

## NEUROPSYCHOLOGIE COGNITIVE L3 PSYCHOLOGIE

---

### TRAVAUX DIRIGÉS

---

## CONSTRUCTION D'UNE BATTERIE DE TESTS PAPIER-CRAYON POUR L'ÉVALUATION DE L'ATTENTION

### I. L'ATTENTION

Les systèmes sensoriels permettent à un organisme de connaître le contenu et la structure de son environnement immédiat grâce à la sélection de ses parties pertinentes ou saillantes. Le mécanisme responsable de cette sélection est l'attention ; la notion de contrôle attentionnel fait appel à la manière dont une stimulation sensorielle est prise en compte par l'organisme. Nous pouvons ainsi distinguer, d'une part, le contrôle délibéré qui dépendrait des attentes et objectifs de l'observateur, et le contrôle automatique involontaire qui, lui, dépendrait largement des propriétés physiques de la stimulation. Avec peu d'exceptions, les propriétés physiques de la stimulation et les objectifs de l'observateur déterminent conjointement les conséquences attentionnelles d'un épisode perceptif donné.

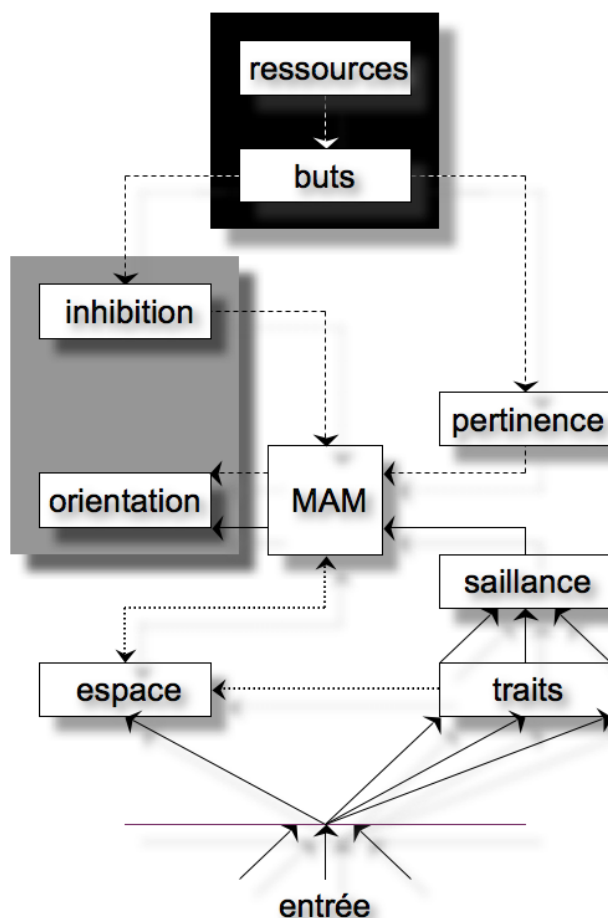
### II. LE MODELE MAM (Michael et al., 2006)

Dans une étude portant sur l'attention visuelle, Michael et al. (2006) ont proposé un modèle cognitif hybride de l'attention. Cognitif car il admet l'existence d'étapes et sous-systèmes indépendants effectuant chacun des computations spécifiques ; hybride car il dérive de la combinaison d'autres modèles qui, eux, portent sur des aspects plus spécifiques des traitements attentionnels. Le modèle « Master Activation Map », appelé ainsi car il attribue un rôle clef à une carte cognitive intégrative, la carte MAM, est basé sur des modèles et données issus de la psychologie cognitive (Watson & Humphreys, 1997 ; Theeuwes, 1992 ; Dodjin & Theeuwes, 2002), de l'intelligence artificielle (Itti & Koch, 2001), de la neurophysiologie (Duncan & Desimone, 1995 ; Threue, 2003 ; Reynolds & Desimone, 2003), de l'imagerie (de Fockert et al., 2004) et de la neuropsychologie (Aron, 2003 ; 2004 ; Michael et al., 2001a ; 2001b ; 2006 ; Michael & Buron, 2005). Bien que certains sous-systèmes de ce modèle appartiennent, selon la classification plus générale et plus largement admise, à l'attention sélective ou les fonctions exécutives, le MAM va au-delà de ces notions et considère que ces sous-systèmes, peu importe leur appartenance, sont indispensables au fonctionnement attentionnel. Il n'y donc plus mention à l'attention sélective et aux fonctions exécutives, mais à des traitements ascendants, des biais descendants, et des relations inter-cartes.

