ou neutre ont été comparés sur les performances à une tâche de rappel libre immédiat ou différé. Les auteurs voulaient vérifier si l'effort d'organisation pour récupérer l'information en mémoire (requis par le rappel différé et non par le rappel immédiat) déterminait les effets de l'état émotionnel induit. En condition de rappel libre immédiat, la mesure de la fréquence des positions sérielles des items 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, en condition de rappel libre différé, l'effet de récence était supprimé pour les trois groupes de l'expérience, et surtout, les sujets induits dans un état joyeux ou triste montraient des performances plus faibles pour le rappel des mots du début de la liste en comparaison avec les sujets du groupe contrôle. Ces données ont été interprétées comme l'indice d'une interférence entre l'état émotionnel et les traitements cognitifs en cours. Selon Ellis et coll. (1995), le degré d'interférence dépendrait 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, correspond à un niveau de traitement où la compétition entre le contenu de la tâche et les pensées intrusives liées à l'état émotionnel peut se manifester.

L'étude plus spécifique des effets d'états émotionnels induits négatifs et positifs sur le fonctionnement du centre exécutif de la mémoire de travail a été menée par Oaksford, Morris, Crainger et William (1996). Les auteurs ont voulu tester 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), suppose qu'un état émotionnel positif facilite le traitement contrôlé de la MDT et que cette facilitation s'exerce directement sur ces processus de traitement. Dans une première expérience où les participants réalisaient une tâche de vérification de règles formelles (raisonnement formel), les données ont montré que l'induction positive et négative affectaient de manière similaire les performances à la tâche. Pour vérifier si ces résultats étaient compatibles avec le modèle d'allocation de ressources d'Ellis et Ashbrook (1988, 1989), Oaksford et coll. (1996) ont testé successivement les hypothèses d'un effet direct (effet sur les processus de traitement eux-mêmes) et d'un effet indirect de l'émotion (réduction des ressources de traitement). Dans cette seconde expérience, les participants étaient mis en situation de double tâche en vue de contrôler si une tâche concurrente de MDT affectait les performances au raisonnement, comme 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. Selon Oaksford et coll. (1996), l'émotion affecterait indirectement l'activité de raisonnement en chargeant l'espace de traitement de la MDT.

De manière générale, les théories explicatives des effets de l'anxiété et de la dépression partagent un arrière-plan théorique commun selon lequel il existerait une compétition pour les ressources attentionnelles, entre l'activité cognitive engendrée par l'émotion et le traitement des informations pertinentes relatives à la tâche. L'hypothèse d'une telle compétition repose sur l'idée que l'émotion négative, provoquant l'émergence de pensées intrusives pour la recherche d'une explication à l'état émotionnel (Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-Smith et Baddeley, 1995), nécessiterait l'allocation de ressources au détriment de la tâche.

L'étude présentée ici vise d'une part, à tester ce modèle explicatif d'allocation de ressources et d'autre part, à spécifier quels sont les aspects dynamiques de la MDT susceptibles d'être modulés par une émotion négative. Parmi ces aspects dynamiques, on distingue les opérations de manipulation et de stockage de l'information en MDT. On admet généralement que les premières mobiliseraient le centre exécutif de la MDT alors que les secondes solliciteraient préférentiellement la boucle phonologique. Morris et Jones (1990) ont testé cette hypothèse avec une tâche de *Running Span* supposée impliquer une activité cognitive de maintien et de mise à jour de consonnes. Leur tâche de mise à jour consistait à encoder des listes de consonnes dont la longueur était variable afin de pouvoir rappeler le plus rapidement possible les n derniers items de cette liste. La variation imprévisible de la longueur de la liste à encoder (n , $n + 2$, $n + 4$) requiert une mise à jour du contenu du stock phonologique pour le rappel sériel exact des n derniers items de la liste. Les auteurs ont démontré qu'un traitement secondaire comme l'écoute d'un discours non pertinent ou une activité de suppression articulaire, interférerait avec le maintien des items en mémoire et non avec les opérations de mise à jour. En revanche, la mise à jour des consonnes en mémoire affectait les performances indépendamment des effets de discours non pertinent ou de suppression articulaire. Ces données indiquent que le rappel sériel des consonnes maintenues en MDT est assuré par le système de la boucle phonologique alors que les opérations de mise à jour, conçues dans cette tâche comme la modification du statut d'une représentation pour son ajustement à un nouvel *output*, impliquent massivement les processus exécutifs de la MDT. Autrement dit, la tâche de *Running Span* rend compte à la fois des processus actifs de stockage et de manipulation en MDT attribués respectivement aux composantes phonologiques et exécutives. Cela rend ce paradigme particulièrement intéressant pour vérifier l'existence d'une détérioration de chacun de ces processus suite à l'induction d'une émotion négative.

Dans le cadre du modèle général de traitement de l'information à capacité limitée, trois hypothèses théoriques seront testées.

La première hypothèse postule qu'un état émotionnel suffisamment intense devrait produire une quantité substantielle de pensées intrusives. 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). Cette production consciente de pensées intrusives mobiliserait une partie des ressources du système exécutif de la MDT (Rapee, 1993 ; Teasdale, Proctor, Llyod et Baddeley, 1993). Ainsi, la conjugaison 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, la seconde hypothèse est que la production de pensées intrusives détournerait des ressources du centre exécutif au détriment de la tâche. La faible allocation de ressources à la tâche de *Running Span* devrait par conséquent conduire 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 (Humphreys et Revelle, 1984 ; Ellis et Ashbrook, 1988, 1989 ; Eysenck et Calvo, 1992) que l'apparition d'une dégradation des performances serait 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 la complexité¹ de la tâche car le partage des ressources de traitement suffirait à entamer la part de ressources nécessaire à son exécution. Une baisse significative des performances devrait alors être observée. En revanche, pour une tâche d'un niveau de complexité moindre, la faible quantité de ressources requise par la tâche ne devrait pas mobiliser toutes les ressources du système. Les ressources disponibles devraient donc pouvoir être allouées au traitement de l'information liée à l'état émotionnel, sans inconvénient pour la tâche principale. Afin de tester cette troisième hypothèse, deux conditions de charge mnésique (faible *versus* élevée) ont été introduites dans le paradigme de *Running Span*.

1. Une distinction est faite entre la complexité et la difficulté de la tâche. Le niveau de complexité renvoie aux caractéristiques intrinsèques de la tâche (nombre d'éléments à traiter, type d'opérations, etc.) alors que la difficulté recouvre, du point de vue du sujet, l'effort cognitif mobilisé pour réaliser la tâche.

MÉTHODE

PARTICIPANTS

48 étudiants de premier et second cycle universitaire en Sciences humaines (37 femmes, 11 hommes) âgés en moyenne de 22 ans, ont participé à l'expérience.

MATÉRIEL

1. La tâche de *Running Span*

La tâche de *Running Span* est une tâche de MDT qui nécessite la mise à jour constante d'éléments maintenus dans le stock phonologique. Elle consiste, pour le sujet, à mettre à jour et à maintenir une série de consonnes composée exclusivement des n derniers éléments d'une liste présentée à la cadence d'une consonne toutes les 1 500 ms. La tâche a été réalisée sur un micro-ordinateur Macintosh à l'aide du logiciel *Psyscope* (Cohen, McWhinney et Provost, 1993). 72 listes de consonnes (annexe I) ont été élaborées à partir de séries produites aléatoirement en veillant à éliminer tous les acronymes usuels ainsi que les répétitions d'une même consonne au sein d'une même liste. Pour réaliser la tâche, les participants ont été avertis qu'à l'apparition d'un signal sonore marquant la fin de la liste de consonnes, ils devaient rappeler dans l'ordre les n derniers items de cette liste. La particularité du paradigme de *Running Span* est que la longueur des listes à encoder varie d'un essai à l'autre de manière imprévisible, ce qui incite les participants à effectuer une mise à jour permanente de leur stock phonologique afin de ne conserver que les n dernières consonnes requises par la tâche de restitution.

Deux conditions de charge mnésique (empan 4 *versus* 5), correspondant à deux niveaux de complexité différents, ont été réalisées. Dans la condition d'empan 4, des séries de quatre, six et huit consonnes ont été réparties de manière égale en quatre blocs de neuf essais. Dans la condition d'empan 5, il s'agissait de séries de cinq, sept, et neuf consonnes. Pour les deux conditions d'empan, chacun des blocs d'essais comprenait trois listes de chaque longueur dont l'ordre aléatoire d'apparition était identique pour tous les participants. Le premier bloc de neuf essais constituait une phase d'entraînement dont les résultats n'ont pas été inclus dans l'analyse statistique.

