Institut National du Sport et de l'Education Physique

Laboratoire de Neurosciences du Sport

Vincent NOUGIER
Hubert RIPOLL

Centre National de la Recherche Scientifique

Laboratoire de Neurosciences Fonctionnelles 1

Anne-Marie BONNEL
Camille POSSAMAI

RAPPORT DE RECHERCHE POUR L'ATP CNRS CONTROLE DU MOUVEMENT

"Effets de la pratique sportive de haut niveau sur la qualité du codage sensoriel, la capacité attentionnelle et les facteurs d'exécution du mouvement"

AVRIL 1989

Rapporteur : Vincent NOUGIER

SOMMAIRE

Problématique générale de la recherche	1
Introduction	1
Expérimentations	4
I Expériences psychophysiques	4
1 Méthode générale	4
1.1 Appareillage et tâche	4
1.2 Procédure	4
1.3 Analyse des données	5
II Experience 1	6
2.1 Méthode	6
2.2 Résultats	6
2.3 Discussion	9
III Expérience 2	12
3.1 Méthode	12
3.2 Résultats	13
3.3 Discussion	14
IV Expérience 3	14
4.1 Méthode	14
4.2 Résultats	15
4.3 Discussion	17
4.4 Conclusion	20
V Expérience 4	21
5.1 Méthode	21
5.2 Résultats	22
5.3 Discussion	24
VI Expérience 5	25
6.1 Méthode	25
6.2 Résultats	26
6.3 Discussion	27
6.4 Conclusion	28
VII Expérience 6	30
7.1 Appareillage	30
7.2 Tâche	31
7.3 Population	33
7.4 Résultats	33
7.5 Discussion	36
7.6 Conclusion	39
Remarques finales	39
Références	
Annexe	

PROBLEMATIQUE GENERALE DE LA RECHERCHE

Les recherches exposées dans ce document étaient destinées à répondre à un double objectif, théorique et pratique.

L'objectif théorique était destiné à étudier les effets de la pratique sportive sur les caractéristiques du "faisceau attentionnel" de sujets sportifs et non sportifs. Cette métaphore du faisceau traduit l'idée que l'attention "éclairerait" sélectivement certaines zones informationnelles privilégiées, de l'espace environnant. L'hypothèse selon laquelle la pratique sportive a pour effet d'amplifier, dans certains sports caractérisés par une quantité importante d'informations visuo-spatiales, une incertitude et une pression temporelle élevées, la taille du "faisceau attentionnel" a été précédemment avancée (Nougier, Ripoll & Stein, 1987 ; soumis). Il convenait dans ces recherches de décrire plus précisément les conséquences de ces modifications fonctionnelles au niveau perceptif et au niveau moteur.

L'objectif pratique était destiné à identifier, en comparant des athlètes de différents niveaux d'expertise, la nature des modifications attentionnelles en relation avec les stades de traitement précisément concernés. Nous envisagions la possibilité de définir, sur la base de ces données, une méthodologie générale d'entraînement susceptible de prendre en compte ces résultats.

INTRODUCTION

Classiquement, l'orientation de l'attention dans l'espace visuel a été étudiée en adoptant deux paradigmes expérimentaux principaux. Dans la méthode chronométrique développée par Posner et ses collaborateurs (voir Posner, 1980), l'attention du sujet est orientée par un signal de marquage vers une localisation spatiale donnée. Dans une grande proportion des essais, le stimulus à détecter est présenté au même endroit, en dans le restant des essais, ce stimulus est présenté dans une autre région de l'espace. Les résultats montrent que les sujets sont plus rapides pour détecter les signaux présentés dans la région préalablement marquée -bénéfice attentionnel- et plus lents pour détecter ceux présentés dans une région non marquée -coût attentionnel-, lorsque les temps de réaction sont comparés à une condition neutre dans laquelle aucune information spatiale préalable n'est fournie.

Cependant, une critique fréquente a été adressée à cette méthodologie. Du fait d'un simple glissement stratégique sur la courbe d'échange vitesse-précision, les effets attentionnels -i.e. les coûts et bénéfices en termes de temps de réaction- pourraient résulter de la quantité variable d'information présente dans chaque localisation spatiale, et devant être traitée par le sujet avant

qu'il fournisse sa réponse (Lappin & Uttal, 1976 ; Shaw, 1984 ; Sperling, 1984 ; Sperling & Dosher, 1986). Ces résultats pourraient être obtenus de manière équivalente par un "observateur idéal". C'est à dire un sujet théorique ne possédant aucune limitation attentionnelle.