#### i. Introduction au modèle de la carte d'activation intégrative (MAM)

Il est admis que les entrées visuelles sont initialement traitées dans deux voies distinctes (Mishkin et al., 1983), une spécialisée dans le traitement des dimensions spatiales et une spécialisée dans l'analyse des dimensions non-spatiales (couleur, forme etc.). La voie participant dans l'analyse des dimensions non-spatiales est à l'origine de la génération des signaux de saillance (Theeuwes, 1992 ; Itti & Koch, 2001). Ces signaux sont transmis et intégrés au sein d'une carte cognitive intégrative, la carte MAM, qui intègre également des signaux issus d'une carte de pertinence, générés lors de l'établissement des buts et objectifs de l'observateur. La carte MAM contient donc des signaux issus du traitement ascendant et du

traitement descendant (Treue, 2003). La sortie de la carte MAM constitue l'unique entrée vers un processus d'orientation attentionnelle spécialisé dans la programmation et l'exécution des mouvements attentionnels et oculaires dans l'espace (Rizzolatti et al., 1987 ; Godjin & Theeuwes, 2002). Le signal le plus fort de la carte MAM guide l'attention vers son emplacement (Theeuwes, 1992) dont les coordonnées spatiales sont fournies via les interactions entre la carte MAM et la carte spatiale. Guidé par les buts et objectifs de l'observateur, un processus indépendant d'inhibition opère sur le contenu de la carte MAM afin de réduire la propension des signaux non pertinents et issus de la carte de saillance à alimenter le processus d'orientation.



Le modèle MAM (Michael et al., 2006)

## ii. Les cartes cognitives

La notion de carte cognitive n'est pas nouvelle dans la littérature. Elle est reprise dans le modèle MAM. Comme il peut être constaté (fig.1), le modèle est essentiellement constitué de cartes cognitives, dont la carte MAM.

**a** – Des cartes perceptives hautement spécialisées, traitent initialement les entrées visuelles (Treisman & Gelade, 1980 ; Mishkin et al., 1983). Les propriétés spatiales des stimuli visuels, qu'elles soient catégorielles ou coordonnées (Kosslyn et al., 1989), sont traitées et

représentées sur une carte spatiale, alors que les propriétés non-spatiales, telles l'orientation, la couleur, la forme etc., sont traitées et représentées sur un ensemble de cartes d'attributs visuels. Les interactions entre les cartes d'attributs et la carte spatiale (représentées sous forme d'une flèche pointillée dans la figure 1) permettra d'individualiser les différents items (Treisman & Gelade, 1980), même s'ils partagent des attributs similaires (e.g., la même orientation, la même luminance, la même longueur etc.). Le rôle de la carte spatiale est donc crucial dans la perception d'objets multiples. Ceci est attesté par l'impossibilité de percevoir plus d'un objet à la fois comme conséquence de la perte des cartes spatiales suite à des lésions bi-pariétales, un déficit connu sous le nom de simultanagnosie. Les cartes d'attributs ne représentent pas TOUS les objets du champ visuel mais les valeurs uniques que peut prendre une dimension perceptuelle (e.g., couleur, forme ; Robertson, 2004). Si, par exemple, le champ visuel contient 3 objets rouges, l'emplacement de chacun de ces objets sera représenté sur la carte spatiale, mais seule une activité aura émergé au sein de la carte des couleurs.