Pour chaque liste, les consonnes étaient présentées une à une au centre de l'écran toutes les 1 500 ms. Elles étaient affichées en majuscules noires (Helvetica, 20, gras) sur un fond blanc pendant 850 ms. L'intervalle interstimuli était de 650 ms.

La présentation de chaque liste était déclenchée à l'initiative du sujet par une pression de la barre d'espacement. Les participants n'étaient pas

informés du nombre de consonnes contenues dans les listes. La première consonne apparaissait 650 ms après le déclenchement de l'essai. La fin de la liste était signalée par un son clairement audible qui retentissait 650 ms après le dernier item. À ce signal, le rappel sériel strict des n derniers items (4 ou 5 selon la condition d'empan) était exigé, du plus ancien au plus récent. Les instructions indiquaient explicitement que les listes contenaient un nombre variable de consonnes. Elles précisait également que les participants devaient tenter de deviner les items manquants au cas où ils seraient dans l'impossibilité de restituer l'intégralité des n derniers items. Cette 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.

Dans la tâche de *Running Span*, la mise à jour continue des consonnes réclame un haut niveau de contrôle pour le stockage et la manipulation des items nouvellement encodés ou inhibés. Sa complexité réside à la fois dans la quantité de mises à jour (Facteur nombre de mises à jour) exigées par la variation de longueur des listes, et dans le nombre de consonnes qu'il faut maintenir disponibles pour le rappel (Facteur empan).

2. La procédure d'induction émotionnelle

Elle consistait en une présentation d'images anxiogènes ou neutres¹ sur un écran d'ordinateur de 14 pouces. Aucune instruction ne suggérait aux participants 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 (Lazarus, 1993).

Deux conditions d'induction ont été réalisées : l'une négative, avec la présentation de 10 images anxiogènes et l'autre neutre avec 10 images sans connotation émotionnelle, ni positive ni négative. Pour les deux conditions, les images s'affichaient successivement à l'écran pendant quinze secondes chacune. Il était demandé aux participants d'être attentifs à chacune des images en vue de répondre, en fin d'expérience, à une série de questions relatives à leur contenu. Ces questions étaient destinées à vérifier que les sujets avaient réellement prêté attention à l'ensemble des images.

1. Une série de 10 images anxiogènes en noir et blanc a été sélectionnée sur la base des résultats à un pré-test dans lequel 25 participants n'ayant pas pris part à l'expérience, ont jugé 16 images possédant une connotation négative. Pour chaque image, il était demandé aux participants d'évaluer, sur une échelle en six points l'intensité avec laquelle ils ressentaient les sentiments d'angoisse, de colère, de dégoût, de peur et de tristesse. Les images anxiogènes ont été sélectionnées sur la base de l'intensité avec laquelle chaque sentiment a été ressenti. Les 10 images qui possédaient la plus forte intensité sur le plus grand nombre d'échelles ont été retenues en prenant comme critères les paramètres de tendance centrale et de dispersion.

L'état émotionnel induit était ensuite évalué afin de contrôler l'efficacité de la procédure d'induction. Ce contrôle s'est effectué au moyen d'échelles de type Likert¹. Quatre échelles utilisaient des adjectifs désignant un état plutôt négatif (anxieux, inquiet, stressé, troublé) et quatre autres un état contraire (calme, détendu, tranquille, confiant). Une note élevée signifiait que l'adjectif traduisait de manière tout à fait adéquate l'état émotionnel ressenti, alors qu'une note faible signifiait l'inverse. Cette phase de contrôle repose sur ce que perçoivent les participants de leur expérience émotionnelle. Bien que cette investigation réalisée à partir d'adjectifs décrivant un état plus ou moins proche de l'anxiété ne permette pas de connaître objectivement et précisément la nature de l'expérience émotionnelle, il constitue cependant un premier indice de l'état induit, couramment utilisé dans ce type d'étude. Ainsi, le terme « état émotionnel négatif » désigne ici l'expérience émotionnelle caractérisée par une valence négative et un éveil plutôt élevé (anxieux, inquiet, stressé, troublé) en opposition avec un état émotionnel caractérisé par une valence positive et un éveil plutôt faible (calme, détendu, tranquille, confiant).

PLAN EXPÉRIMENTAL ET PRÉDICTIONS

L'expérience débutait par neuf essais d'entraînement à la tâche de *Running Span*. L'attention des participants était attirée sur la nécessité de procéder à la mise à jour permanente des consonnes afin de répondre le plus rapidement et le plus précisément possible. Puis venait la phase d'induction émotionnelle d'une durée de trois minutes environ, avec la présentation des 10 images négatives ou neutres. Immédiatement après, les participants complétaient les huit échelles d'auto-évaluation. Une nouvelle série de consignes rappelant le déroulement de la tâche s'affichait alors à l'écran pour annoncer le début du test proprement dit. Les participants réalisaient trois blocs de neuf essais séparés par deux courtes pauses. Pour chacune des listes, le temps de latence de la première consonne rappelée oralement (temps écoulé entre le signal sonore et le premier item restitué) et le contenu du rappel étaient respectivement enregistrés par le moyen d'une clé vocale et d'un magnétophone.

Pour finir, les participants indiquaient par écrit les pensées qui leur avaient traversé l'esprit pendant la tâche. Il leur était demandé de préciser

1. Ces items ont été validés par un pré-test dans lequel 42 étudiants n'ayant pas pris part à l'expérience ont jugé deux listes d'adjectifs. La première liste contenait 42 adjectifs traduisant un état d'anxiété. La deuxième contenait 40 adjectifs désignant un état contraire à l'anxiété. Pour chaque liste, les participants devaient évaluer, sur une échelle en six points, la congruence des adjectifs avec l'état désigné (anxiété *versus* contraire de l'anxiété). Les adjectifs dont le score moyen d'adéquation était supérieur ou égal à quatre ont été présélectionnés, à partir desquels huit adjectifs ont finalement été retenus.

la nature, l'intensité et la fréquence de leurs pensées tout en indiquant leur caractère facilitant ou gênant pour l'exécution de la tâche (Seibert et Ellis, 1991). Ils disposaient d'une feuille A4 où chaque pensée pouvait être consignée. Trois pensées minimum devaient être rapportées. Aucune limite de temps n'était imposée. Un questionnaire relatif aux images de la phase d'induction était également administré aux participants qui devaient cocher parmi 16 propositions (dont 9 fictives), les images qu'ils pensaient avoir vues pendant la phase d'induction. Un débriefing venait clore l'expérience qui durait trente minutes.

Le plan d'expérience était mixte. Il comprenait trois variables indépendantes dont deux variables intersujets (Induction, Empan) et une variable intrasujet (Mise à jour). Les participants étaient donc répartis de manière aléatoire dans 4 conditions expérimentales d'induction et d'empan mnésique.

$$\text{Sujets}_{12} < \text{Induction}_2 * \text{Empan}_2 > * \text{Mises à jour}_3.$$

Le facteur Induction comportait deux modalités : une induction négative (sujets induits) et une induction dite neutre (sujets contrôle). Le facteur Empan correspondait au nombre de consonnes à restituer (quatre ou cinq). Dans chaque groupe d'induction émotionnelle, la moitié des participants effectuait un rappel de quatre consonnes et l'autre moitié, un rappel de cinq consonnes. Le facteur Mise à jour correspondait au nombre d'items qu'il faut « ignorer » pour ne garder en mémoire que les quatre ou les cinq derniers items. Ce facteur était confondu avec la longueur des listes. Pour les deux conditions d'empan, les trois longueurs possibles de listes conduisaient donc à effectuer zéro, deux ou quatre mises à jour. Par exemple, dans la condition d'empan mnésique de quatre items, une liste de six items (JDFXKZ) nécessitait deux mises à jour. C'est-à-dire qu'il fallait « oublier » le J lorsque la lettre K entrait dans le stock à court terme (DFXK), puis le D lorsque le Z était encodé (FXKZ). Ces mises à jour permettaient de conserver uniquement les quatre consonnes les plus récentes et étaient considérées comme des opérations indépendantes de l'empan mnésique car l'entrée d'un item nouveau (K) coïncidait avec la sortie du plus ancien (J).