C'est pourquoi, ces dernières années, de nouvelles approches ont été proposées, pour étudier l'orientation de l'attention, en tentant d'isoler la contribution des processus perceptifs de celle des processus décisionnels. L'attention d'un sujet est orientée dans l'espace, pour détecter un changement d'intensité lumineuse (Bashinski & Bacharach, 1980 ; Downing, 1988 ; Müller & Findlay, 1987) ou un symbole (Downing, 1988 ; Müller & Findlay, 1987 ; Shaw, 1984). Le sujet doit ensuite indiquer s'il a effectivement détecté un stimulus, et le degré de confiance qu'il accorde à sa réponse. A partir des hypothèses de la théorie de la détection du signal, les expérimentateurs sont capables de séparer les effets d'attente portant sur l'encodage perceptif et ceux portant sur la prise de décision. Le résultat général montre que l'orientation de l'attention induit des effets de facilitation et d'inhibition sur la sensibilité du récepteur -i.e. la capacité des sujets à discriminer les signaux pertinents parmi du "bruit". Cependant, Shaw (1984) et Müller et Findlay (1987) ont échoué dans l'obtention d'un tel effet, lorsqu'il s'agit de détecter un changement d'intensité lumineuse, mais l'observent dans une tâche de détection de lettres. D'un autre coté, Bashinski et Bacharach (1980) obtiennent des résultats significatifs dans une tâche de détection d'un changement d'intensité lumineuse. Finalement, Downing (1988) démontre que cet effet est toujours présent, mais qu'il est plus important pour les tâches perceptives plus complexes. Ces données suggèrent par conséquent que la nature de la tâche est importante dans l'analyse des résultats. Plus la tâche est complexe au plan perceptif, plus les effets attentionnels sont de grande amplitude. Concernant le biais de réponse -i.e. le niveau à partir duquel les sujets répondent de manière aléatoire aux signaux qui leur sont présentés-, les résultats sont également contradictoires. Parfois on observe des modifications du critère de décision (Müller & Findlay, 1987 ; Shaw, 1984) et parfois, on n'observe aucun changement de ce critère (Bashinski & Bacharach, 1980 ; Downing, 1988). Ceci pourrait être fonction de la tâche présentée aux sujets. Le critère de décision tendrait à être diminué pour les tâches les plus complexes. Ces divers résultats montrent finalement qu'il est difficile d'apporter des conclusions définitives à propos du rôle de l'attention sur les processus perceptifs et décisionnels. Et certaines questions demeurent non résolues.

La première concerne le rôle de distracteurs sur la distribution de l'attention dans l'espace et sur l'amplitude de ces effets attentionnels. Zimba et Hughes (1985, 1986) ont suggéré que des facteurs tels le masquage visuel pourraient affecter beaucoup plus significativement l'attention que des distracteurs. Müller et Findlay (1987) ont montré que la discriminabilité des signaux parmi des distracteurs induisait des changements tant au niveau de la sensibilité perceptive, que

du critère de décision, dans une tâche de détection de lettres. Mais qu'en est-il dans une tâche de détection simple d'un changement d'intensité lumineuse ?

La deuxième interrogation concerne la distribution des effets attentionnels dans l'espace. Certaines études montrent une amplitude croissante des effets attentionnels, en fonction de la distance séparant les signaux à détecter (Downing, 1988 ; Downing & Pinker, 1985 ; Mangun & Hylliard, 1985, 1987 ; Shulman, Wilson & Sheehy, 1985) tandis que d'autres échouent dans l'obtention de tels effets (Hughes & Zimba, 1985 ; Posner, 1978 ; Zimba & Hughes, 1986). D'un autre coté, Hughes (1984) a étudié l'effet de l'intensité des signaux et de l'orientation de l'attention des sujets dans une tâche de temps de réaction. Il montre que les effets de luminance sont additifs avec les effets de position spatiale de l'attention, et que la valeur de l'information qui oriente l'attention dans l'espace modifie l'amplitude des effets attentionnels. Cet auteur suggère que l'orientation de l'attention interviendrait relativement tardivement dans le processus de traitement de l'information.

La troisième question concerne les effets de l'attention sur les différents stades de traitement de l'information. Ces effets attentionnels interviennent-ils au niveau de l'encodage perceptif ou de la prise de décision ? Ou bien affectent-ils chacun de ces stades de traitement ? En outre, il serait intéressant de savoir si l'amplitude de ces effets est équivalente ou si au contraire elle diffère, en fonction du stade de traitement considéré.