**b** – D'après Theeuwes (1992), pour chaque dimension donnée d'un stimulus (e.g., la couleur), le système visuel calcule les différences de ce stimulus par rapport à ses voisins. Ceci sert à déterminer à quel point les différents items du champ visuel diffèrent entre eux. Le résultat de ce calcul est une activité qui est représentée sur une carte subséquente, la carte de saillance. Il est encore incertain si ces activités concernent chacune des dimensions traitées (couleur, taille, etc.), auquel cas, il existerait plusieurs cartes de saillance correspondant chacune à une dimension perceptuelle, ou s'il n'y a qu'une seule carte, auquel cas, elle représenterait le signal final résultant de l'addition des activités issues des différentes dimensions. Cette dernière hypothèse semble plus plausible dans le sens où la façon dont la saillance est définie correspond bien à l'amplitude de différence entre un item et ses voisins de façon générale (et donc, toutes dimensions confondues). La carte de saillance occupe une place centrale tant dans le modèle de Theeuwes (1992) que dans le modèle MAM. C'est grâce à cette carte que le système visuel arrive à déterminer l'item du champ visuel qui diffère le plus des autres et est donc susceptible de constituer un élément déviant de l'environnement méritant d'être sélectionné en vue d'une analyse plus approfondie. La carte de saillance ne contient cependant pas qu'une seule activité. Bien au contraire, le nombre d'activités qui y sont présentes correspond au nombre d'items présents dans le champ visuel à un moment donné. La valeur de ces activités est variable, avec l'objet le plus déviant recevant l'activité la plus forte, puis le deuxième élément le plus déviant reçoit la deuxième plus forte activité, et ainsi de suite. D'après Duncan & Humphreys (1989), un objet visuel est saillant si plusieurs conditions sont réunies : (i) il diffère de ses voisins au moins sur une dimension, et (ii) ses voisins sont relativement homogènes sur cette dimension ; d'autre part, un objet peut être perçu comme saillant grâce à (iii) sa rareté qui contraste avec la fréquence de survenue de ses voisins. Enfin, Theeuwes (1992) ajoute que la seule différence d'un item par rapport à ses voisins sur une dimension n'est pas suffisante. Il propose que (iv) le degré de différence d'un item par rapport à ses voisins sur cette dimension constitue également un critère de génération de saillance. Enfin, il est très important de noter que tant le modèle de Theeuwes (1992) que le modèle MAM ne considèrent point la saillance comme quelque chose de physique qui appartient à l'image, mais une propriété perçue, c'est-à-dire, le résultat d'un traitement cognitif.

**c** – Contrairement aux cartes décrites précédemment, la carte de pertinence constitue une réelle nouveauté introduite par le modèle MAM. La plupart d'auteurs en psychologie et en neuroscience cognitives considèrent qu'un objet pertinent est un objet saillant. L'utilisation d'un seul terme pour désigner des traitements différents n'a fait que rendre absurde à la fois la notion de saillance et la notion de pertinence. Theeuwes (1992) ne mentionne pas vraiment les

traitements effectués sur les aspects pertinents d'un item, mais laisse entendre que la façon dont la saillance est attribuée concerne également la pertinence. Le nombre d'études ayant montré l'existence de traitements différents et d'effets distincts d'un objet pertinent et d'un objet saillant nous a mené à proposer l'existence d'une carte de pertinence, fonctionnant de façon similaire à la carte de saillance mais recevant ses entrées principalement de processus volontaires et contrôlés de haut niveau. Cette proposition vise également à éclairer et à différencier explicitement la notion d'objet saillant (qui diffère de ses voisins et qui est représenté comme un candidat pour l'orientation de l'attention) de celle d'un objet pertinent (qui ne diffère pas forcément de ses voisins mais qui est l'objet recherché). D'après le modèle MAM, la carte de pertinence s'active lorsque l'observateur a l'intention de trouver une cible sur la base des connaissances préalables dont il dispose, comme sa position spatiale, ses caractéristiques physiques etc. Une activité émerge alors dans cette carte et concerne les caractéristiques de l'item recherché qui ont été transmises par des systèmes de haut niveau, en fonction des buts et objectifs. L'activité qui se lève au sein de cette carte est d'autant plus forte que l'individu dispose d'informations précises sur la cible. Ainsi, la connaissance de l'emplacement précis de celle-ci produira une activité très forte, alors que la connaissance probabiliste produira des activités plus faibles. Plusieurs données montrent que le temps est également un facteur important dans la production des signaux de pertinence, et ceci probablement parce que la carte de la pertinence dépend des biais descendants nécessitant du temps pour être efficaces.