Les trois variables dépendantes qui ont été mesurées sont : le taux d'erreurs, les temps de latence au rappel du premier item et la proportion de pensées intrusives.

Le taux d'erreurs a été calculé en ne considérant comme bonnes réponses que les consonnes appartenant à l'ensemble des n dernières consonnes qu'il fallait restituer et à la condition qu'elles soient rappelées à la bonne position.

Ce taux d'erreurs constitue un indice de la qualité du rappel. Dans les conditions où la longueur de la liste est égale à l'empan mnésique requis par le rappel (4 *versus* 5 consonnes), le taux d'erreurs rend compte essentiellement de l'efficacité des mécanismes de stockage. En revanche, lorsque la

variation de la longueur des listes nécessite une manipulation des consonnes, le taux d'erreurs est dépendant de l'efficacité conjointe des mécanismes de stockage et de celle des opérations de mise à jour.

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. Elles sont une estimation de la durée des opérations impliquées dans la mise à jour des items. Elles indiquent dans quelle mesure l'activité de mise à jour est bien effectuée de manière permanente. Une augmentation des temps de latence est l'indice d'une mise à jour inachevée au moment du rappel et d'une réorganisation tardive des consonnes juste avant de répondre.

Les pensées intrusives rapportées par les participants 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, 1991). 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 intrusives, non pertinentes par rapport à la tâche (ex. « Je n'y arriverai jamais », « J'ai l'esprit confus »). Pour chaque participant, la proportion de pensées non pertinentes est calculée.

Pour améliorer la sensibilité de la mesure, la fréquence d'apparition et l'intensité de chaque pensée sont intégrées dans le calcul selon la technique décrite par Seibert et Ellis (1991) : la fréquence d'apparition de chaque pensée est arbitrairement multipliée par la valeur de son intensité. Ce calcul procure un indice pondéré de l'importance de chaque pensée rapportée. Après avoir appliqué cette procédure de pondération à toutes les pensées produites, la proportion des pensées non pertinentes est alors calculée en divisant le total des pensées non pertinentes par le total des pensées rapportées en fin d'expérience.

Les effets attendus de l'émotion induite sur les performances à la tâche devraient se manifester par un taux d'erreurs de rappel plus élevé et des opérations de mises à jour plus longues. Plus exactement, l'hypothèse d'un effet de potentialisation entre la complexité des conditions de rappel et l'induction émotionnelle permet de prédire que chez les sujets induits, la chute des performances au rappel sériel des consonnes devrait s'aggraver avec l'accroissement de l'empan mnésique et l'augmentation du nombre de mises à jour. Du point de vue de la vitesse de traitement en MDT, l'élévation du niveau de complexité déterminé par le nombre de mises à jour et l'empan mnésique devrait également aggraver le ralentissement des opérations de mises à jour chez les sujets induits par rapport aux sujets témoins. L'explication de ces effets néfastes de l'émotion s'appuie sur l'hypothèse générale d'une réduction des ressources du centre exécutif provoquée par la production de pensées intrusives, et cela au détriment de l'activité cognitive en cours. Cela suppose par conséquent que les sujets induits dans un état émotionnel négatif devraient restituer une proportion de pensées intrusives plus grande en comparaison avec les sujets témoins.

RÉSULTATS

L'état émotionnel induit par la technique de présentation d'images anxiogènes a été préalablement contrôlé afin de vérifier que les deux groupes expérimentaux peuvent effectivement être discriminés sur la base de leur expérience émotionnelle subjective.

CONTRÔLE DE L'ÉTAT ÉMOTIONNEL

Les notes obtenues aux huit échelles d'auto-évaluation de l'état émotionnel ont été soumises à une analyse en composantes principales. La matrice des corrélations entre les différentes échelles (tableau 1) montre clairement que les huit adjectifs se répartissent en deux catégories selon qu'ils sont congruents ou non congruents avec un état émotionnel négatif. Ce résultat est cohérent avec les critères de sélection des adjectifs utilisés pour contrôler la validité de la procédure d'induction émotionnelle.

TABLEAU 1. — *Matrice d'intercorrélations entre les adjectifs du questionnaire d'auto-évaluation.*
Tous les coefficients sont significatifs à $p = 05$ ($ddl = 40$)

Correlations between the adjective scales used to assess the emotional state of participants.
All coefficients are significant

	Anxieux	In- quiet	Trou- Stressé	blé	Con- Calme	Dé- fiant	Tran- tendu	quille
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

Les coefficients de corrélations sont tous négatifs pour les couples d'adjectifs dont l'un est congruent et l'autre non congruent avec un état émotionnel négatif. Inversement, les corrélations sont positives pour les couples d'adjectifs appartenant à la même catégorie. L'analyse en composantes principales effectuée sur l'ensemble des scores d'auto-évaluation met en évidence un premier facteur (valeur propre = 4,503) qui explique 56 % de la variance des scores¹. Il est caractérisé par une nette opposition entre les adjectifs congruents et non congruents avec un état émotionnel négatif. Cette dimension, qui valide la structure du questionnaire en deux pôles antagonistes, permet d'opposer un état émotionnel caractérisé par une valence négative et un niveau d'éveil plutôt élevé à un état émotionnel caractérisé par une valence positive et un niveau d'éveil plutôt faible.

Dans ce premier facteur, la comparaison entre les notes calculées pour les sujets en fonction des conditions d'induction révèle l'existence d'un effet significatif de l'induction émotionnelle ($F(1,46) = 14,49$; $p = .0004$). Cet effet principal montre qu'en comparaison avec le groupe contrôle, les sujets induits évaluent leur état comme étant significativement plus congruent avec un état émotionnel négatif.

EFFET DE L'INDUCTION ÉMOTIONNELLE
SUR LES PERFORMANCES À LA TÂCHE

Les données de quatre participants² ont été écartées de l'analyse statistique parce qu'ils avaient commis un nombre trop grand d'omissions (supérieur à 50 %) ou n'avaient pas respecté la consigne de mise à jour requise pour la tâche de *Running Span*.

Une première analyse de la variance à mesures répétées, effectuée sur le taux d'erreurs de rappel commis pour les deux

1. La valeur propre du second facteur est inférieure à 1. Il ne fera donc pas l'objet d'une interprétation.

2. La répartition des sujets écartés de l'analyse en fonction des conditions expérimentales est la suivante : un pour la condition d'empan 4 / non induit ; un pour la condition empan 5 / induit ; et deux pour la condition empan 5 / non induit.

conditions d'empan (4 versus 5) en fonction de l'induction émotionnelle (négative versus neutre) et du nombre de mises à jour (0 versus 2 versus 4) ne montre pas d'interaction significative entre ces trois facteurs. Il n'existe pas non plus d'interaction significative entre l'induction émotionnelle et le nombre de mises à jour. En revanche, les analyses révèlent qu'en fonction de l'empan mnésique (4 versus 5), l'influence de l'induction émotionnelle sur le taux d'erreurs au rappel est significativement différente ($F(1,40) = 13,13$; $p = .0008$). Cette interaction est illustrée par la figure 1.

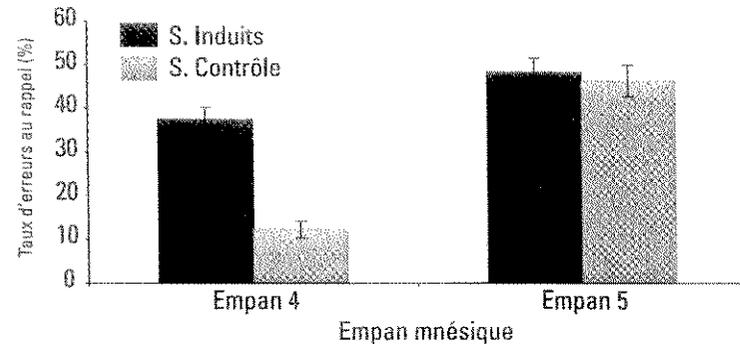


Fig. 1. — Effet de l'interaction entre l'empan mnésique (4 versus 5) et l'induction émotionnelle sur le taux d'erreurs au rappel des consonnes

Two-way interaction of the span (4 versus 5) and mood factors on the recall error rate

L'analyse séparée des effets de l'induction émotionnelle pour chacune des deux conditions d'empan sur le taux d'erreurs au rappel, montre un taux d'erreurs significativement plus élevé chez les sujets induits par rapport aux sujets témoins, pour la condition d'empan 4 ($F(1,21) = 32,08$; $p = .0001$), mais pas pour la condition d'empan 5. Pour la condition d'empan 4 seulement, l'interaction entre le nombre de mises à jour et l'induction émotionnelle est significative ($F(2,42) = 4,54$; $p = .0164$). Selon le nombre de mises à jour requis par la longueur de la liste, les performances des sujets des deux groupes ne sont pas affectées de la même façon (fig. 2). Chez les sujets induits, le taux d'erreurs augmente brutalement avec les deux premières mises à

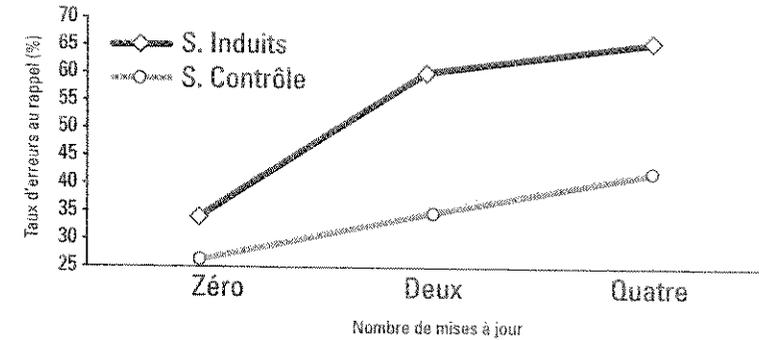


Fig. 2. — Effet de l'interaction entre le nombre de mises à jour et l'induction émotionnelle sur le taux d'erreurs commises au rappel des quatre dernières consonnes

Two-way interaction of updating frequency and mood condition factors on the recall error rate, for the last four consonants

jour, comme s'il existait un effet de seuil. En revanche, chez les sujets témoins, le taux d'erreurs progresse linéairement en fonction des mises à jour. Pour les deux groupes, la comparaison des taux moyens d'erreurs selon que le traitement en MDT requiert deux ou quatre mises à jour, ne montre pas de différence significative. Ainsi, lorsque l'activité de mise à jour est nécessaire, le taux d'erreurs s'accroît fortement, chez les sujets induits seulement, mais n'augmente pas de manière significative en fonction du nombre de mises à jour. Enfin, un test *t* calculé *a posteriori* sur les performances entre les deux groupes, pour les listes de quatre items (sans mise à jour), met en évidence une différence significative ($t(67) = 3,73$; $p = .0004$).

La fréquence des erreurs au rappel de la première consonne pour l'ensemble des données, toutes conditions confondues, est égale à près de 50 %. Une valeur aussi élevée témoigne à l'évidence de la grande difficulté à récupérer l'item initial correct. Toutefois, pour entreprendre une analyse plus détaillée des données, cette fréquence d'erreurs élevée rend très problématique l'analyse des latences appariées aux premières consonnes correctes à cause des nombreuses valeurs manquantes. À défaut de pouvoir effectuer deux analyses valides séparées, l'une sur les réponses justes et l'autre sur les réponses fausses, l'analyse a été réalisée sur la totalité des latences au rappel du premier item.

Une première analyse de la variance à mesures répétées a donc été réalisée sur les latences pour les deux conditions d'empan, en fonction des facteurs induction émotionnelle et nombre de mises à jour. Cette analyse révèle une interaction significative entre l'induction émotionnelle, le nombre de mises à jour et l'empan mnésique ($F(2,80) = 5,83$; $p = .0043$). Celle-ci témoigne (fig. 3) de l'effet de potentialisation entre l'induction émotionnelle et l'empan mnésique. En revanche, elle montre que l'augmentation du nombre de mises à jour (2 *versus* 4) n'influence pas de manière significative les latences au rappel. La figure 3 indique toutefois que pour la condition d'empan 5, on observe à nouveau un effet de seuil correspondant à l'activité de mise à jour : le temps de réponse augmente fortement pour deux mises à jour puis se stabilise. Les interactions entre l'induction émotionnelle et l'empan d'une part, et entre l'induction émotionnelle et le nombre de mises à jour, d'autre part, sont toutes les deux significatives ($F(1,40) = 7,64$; $p = .0086$) et ($F(2,80) = 6,90$; $p = .0017$). Par ailleurs, deux tests *t* calculés *a posteriori* sur les latences au rappel dans les deux groupes, dans la condition où il n'y a pas de mise à jour, montrent des différences significatives entre les performances des sujets induits et non induits tant pour un empan de

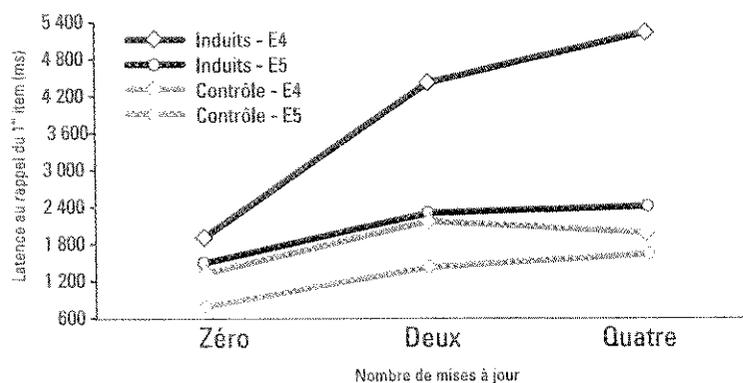


Fig. 3. — Effet de l'interaction entre les facteurs induction émotionnelle, empan mnésique et nombre de mises à jour sur les latences au rappel du premier item

Three-way interaction of updating frequency, span and mood factors on the response latencies

quatre consonnes ($t(67) = 4,43$; $p = .0001$) que pour un empan de cinq consonnes ($t(61) = 2,04$; $p = .0454$). Ces différences indiquent que l'induction émotionnelle affecte la vitesse de récupération des items indépendamment de l'activité de mise à jour.

ANALYSE DES ERREURS DE RAPPEL

Une analyse de la nature des erreurs a été entreprise pour tenter de déterminer les contraintes de traitement inhérentes à la tâche et d'identifier les stratégies de réponse des sujets. Cette analyse repose sur l'examen systématique des réponses données pour chaque position sérielle au rappel des *n* dernières consonnes. Elle a permis de dégager cinq principaux types d'erreurs (tableau 2) qui correspondent respectivement à l'intrusion d'items encodés mais non pertinents (*a*), à l'apparition d'items nouveaux (*b*), à l'omission d'items (*c*), au décalage d'items pertinents (*d*) ou encore à la transposition des items pertinents (*e*). Ces types d'erreurs peuvent se regrouper en trois classes principales : l'apparition de consonnes inexactes (*a*, *b*), l'absence de réponse (*c*) ou bien des erreurs de positionnement (*d*, *e*). Cette description formelle constitue un cadre interprétatif pour donner quelques éléments de compréhension sur les contraintes et les stratégies de traitement mobilisées pour exécuter la tâche. Ainsi, les erreurs de décalage (*d*) et de transposition (*e*) affectent l'ordre de récupération. Ici, les items sont correctement maintenus mais mal restitués. Un rappel décalé ou transposé pourrait donc être l'indice d'une désorganisation dans l'activité

TABLEAU 2. — Répartition des erreurs commises au rappel, en fonction de leur nature (*exp. 1*)

Distribution of recall errors in five categories

Erreurs	Décalage	Transposition	Omission	Intrusion	Nouvelle	Total
Effectifs	21	187	26	355	228	817
Taux	3 %	23 %	3 %	43 %	28 %	100 %

de mise à jour. L'erreur d'intrusion (*a*), l'apparition de nouveaux items (*b*) et l'omission (*c*) sont trois manifestations comparables. Elles révèlent l'impossibilité d'accéder aux items pertinents. Cette impossibilité peut s'expliquer par un défaut de maintien et de mise à jour, c'est-à-dire un défaut plus étendu par rapport aux erreurs de décalage et de transposition. On peut néanmoins distinguer les erreurs d'omission (*c*) des erreurs d'intrusion (*a*) et d'apparition d'un nouvel item (*b*). 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 des mauvaises réponses. Les erreurs d'intrusion et l'apparition de nouvelles consonnes pourraient correspondre à une stratégie opposée consistant à donner une réponse de substitution pour compenser l'inaccessibilité des consonnes pertinentes.