**d** – Les activités qui émergent au sein des cartes de saillance et de pertinence sont transmises à la carte-clef du modèle, la carte MAM. Elle a des fonctions intégratives dans le sens où elle va créer une représentation fidèle du contenu du champ visuel. Grâce à ses interactions avec la carte spatiale, la carte MAM contient des informations sur la position de chaque item dans le champ visuel ; grâce aux informations transmises par la carte de saillance elle marque les items saillants du champ visuel ; enfin, grâce à la carte de pertinence, elle marque les items qui sont pertinents pour la tâche en cours. Le contenu de la carte MAM alimente le processus d'orientation qui dirigera l'attention vers l'activité la plus forte. D'autre part, le processus d'inhibition agira sur cette carte afin de réduire les activités qui ne sont pas intéressantes mais qui y sont néanmoins représentées fortement. La carte MAM constitue ainsi une interface d'interaction entre les composantes les plus importantes du modèle. Enfin, les capacités intégratives de la MAM sont particulièrement évidentes lorsque par exemple l'item le plus saillant du champ visuel est également l'item pertinent. En d'autres termes, les activités transmises à la MAM par la carte de saillance et la carte de pertinence concernent le même objet. L'existence de la MAM est attestée par des données neurophysiologiques (Fecteau et al., 2004) qui montrent que certains neurones qui répondent à des stimuli saillants et à des stimuli pertinents, manifestent une hyper-additivité dans leur activité lorsque le signal saillant est également le signal pertinent. D'autre part, des données comportementales, tant chez l'animal (Fecteau et al., 2004) que chez l'homme (Yantis & Egeth, 1999), montrent que la vitesse de détection d'un item saillant est plus grande lorsque les observateurs savent d'avance que l'objet saillant est également l'objet pertinent, par rapport à des situations où ils ne le savent pas. Ceci atteste d'une additivité des signaux de saillance et de pertinence, menant probablement à une hyper-additivité.

### **iii. Les processus d'orientation et d'inhibition sont indépendants**

Le modèle MAM contient deux processus complètement indépendants : le processus d'orientation et le processus d'inhibition. Plusieurs modèles antérieurs ont voulu intégrer ces deux processus. Cependant, aucune mention claire et directe n'était faite sur leur

indépendance et leurs interactions. Par exemple, Posner et ses collaborateurs (1987) ont décrit un modèle très populaire permettant de comprendre les étapes (ou opérations élémentaires) de l'orientation attentionnelle. Dans ce modèle existe un module d'inhibition. Posner et al. (1987) suggèrent que l'inhibition est appliquée aux endroits où l'attention n'est pas portée. C'est la raison pour laquelle la localisation (spatiale) d'un item et l'engagement de l'attention à son emplacement sont suivis de l'inhibition des autres endroits. Ce modèle est intéressant en soi, car il mentionne déjà l'existence de ce module d'inhibition, apparemment indépendant des autres opérations élémentaires.

C'est justement sur ce point que le modèle de Posner et al. (1987), et le modèle MAM diffèrent, sans pour autant que les deux se contredisent et ne s'opposent. Dans le modèle MAM, l'inhibition est le produit d'un processus spécialisé et indépendant du processus d'orientation. Ce n'est pas le cas dans le modèle de Posner où l'inhibition est un module indépendant mais qui fait partie du processus d'orientation au même titre que les autres opérations élémentaires, l'engagement, le désengagement, et le déplacement de l'attention. Cependant, il semble que l'indépendance de l'inhibition et de l'orientation a déjà été envisagée depuis le milieu des années 1980, sans pour autant qu'un modèle la mentionne explicitement. C'est le cas du modèle MAM où cette indépendance est bien visible. En effet, selon Michael et al. (2006), la dissociation des deux processus est indiscutable. Plusieurs caractéristiques sont bien visibles dans la représentation du modèle (fig.1) : (i) d'abord, le processus d'inhibition semble se placer au même niveau de complexité que le processus d'orientation, acquérant ainsi un statut équivalent et échappant à la conception d'opération élémentaire dépendante de l'orientation (Posner et al., 1987) ; (ii) le processus d'inhibition n'est pas en contact direct avec le processus d'orientation. En effet, leurs interactions se font uniquement grâce à la carte MAM ; (iii) enfin, le processus d'inhibition est dirigé par des traitements descendants, eux-mêmes dépendant largement des ressources attentionnelles disponibles (Watson & Humphreys, 1989), alors que le processus d'orientation fonctionne sur la base des informations-entrées en provenance de la carte MAM.