La répartition par catégories des erreurs commises au rappel indique une très faible proportion d'erreurs de décalage et d'omission. Ces erreurs ont donc été exclues d'une première analyse de la variance à mesures répétées sur les facteurs catégorie d'erreurs (facteur *post hoc*) et nombre de mises à jour, et l'empan comme facteur intersujets. Les résultats montrent que les effets principaux des facteurs empan et mises à jour sont significatifs ($F(1,48) = 29,30$; $p = .0001$) ($F(2,96) = 91,53$; $p = .0001$). Par ailleurs, il existe un effet principal de la catégorie d'erreurs ($F(2,96) = 24,89$; $p = .0001$). L'interaction entre le nombre de mises à jour, l'empan et la catégorie d'erreurs, illustrée par la figure 4 est également significative ($F(4,192) = 5,02$; $p = .0007$). Elle montre que l'accroissement des erreurs, provoqué par l'augmentation de l'empan, est très marqué pour les erreurs d'intrusion avec des listes nécessitant quatre mises à jour. En effet, plus le nombre de consonnes présentées est grand, plus la probabilité pour que l'une d'entre elles apparaisse dans la réponse est élevée alors qu'elle n'est pas pertinente pour le rappel. À l'inverse, l'introduction de nouveaux items est plus fréquente pour les listes sans mise à jour. Cela témoigne de 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.

Une seconde analyse de la variance intégrant le facteur induction révèle un effet principal de ce facteur ($F(1,47) = 5,17$;

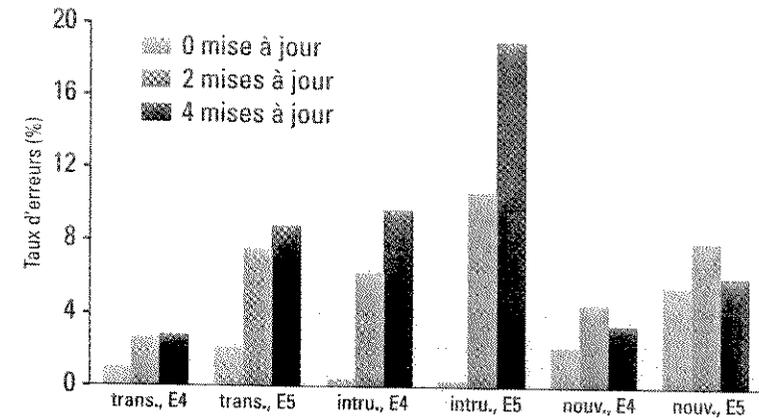


Fig. 4. — Effet de l'interaction entre le nombre de mises à jour, l'empan mnésique et le type d'erreurs commises sur la qualité du rappel aux quatre et cinq dernières consonnes

Three-way interaction of updating frequency, memory span and error category factors on the recall error rates, for the last four and five consonants

$p = .0276$) : les sujets induits commettent plus d'erreurs que les sujets non induits. Toutefois, il n'existe pas d'interaction significative avec la catégorie d'erreurs.

ANALYSE DES PENSÉES INTRUSIVES

L'analyse statistique du nombre de pensées rapportées en fin d'expérience par les deux groupes ne montre pas d'effet significatif de l'induction émotionnelle. En revanche, après le calcul de pondération, le poids moyen des pensées intrusives rapportées par les sujets induits est plus élevé que chez les sujets non induits ($t(42) = 3,64$; $p = .0007$). Ce poids moyen, évalué sur la base de la fréquence d'apparition et de l'intensité des pensées intrusives (Seibert et Ellis, 1991), demeure significativement plus élevé chez les sujets induits que chez les témoins ($t(42) = 3,38$; $p = .0016$). L'émotion induite semble donc provoquer une production plus importante de pensées intrusives. Ces dernières étant jugées par les sujets comme étant plus fréquentes et plus intenses.

Toutefois, si l'on envisage les pensées intrusives de manière plus stricte en les considérant non seulement comme des produc-

tions qui gênent l'activité du sujet, mais également comme des pensées qui sont sans rapport avec l'activité cognitive (car davantage liées à l'expérience émotionnelle), le mode d'évaluation inspiré de l'étude de Seibert et Ellis (1991) peut paraître insuffisant pour rendre compte du caractère véritablement intrusif des pensées rapportées. Ayant observé à ce titre que de nombreuses pensées jugées comme non pertinentes par les participants avaient un rapport direct avec les contraintes procédurales de la tâche, nous avons effectué une seconde catégorisation sur la base d'une définition plus restrictive des pensées intrusives. Selon cette définition, une pensée intrusive est une pensée gênante pour la tâche et sans rapport avec celle-ci.

Ce nouvel examen indique que les pensées considérées comme intrusives coïncident avec des préoccupations personnelles comme : « 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. La comparaison entre la proportion moyenne des pensées intrusives chez les sujets induits et celle rapportée par les sujets non induits ne montre pas de différence significative. Par ailleurs, l'analyse intégrant la fréquence et l'intensité des productions ne révèle pas non plus de résultat significatif. Ainsi, la définition plus restrictive qui peut être donnée à la notion de pensée intrusive ne permet pas de mettre en évidence un effet significatif de l'induction émotionnelle.

DISCUSSION

Les données relatives au contrôle de l'état émotionnel montrent que les sujets exposés aux images anxiogènes évaluent leur état émotionnel comme étant significativement plus négatif par rapport aux sujets de la condition d'induction neutre. Cette différence autorise donc l'examen et l'interprétation des effets de l'émotion sur les performances à la tâche de *Running Span*.

Les premières observations recueillies sur l'effet de l'induction montrent que l'état émotionnel négatif provoque une élévation significative des erreurs de rappel pour la condition d'empan 4. Plus exactement, les résultats indiquent que l'influence de l'induction émotionnelle s'exerce sur la qualité de l'activité de mise à jour sans affecter le rappel sériel des 4 der-

niers items. Si l'on se réfère à l'hypothèse avancée par Morris et Jones (1990), selon laquelle l'activité de mise à jour mobilise essentiellement les capacités du centre exécutif, alors que le rappel sériel rend compte uniquement des capacités de stockage de la boucle phonologique, alors les résultats de cette étude signifient que l'émotion induite affecte les capacités du centre exécutif sans détériorer les capacités de stockage de la MDT. Or, pour la condition d'empan 4, il existe une différence significative entre les deux groupes pour la condition de rappel sans mise à jour montrant que la qualité du rappel est meilleure chez les sujets non induits. Cela signifie donc que l'émotion affecte aussi les capacités de stockage en MDT. Autrement dit, les résultats significatifs observés pour la condition d'empan 4 attestent du fait que l'induction émotionnelle détériore non seulement la capacité de mise à jour du centre exécutif mais également celle de stockage des informations.

Cet effet néfaste de l'émotion induite sur les capacités de stockage et de mise à jour n'a toutefois pas été observé pour la condition d'empan 5. Cela est plutôt inattendu dans la mesure où les données de la littérature (Ellis et Ashbrook, 1988, 1989 ; Seibert et Ellis, 1991 b ; Darke, 1988) tendent à montrer qu'un haut niveau de complexité favorise l'apparition des effets de l'émotion. Une explication possible est que cette condition d'empan produit un taux élevé d'erreurs de rappel quelle que soit la condition d'induction émotionnelle. Il semble donc que la limite en ressources de traitement soit très vite atteinte et ne permette pas une différenciation claire entre les groupes expérimentaux.

La seconde série de résultats sur les latences au rappel du premier item montre que le processus de réponse est ralenti chez les sujets induits pour les deux conditions d'empan. L'induction provoque un allongement des latences au rappel de la première consonne qui s'observe en situation de mise à jour sans toutefois dépendre du nombre de mises à jour. Par ailleurs, en l'absence de mise à jour, les latences au rappel demeurent plus longues chez les sujets induits que chez les sujets non induits. La détérioration des performances à la tâche intervient donc autant au niveau des opérations de stockage et de récupération des consonnes qu'au niveau des processus impliqués dans la mise à jour de l'information. Bien que l'interprétation d'une mesure non différenciée des latences des réponses exactes et inexacts soit diffi-

cile, car elle présente le risque de surestimer la durée des processus mis en jeu pour le rappel des consonnes, les résultats obtenus sont cohérents avec l'hypothèse d'un effet défavorable de l'état émotionnel négatif sur les capacités en MDT. D'une manière plus générale, l'allongement des latences et la détérioration du rappel observé chez les sujets induits, sur les opérations de stockage et de mise à jour des consonnes, soulèvent la question qui sera développée plus loin, d'une possible interdépendance entre la composante de stockage de l'information et le centre exécutif.