**a** – Le processus d'orientation est responsable de l'allocation de l'attention à différents endroits du champ visuel. Même si la représentation schématique de ce processus est simple et ne lui attribue que les étapes de programmation et d'exécution des mouvements attentionnels et oculaires dans l'espace, elle ne rend pas compte de toute la complexité de celui-ci. En effet, les opérations élémentaires décrites par Posner (1980) comme composant le processus d'orientation, c'est-à-dire, l'engagement, le désengagement et le déplacement, peuvent être considérées comme faisant partie du processus d'orientation décrit dans le MAM. D'autre part, Posner et Cohen (1984) ont décrit une autre opération qui serait active lors de l'orientation attentionnelle, l'inhibition du retour (IoR). Cette opération marque les emplacements déjà explorés afin de biaiser l'attention vers des endroits nouveaux, et l'empêcher de revenir sur ses pas. Malgré son nom, cette opération semble être tout sauf de nature inhibitrice. En effet, Klein (1988) utilise le terme d'étiquetage (tagging en anglais) afin de décrire la façon dont l'IoR marque les endroits déjà explorés pour ne plus y revenir. L'IoR semble être plus d'ordre mnésique (Kristjansson, 2000), mais même le terme « mnésique » pourrait être trompeur. Peu importe le nom attribué à cette opération, elle semble dépendre du processus d'orientation et non pas du processus d'inhibition, c'est la raison pour laquelle elle est considérée, selon le modèle MAM, comme faisant partie de ce processus. Plusieurs études ont montré qu'il fallait une recherche visuelle active afin que l'IoR se manifeste (Klein, 1988), que cette IoR est liée à l'oculomotricité (Klein, 2000), et que les lésions des structures sous-corticales, responsables de l'orientation de l'attention et du regard, perturbaient l'IoR (Sapir et al., 1999). Des résultats plutôt indirects suggèrent également que l'IoR est différente

de l'inhibition proprement dite, responsable de la résistance à l'interférence. Crawford et ses collaborateurs (2005) n'ont pas pu trouver de l'IoR dans des situations où l'inhibition d'un item non-pertinent était nécessaire. Les auteurs rappellent que l'IoR concerne les items déjà explorés, alors que l'inhibition proprement dite concerne les items vers lesquels l'attention ne doit pas être orientée, un point de vue qu'ils partagent avec Christie et Klein (2001). Le processus d'orientation inclurait, donc, en plus de la programmation et l'exécution des déplacements attentionnels et oculomoteurs, les opérations élémentaires décrites par Posner (1980) et l'IoR. Selon le modèle MAM, le processus d'orientation fonctionnerait sur la base des entrées qui lui sont adressées par la carte MAM. Les entrées en provenance de la carte MAM s'accumuleraient jusqu'à atteindre un certain seuil au-delà duquel le processus d'orientation s'activerait afin de déplacer l'attention vers l'endroit de l'espace dont sont issus ces signaux. Ceci veut dire que l'origine du signal concerné déterminerait la façon dont l'attention s'orienterait (Godjin & Theeuwes, 2002). Si ce signal provient de la carte de saillance, alors l'orientation se fera de façon involontaire. Si au contraire ce signal provient de la carte de pertinence, l'orientation se fera de façon volontaire. Une deuxième conséquence importante de l'hypothèse que le processus d'orientation fonctionnerait sur la base des entrées qu'il reçoit par la carte MAM est que l'attention peut être à deux endroits en même temps ! Dans une étude portant sur la capture attentionnelle et oculomotrice, Theeuwes et ses collaborateurs (1999) ont pu montrer que lorsqu'un individu se prépare à effectuer un mouvement attentionnel/oculaire volontaire vers une cible prédéterminée, l'apparition soudaine d'un stimulus distracteur provoque une saccade vers son emplacement. Ces saccades sont involontaires et les individus ne sont pas conscients de leur survenue. Les auteurs ont suggéré que l'attention était involontairement orientée vers l'emplacement du distracteur alors qu'un mouvement volontaire était en cours de programmation. En d'autres termes, il y a eu programmation simultanée et parallèle de deux mouvements vers des endroits distincts. À la lumière du modèle MAM une telle programmation est possible. Les connaissances sur les propriétés physiques ou l'emplacement de la cible produiraient une activité au sein de la carte de pertinence, alors que la présence simultanée dans le champ visuel d'un item hautement saillant mais non-pertinent élèverait une forte activité au sein de la carte de saillance. Ces deux activités seraient représentées simultanément au sein de la carte MAM. Ces deux activités pourraient ainsi servir d'entrée au processus d'orientation qui programmerait deux mouvements, un volontaire et un involontaire, en direction des deux items concernés. Ce type de conflit peut être résolu grâce à l'action modulatrice du processus d'inhibition.