Pour les latences au rappel, il existe un effet de potentialisation entre l'empan mnésique et l'induction émotionnelle qui se manifeste par un ralentissement aggravé de la récupération du premier item lorsque le coût de traitement associé à l'empan augmente. Cette interaction va dans le sens de l'hypothèse selon laquelle le niveau de complexité de la tâche amplifie les effets défavorables de l'état émotionnel négatif sur les performances mnésiques (Humphreys et Revelle, 1984 ; Ellis et Ashbrook, 1988, 1989 ; Eysenck et Calvo, 1992). L'explication la plus communément donnée à une telle interaction est qu'une partie des ressources limitées du centre exécutif est requise pour le traitement des pensées intrusives produites par l'état émotionnel. Ainsi, dans le cas où la totalité des ressources n'est plus allouée de manière exclusive au traitement de la tâche, l'accroissement du niveau de complexité provoque la chute du niveau des performances. Toutefois, l'analyse de la production de pensées intrusives ne démontre pas de manière totalement convaincante que l'effet de potentialisation observé entre la complexité et l'état émotionnel puisse s'expliquer par le traitement simultané des pensées intrusives. En effet, le phénomène de pensée intrusive ne saurait être assimilé au produit d'un mécanisme générateur unique et dont la signification du point de vue fonctionnel serait univoque. Pour cette raison, une autre classification des pensées intrusives que celle proposée par Seibert et Ellis (1991) a été entreprise.

En première analyse, lorsque les pensées intrusives sont assimilées à des pensées gênantes pour la réalisation de la tâche, celles-ci sont plus nombreuses chez les sujets induits comparativement aux sujets témoins. En seconde analyse, lorsqu'elles sont sélectionnées selon leur caractère gênant et en fonction du fait qu'elles sont sans rapport avec la tâche, cette différence n'est plus significative. Les résultats issus de cette définition plus res-

trictive suggèrent que les effets de l'induction émotionnelle ne sont pas forcément médiatisés par la production de pensées intrusives. Ils tendent à indiquer que d'autres phénomènes peuvent être à l'origine de l'altération des performances.

Il reste alors à expliquer pourquoi, contrairement aux données de la littérature, nous n'observons pas une production plus grande de pensées gênantes et sans rapport avec la tâche, chez les sujets induits. Une hypothèse envisageable est que ces pensées n'accèdent pas au statut d'entités conscientes. Mandler (1992) estime, par exemple, que certains contenus de l'expérience émotionnelle n'accèdent pas nécessairement à la conscience. Dans ce cas, les pensées intrusives peuvent être conçues comme des représentations floues, sans lien nécessaire avec l'activité en cours. Cette hypothèse est cohérente avec l'idée que la production de pensées sans rapport immédiat avec l'activité cognitive dépend des ressources du centre exécutif (Rapee, 1993 ; Teasdale, Dritschel, Taylor, Proctor, Llyod, Nimmo-Smith et Baddeley, 1995). Il a été en effet montré qu'une élévation de l'exigence du traitement de la tâche réduisait la production de pensées qui n'avaient pas de rapport direct avec elle (Teasdale et coll., 1995). Cette relation entre un degré de conscience élevé des éléments de la tâche et une production quasi nulle de pensées associées à l'émotion serait le résultat d'une affectation prioritaire des ressources de traitement au profit de l'exécution de la tâche et donc au détriment de la production de pensées intrusives. Ainsi, le niveau d'exigence de la tâche de *Running Span* est-il susceptible d'interrompre la formation de pensées conscientes liées à l'état émotionnel, sans l'intervention nécessaire de mécanismes conscients ou volontaires. L'interprétation qui est donnée ici permet de prendre en compte la nature implicite des effets de l'émotion sur les processus impliqués dans des activités contrôlées. Elle s'intègre aussi dans une conception plus large des effets de l'émotion développée dans le modèle cognitif de Oatley et Johnson Laird (1987) selon lequel, les émotions assumeraient une fonction de réorientation de l'activité par rapport à l'activité en cours. Il en résulterait une nouvelle planification de l'activité, de nouvelles priorités et, en définitive, une redistribution des ressources disponibles.

L'absence d'effet du nombre de mises à jour sur la qualité du rappel ne semble pas être spécifique à cette étude puisqu'elle a aussi été rapportée par Van der Linden et coll. (1994) en condi-

tion d'empan 4 et par Morris et Jones (1990) en condition d'empan 6. Pour Van der Linden et coll., ce phénomène s'expliquerait par le fait qu'une charge mnésique de quatre items exigerait peu de ressources du centre exécutif. Pour Morris et Jones (1990), les mises à jour (en condition d'empan 6) n'auraient pas un effet cumulatif sur les ressources du centre exécutif qui pourrait accomplir plusieurs mises à jour en séquence rapide sans dépasser ses capacités, ou bien posséderait une vitesse de récupération très rapide quand il exécute de telles opérations.

Aucune de ces interprétations ne permet de rendre compte des résultats dans la présente expérience. En effet, en condition d'empan 4 le coût cognitif semble être suffisamment important pour générer un taux relativement élevé d'erreurs et pour être sensible aux effets de l'induction émotionnelle. De même en condition d'empan 5, le taux d'erreurs de rappel est particulièrement élevé. Contrairement à l'hypothèse avancée par Morris et Jones, ce faible niveau de performance témoignerait plutôt d'une réelle difficulté à réaliser les mises à jour. L'analyse de la nature des erreurs révèle par ailleurs un taux élevé d'intrusions et l'apparition de nouvelles consonnes qui font penser à l'impossibilité d'accéder à certains items. Cela suggère l'absence probable de mises à jour et conforte l'idée qu'il s'agit d'une activité difficile à réaliser. Si tel est le cas, alors l'absence de différence entre les deux groupes, pour les conditions de rappel impliquant un grand nombre de mises à jour, peut être plus facilement comprise.

Plus généralement, l'ensemble de ces observations interroge la nature des opérations cognitives mises en jeu par la tâche de *Running Span*. Il semble que cette tâche implique un haut niveau de contrôle pour atteindre à la restitution exacte des items. Le grand nombre d'erreurs qu'elle occasionne, notamment en condition d'empan 5, peut signifier que le traitement dynamique qu'elle impose, sature les capacités de traitement. Le fait que les difficultés de rappel soient non seulement dépendantes de la manipulation des items mais aussi de leur maintien, est en faveur de l'hypothèse d'une implication forte du centre exécutif dans le maintien temporaire de l'information, et donc dans le fonctionnement de la boucle phonologique.

Comme l'observent Morris et Jones (1990), le renouvellement permanent du contenu de la boucle phonologique est un aspect

singulier de la tâche qui requiert une coordination rigoureuse de la part du centre exécutif. Les opérations successives d'abandon d'un item puis d'ajout immédiat d'un autre item à la série qui doit être maintenue active, impliquent des modifications permanentes à une information non structurée dans le système de répétition. Il paraît difficilement concevable que l'activité de maintien de l'information, dans ce type de tâche, soit réductible à celle, automatique, de la boucle phonologique qui maintient sans difficulté la suite des mots qui viennent juste d'être entendus. Dans une tâche de *Running Span*, le maintien de l'information ne résulte pas simplement d'une prise en charge automatique par la boucle phonologique, mais suppose l'application volontaire d'une stratégie de gestion hautement contrôlée de cette information. L'hypothèse défendue ici, selon laquelle l'activité de répétition dynamique destinée au maintien des traces mnésiques exigerait l'intervention du contrôle exécutif, s'en trouve renforcée. À l'inverse, cela amène à remettre en cause l'hypothèse de Morris et Jones, selon laquelle, la tâche de *Running Span* permettrait une évaluation absolument indépendante des mécanismes de stockage et des processus de mise à jour de l'information en mémoire de travail.