**b** – Sur la base des travaux de Watson et Humphreys (1997), le processus d'inhibition du modèle MAM est dirigé par des biais descendants et dépendant de ressources attentionnelles limitées. En effet, Watson et Humphreys (1997) ont montré que la réalisation d'une tâche secondaire requérant l'utilisation de ressources attentionnelles réduisait considérablement la capacité à inhiber le traitement des informations non-pertinentes. Cependant, les auteurs avaient proposé que cette inhibition agissait sur les positions spatiales des informations à inhiber. Le modèle MAM prévoit que cette inhibition est exercée non pas sur la carte spatiale, mais sur la carte MAM. L'existence simultanée de deux activités concurrentes au sein de la carte MAM a été mentionnée plus haut. Cette co-existence provoque des interférences car elle incite le processus d'orientation à déplacer l'attention à deux endroits distincts. Le processus d'inhibition peut résoudre cette interférence à travers la modulation qu'il peut exercer sur la carte MAM. Il peut, en effet, agir de façon à ce que la compétition entre les deux signaux forts soit inégale et biaisée de façon à avantager le signal issu de la carte de pertinence. Il semble que certaines conditions soient nécessaires au bon fonctionnement de l'inhibition, et en premier lieu le temps nécessaire à sa mise en place. D'autres conditions, comme la connaissance préalable des caractéristiques de la cible (qui génèrent une activité au sein de la

carte de pertinence) peuvent également aider. Il est encore incertain comment l'inhibition biaise la compétition au sein de la carte MAM. Est-ce par diminution du poids de l'activité non-pertinente ? Est-ce par un ajout d'activité supplémentaire au signal pertinent ? Est-ce par conditionnement de la carte MAM à réduire la réception d'activités issues des cartes autres que la carte de pertinence ? Ou bien par l'ajout d'informations qualitativement différentes à l'activité non-pertinente afin que le processus d'orientation l'utilise moins ou pas du tout ? Les réponses plausibles sont multiples mais pas encore bien déterminées. Curieusement, l'existence d'un processus d'inhibition qui agirait afin de réduire les activités interférentes n'est pas admise par tous les spécialistes de l'attention. En effet, il existe deux modèles très influents qui proposent que l'interférence issue d'items non pertinents est réduite par d'autres moyens. Theeuwes (1992 ; 1995) a proposé qu'aucun besoin n'existe de prévoir l'existence d'un processus d'inhibition afin d'expliquer la réduction des interférences. Le processus d'orientation fonctionnerait comme un filtre afin d'éliminer les interférences. D'autre part, le modèle de la compétition biaisée (Desimone & Duncan, 1995) assume que la sélection spatiale « ne fait pas qu'amplifier le traitement du stimulus à l'emplacement où se trouve l'attention mais semble résoudre la compétition entre les stimuli » (pp.203). Il est donc clair, à travers ces deux modèles, que l'existence d'un processus d'inhibition n'est pas indispensable à la réduction des interférences et au bon fonctionnement du système attentionnel. Seul le processus d'orientation serait suffisant à cet effet. Les résultats obtenus auprès du patient RJ (Michael et al., 2001b ; 2006) remettent fortement en question ces hypothèses et apportent un argument indéniable en faveur de l'existence d'un processus d'inhibition qui serait dirigé par des biais descendants (Watson & Humphreys, 1997). En effet, RJ arrive à orienter correctement son attention à la fois sur la base des signaux de pertinence et de saillance, mais n'arrive point à résister à l'interférence issue d'items non pertinents (Michael et al., 2001b ; 2006).

### **III. OBJECTIFS**

Le modèle MAM propose un point de vue intégratif des traitements menant à l'émergence des phénomènes attentionnels. Pourrait-on construire des épreuves papier-crayon qui puissent évaluer les composants de ce modèle ainsi que leurs interactions ?