CONCLUSION

Les données de cette étude montrent que l'induction émotionnelle négative affecte les performances des sujets avant même que le niveau de complexité de la tâche n'excède leurs capacités de traitement. La théorie du partage des ressources, entre le traitement des informations liées à l'émotion et le traitement de la tâche cognitive, fournit un cadre général qui permet de rendre compte de ces résultats. Lorsqu'une dissociation est opérée entre les processus de mise à jour et ceux de stockage, il se confirme que la réduction des ressources engendrée par l'induction émotionnelle peut affecter à la fois les activités de stockage et celles de traitement en MDT. Toutefois, les données en condition de mise à jour ne permettent pas de déterminer quelle est la part du déclin des performances de rappel qui résulte de la détérioration primaire du stock mnésique, et quelle est celle qui résulte d'un effet direct de l'émotion sur les processus exécutifs

impliqués dans la gestion des items. Une des origines à cette difficulté de dissocier les effets de l'émotion sur le rappel est que l'activité de maintien de l'information nécessite très probablement une supervision de la part du centre exécutif, contrairement à l'hypothèse de Morris et Jones (1990) qui circonscrit l'implication du centre exécutif à la seule activité de mise à jour. La question de l'intégration des processus qui se réalisent simultanément en MDT est à nouveau posée et, avec elle, le problème des limites théoriques d'un modèle de la MDT doté de sous-systèmes de stockage indépendants de l'activité de traitement. L'orientation des futures recherches vers les modèles d'activation apparaît aujourd'hui comme une direction intéressante pour spécifier la nature des processus de la MDT en apportant un cadre interprétatif original pour les données se référant au modèle de Baddeley. La métaphore énergétique sur laquelle ils reposent, permet en effet de raisonner en termes d'états de mémoire plutôt qu'en termes de fonctions discrètes et d'éliminer le problème lié à la dissociation des sous-systèmes de stockage et de traitement.

Les résultats de l'étude indiquent également que l'influence de l'émotion sur le rappel ne peut pas être simplement expliquée par l'hypothèse d'un accroissement de la production de pensées intrusives. En effet, ces pensées n'ont pas toujours un caractère conscient, notamment lorsqu'une activité cognitive coûteuse mobilise toute l'attention du sujet. Une hypothèse alternative serait de dire que l'expérience émotionnelle retentit sur les processus cognitifs de plus bas niveau que ceux auxquels il est fait référence habituellement (Gattet et Bougeant, 2001) et peut rendre plus complexes les processus d'intégration des informations nécessaires à la mise à jour permanente de la série de consonnes dans la tâche de *Running Span*. Dans ce cas, la complexité de la tâche apparaît bien comme une dimension modulable par l'émotion. Cela conduit à explorer plus profondément les effets de la complexité selon deux perspectives : d'abord sous l'angle du traitement cognitif proprement dit et ensuite sous celui des mécanismes de régulation de l'état émotionnel.

Du point de vue de l'analyse de la tâche, la complexité tient à de nombreux paramètres au rang desquels figure la nature des opérations de traitement. Ainsi Mayr et Kliegl (1993) proposent-ils deux types de complexité. La première, qualifiée de séquentielle, correspond à un enchaînement d'opérations élémentaires

mais très nombreuses. La seconde, dénommée complexité de coordination, nécessite la manipulation d'objets mentaux comportant plusieurs dimensions, comme dans le cas d'une tâche de rotation mentale d'une figure complexe, par exemple. Cet effort de disjonction des différents aspects de la complexité est à poursuivre notamment au moyen d'une manipulation systématique des différents paramètres qui sous-tendent la performance globale à la tâche (Van der Linden, 1994). Le rôle de l'émotion comme modulateur de la complexité peut s'avérer très utile dans ce type d'étude. Il sera également intéressant, grâce à la modélisation mathématique de la performance, d'extraire les facteurs pouvant rendre compte des contraintes fortes qui limitent le niveau de réussite à cette tâche, et plus précisément d'élucider ce qui peut donner une allure catastrophique à la fonction performances/complexité, lorsque la tâche passe de l'empan 4 à l'empan 5. Enfin, un rapprochement de ces données avec les connaissances relatives aux structures cérébrales recrutées par l'exécution de la tâche, ne pourra que contribuer à l'amélioration des modèles du fonctionnement cognitif en général et de la MDT en particulier.

La tâche, et singulièrement son niveau de complexité, agit sur l'état émotionnel du sujet. 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 grande est la probabilité d'observer une détérioration des performances chez des sujets induits émotionnellement (Ellis et Ashbrook, 1988, 1989 ; Seibert et Ellis, 1991 *b* ; Darke, 1988). La seconde, paradoxale au regard de la précédente, propose au contraire que des tâches ayant un niveau de complexité élevé provoquent un engagement de l'attention sur l'activité cognitive assignée et neutralisent ainsi l'émergence des pensées liées à l'état émotionnel (Teasdale et coll., 1995), voire annulent complètement l'effet de l'émotion induite (Erber et Tesser, 1992). Un phénomène d'autorégulation de l'état émotionnel intervient au cours de l'activité cognitive et peut donc en modifier les conditions d'exécution. Les réponses d'autorégulation émotionnelle face à la complexité peuvent constituer autant d'éléments clés pour comprendre des différences interindividuelles chez des sujets soumis à une procédure d'induction émotionnelle en laboratoire. Le développement de recherches sur cette autorégulation suppose d'analyser l'expérience émotionnelle d'une manière

élargie, en prenant en compte les aspects liés au contrôle de l'état émotionnel en plus des dimensions habituelles que sont la valence et le niveau de l'éveil émotionnel (Mayer, Salovey, Comberg-Kaufman et Blainey, 1991). Les mécanismes de contrôle de l'état émotionnel qui permettent de minimiser l'état ressenti n'ont été que peu étudiés jusqu'à maintenant. L'enrichissement de nos connaissances en ce domaine est de nature à contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique du fonctionnement cognitif sous contrainte émotionnelle.

RÉSUMÉ

La détérioration des performances de mémoire de travail, observée chez des sujets faisant l'expérience d'un état émotionnel négatif, est le plus souvent interprétée comme la conséquence d'un déficit de ressources de traitement sans que les processus capables de la médier soient toutefois spécifiés. Dans cette étude, une procédure expérimentale d'induction émotionnelle a été utilisée pour tester l'effet d'une émotion négative sur une tâche de Running Span dont le niveau de complexité a été contrôlé. Les résultats montrent une interaction entre le niveau de complexité et l'état émotionnel. Celle-ci se traduit, lorsque la complexité augmente, par une dégradation plus précoce des performances chez les sujets induits que chez les sujets témoins. La question de l'altération des processus exécutifs responsables de la mise à jour de l'information avec ou sans réduction de la qualité des traces stockées en MDT est discutée.

Mots clés : mémoire de travail, tâche de Running Span, processus exécutifs, état émotionnel induit.

RÉFÉRENCES

- Arbuthnott K. D. — (1995) Inhibitory mechanisms in cognition : Phenomena and models, *Cahiers de psychologie cognitive / Current Psychology of Cognition*, 14, 3-45.
- Baddeley A. D. — (1996) Exploring the central executive, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Baddeley A. D. — (1986) *Working Memory*, Oxford, Clarendon Press.
- Baddeley A. D. — (1994) Memory and cognition, in D. L. Schacter et E. Tulving (Edit.), *Memory Systems*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 351-367.
- Baddeley A. D., Hitch G. — (1974) Working memory, in C. H. Bower (Edit.), *The Psychology of Learning and Motivation*, New York, Academic Press, 47-89.
- Barrouillet P. — (1996) Ressources, capacités cognitives et mémoire de travail : postulats, métaphores et modèles, *Psychologie française*, 41, 319-338.
- Barrouillet P., Fayol M. — (1998) From algorithmic computing to direct retrieval : Evidence from number and alphabetic arithmetic in children and adults, *Memory and Cognition*, 26, 355-368.
- Calvo M. G., Eysenck M. W. — (1996) Phonological working memory and reading in test anxiety, *Memory*, 4, 289-305.
- Calvo M. G., Miguel-Tobal J. J. — (1998) The anxiety response : Concordance among components, *Motivation and Emotion*, 22, 211-230.
- 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, 1101-1114.
- Cohen J., McWhinney 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, 257-271.
- Cowan N. — (1988) Evolving conceptions of memory storage, selective attention and their mutual constraints within the human information-processing system, *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Cowan N. — (1993) Activation, attention and short-term memory, *Memory and Cognition*, 21, 162-167.
- 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 : General*, 127, 141-160.
- Daneman M., Carpenter P. A. — (1980) Individual differences in working memory and reading, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 19, 450-466.
- Daneman M., Green I. — (1986) Individual differences in comprehending and producing words in context, *Journal of Memory and Language*, 25, 1-18.
- Darke S. — (1988) Anxiety and working memory capacity, *Cognition and Emotion*, 2, 145-154.
- De Bonis M. — (1996) *Connaitre les émotions humaines*, Hayen, Mardaga.
- 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.
- 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, 766-802.
- Ehrlich M. F., Delafoy M. — (1990) La mémoire de travail : structure, fonctionnement, capacité, *L'Année psychologique*, 90, 403-427.
- Ellis H. C., Ashbrook P. W. — (1988) Ressource allocation model of the effects of depressed mood states on memory, in K. Fielder et J. Forgas (Edit.), *Affect, Cognition and Social Behaviour*, Toronto, Hogrefe, 25-43.
- Ellis H. C., Ashbrook P. W. — (1989) The « state » of mood and memory research : A selective review, in D. Kuiken (Edit.), *Mood and Memory : Theory, Research and Applications*, Special issue of the *Journal of Social Behaviour and Personality*, 4, 1-21.
- Ellis H. C., Seibert P. S., Herbert B. J. — (1990) Mood state effects on thought listing, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 28, 147-150.
- 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, 349-362.
- Erber R., Tesser A. — (1992) Task effort and the regulation of mood : The

- absorption hypothesis, *Journal of Experimental Social Psychology*, 28, 339-359.
- Eysenck M. W. — (1985) Anxiety and cognitive-task performance, *Personality and Individual Differences*, 6, 579-585.
- Eysenck M. W., Calvo M. C. — (1992) Anxiety and performance : The processing efficiency theory, *Cognition and Emotion*, 6, 409-434.
- Eysenck M. W., Keane M. T. — (2000) Cognition and emotion, in M. W. Eysenck et M. T. Keane (Edit.), *Cognitive Psychology A Student's Handbook*, Hove, Psychology Press Ltd, 489-512.
- Farrand P., Jones D. — (1996) Direction of report in spatial and verbal serial short-term memory, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 140-153.
- Gaonac'h D., Larigauderie P. — (2000) *Mémoire et fonctionnement cognitif : la mémoire de travail*, Paris, Armand Colin.
- Gattet C., Bougeant J.-C. — (2001) Effet désynchronisateur de l'émotion à un bas niveau de traitement dans une tâche de mémoire de travail, in H. Paugam-Moisy, V. Nyckeles et Caron-Pargue (Édit.), *La cognition entre individu et société : modèles et méthodes*, Paris, Hermès, 203-214.
- Humphreys M. S., Revelle W. — (1984) Personality, motivation and performance. A theory of the relationship between individual differences and information processing, *Psychological Review*, 91, 153-184.
- Isen A., Daubman K., Nowicki G. — (1987) Positive affect facilitates creative problem solving, *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 1122-1131.
- Just M. A., Carpenter P. A. — (1992) A capacity theory of comprehension individual differences in working memory, *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Lazarus R. S. — (1993) From psychological stress to the emotions : A history of changing outlooks, *Annual Review of Psychology*, 44, 1-21.
- Lehto J. — (1996) Are executive function tests dependent on working memory capacity ?, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 29-50.
- Logie R. H., Kenneth J. G., Wynn V. — (1994) Counting on working memory in arithmetic problem solving, *Memory and Cognition*, 22, 395-410.
- Mandler G. — (1992) Cognition and Emotion : Extensions and clinical applications, in D. J. Stein and J. E. Young (Edit.), *Cognitive Science and Clinical Disorders*, San Diego, Academic Press, 61-78.
- Mayer J. D., Salovey P., Gomberg-Kaufman S., Blainey K. — (1991) A broader conception of mood experience, *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 100-111.
- Mayr U., Kliegl R. — (1993) Sequential and coordinative complexity : Age-based processing limitations in figural transformations, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 19, 1297-1320.
- Morris N., Jones D. M. — (1990) Memory updating in working memory : The role of the central executive, *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
- Necka E. — (1997) Attention, working memory and arousal : concepts apt to account for the « process of intelligence », in G. Matthews (Edit.), *Cognitive Science Perspectives on Personality and Emotion*, Elsevier.
- Norman D. A., Shallice T. — (1980) *Attention to Action : Willed and Automatic Control of Behavior* (CHP, report 99), San Diego, University of California.
- Oaksford M., Morris F., Grainger B., Williams J. M. G. — (1996) Mood, reasoning and central executive processes, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 22, 476-492.
- Oatley K., Johnson-Laird P. N. — (1987) Towards a cognitive theory of emotions, *Cognition and Emotion*, 1, 29-50.

- Rachman S. — (1998) *Anxiety*, Hove, UK, Psychology Press Edition.
- Rapee R. M. — (1993) The utilisation of working memory by worry, *Behaviour Research and Therapy*, 31, 617-620.
- Riddoch M. J., Humphreys G. W. — (1995) 17 + 14 = 41 ? Three cases of WM impairment, in R. Campbell and M. A. Conway (Edit.), *Broken memories : Case Studies in Memory Impairment*, Oxford (UK), Cambridge USA, Blackwell Publishers.
- Robbins T. M., Anderson E. J., Barker A. C., Fearnough C., Henson R., Hudson S. R., Baddeley A. D. — (1996) Working memory in chess, *Memory and Cognition*, 24, 83-93.
- Roulin J.-L., Monnier C. — (1996) La mémoire de travail, in F. Eustache, B. Lechevalier et F. Viader (Édit.), *La mémoire : neuropsychologie clinique et modèles cognitifs*, Bruxelles, De Boeck Université, 237-278.
- Seibert P. S., Ellis H. C. — (1991) Irrelevant thoughts, emotional mood states, and cognitive task performance, *Memory and Cognition*, 19 (5), 507-513.
- Sorg B. A., Whitney P. — (1992) The effect of trait anxiety and situational stress on working memory capacity, *Journal of Research in Personality*, 26, 235-241.
- 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, 417-433.
- 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, 551-559.
- 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, 301-326.
- Van der Linden, M., Brédart S., Beerten A. — (1994) Age-related differences in updating working memory, *British Journal of Psychology*, 85, 145-152.
- Velten E. — (1968) A laboratory task for induction of mood states, *Behavior Research and Therapy*, 6, 473-482.
- Wells A., Matthews G. — (1994) *Attention and Emotion : A Clinical Perspective*, Hove (UK), Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Yerkes R., Dodson J. — (1908) The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation, *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.

ANNEXE 1

Empan 4, mises à jour = 01/2/4

Entraînement (54 cons.)	Bloc 2
LDPC	NVSWQT
MFXQKPZT	TBMZ
GHPJNMDS	HXFPWGKT
CJWTLH	ZCLR
DJZCRBFG	SVWBXT
QZSH	CDFPJLJZ
WNLRFQ	HDJXQC
WRTHZM	XCQW
VHKB	PNDRQZJM

Bloc 1

HNCZMDXX
 VJQT
 SKNMLJRH
 FSTJWP
 RCBZNFCS
 BTML
 SVHDMW
 JDFXKZ
 PNQG

Bloc 3

KCBFZH
 DKWVRJLG
 PNJK
 ZTSDMW
 BZNW
 LBRK
 TCJXFB
 CNMGQVTD
 MXVHFPQS

Empan 5, mises à jour = 0/2/4

Entraînement (63 cons.)

BPKDF
 HQVBLRC
 ZLPWDGT
 DJSXHMCZT
 LKVXNJPBZ
 RCGWF
 TMXZJVQ
 SJFGTCRNB
 LKWNR

Bloc 2

DKZSQJC
 NWLVS
 KXLCHPMVR
 WGBCJPF
 MRCZTDHLB
 KZHTN
 JPHBCM GFX
 MQGFZTS
 SKNVL

Bloc 1

NJHTS
 ZKHVLWDNC
 LMFQBCX
 DJNZRQT
 BWTZMKVSG
 VGSCP
 PHJXDMF
 BLWDCSRJX
 KFGXP

Bloc 3

KMPFWNX
 XQVNBSTDC
 BGZRH
 LKVXNJP
 CSJBM
 QVFGTKXDP
 PWHQJCZ
 QNTJDHFKV
 BZRDL