Dans les expériences qui suivent, nous avons adopté la méthode du "probe" développée à l'origine dans les études psychophysiques de l'audition (Greenberg & Larkin, 1968 ; MacMillan & Schwartz, 1975), en adoptant d'une part une approche psychophysique et d'autre part une approche chronométrique. Ceci était destiné à réconcilier des points de vues jusque là divergents concernant les effets perceptifs et décisionnels de l'orientation de l'attention. Dans la première expérience, il s'agissait typiquement d'une tâche psychophysique consistant à détecter un changement d'intensité lumineuse. Il s'agissait de l'expérience de base destinée à mesurer la taille du faisceau attentionnel et l'effet de la présence ou de l'absence de distracteurs. Dans la seconde expérience deux intensités différentes des signaux à détecter ont été testées. Dans la troisième expérience, les sujets devaient à la fois détecter un changement d'intensité lumineuse, et répondre le plus vite possible. La quatrième expérience reposait sur une tâche de temps de réaction, mais en respectant les mêmes principes que dans les tâches précédentes. Il devait être possible de la sorte, d'étudier les effets de l'attention, en fonction du stade de traitement concerné.

Cependant, la complexité méthodologique des expériences de type psychophysique, et notamment la lourdeur temporelle que cette méthodologie impose, se sont avérées incompatibles avec les charges multiples auxquelles les athlètes de haut niveau sont eux-mêmes soumis. Aussi

avons nous été contraints de limiter notre étude comparative, entre sujets sportifs et non sportifs, à l'expérience 1. Les interrogations soulevées par les premiers résultats ont donné lieu aux expériences complémentaires 2 à 4, qui n'ont impliquées que des sujets non sportifs. Enfin, l'expérience 5, reposant une méthodologie de temps de réaction, était destinée à étudier les processus attentionnels de sujets sportifs, dans une situation écologique proche des conditions de la pratique sportive.

EXPERIMENTATIONS

I Expériences psychophysiques

1 Méthode générale

1.1 Appareillage et tâche

De chaque coté d'un point de fixation central, une série de diodes rouges est disposée horizontalement, sur un panneau vertical de couleur uniforme. Les diodes sont distantes les unes des autres de 1.5 ° depuis le centre jusqu'à la périphérie. Elles ont un diamètre de 0.5°. Durant toute l'expérience, ces diodes sont éclairées avec une intensité constante. Dans un bloc d'essais, une diode -toujours la même- change d'intensité pendant 40 ms, au début de chaque essai. Ce signal de marquage a pour fonction d'orienter l'attention du sujet vers une localisation spatiale donnée. 500 ms plus tard, un signal sonore est présenté pendant 60 ms. Dans la moitié des essais, un signal de réponse est présenté au milieu de cette plage sonore. Il s'agit d'un très faible changement d'intensité d'une diode, pendant 10 ms. Dans les 50% d'essais restant, aucun signal de réponse n'apparaît.

Dans 75% des essais avec signal de réponse -i.e. 37.5% du nombre total des essais- le changement d'intensité survient à l'endroit initialement marqué -essai *primaire*-. Dans les 25% d'essais restant -i.e. 12.5% du total des essais-, ce changement de luminance intervient de manière symétrique, de l'autre coté du point de fixation central -essai *sonde*-. L'ordre de présentation des essais est entièrement aléatoire. Les sujets doivent fournir une réponse OUI ou NON en appuyant sur une presselle. Ils doivent ensuite indiquer leur niveau de confiance sur une échelle en trois points : très sûr, moyennement sûr, peu sûr. Un signal d'erreur est présenté chaque fois que les sujets ne répondent pas de manière complète -i.e. ne fournissent pas les deux réponses demandées-, dans un délai de 3 secondes.

1.2 Procédure

Les sujets sont assis dans la pénombre, la tête maintenue immobile, à 42 cm du panneau de présentation. Tous possèdent une vision normale ou corrigée satisfaisante. Ils ne possèdent aucune connaissance des expériences en psychophysique et sont ignorants des objectifs de cette

expérimentation. Ces sujets sont encouragés à fixer du regard le point de fixation central. Durant une période d'essais, l'intensité d'allumage des signaux de réponse est progressivement réduite pour que la quantité de bonnes réponses dans chaque localisation spatiale soit d'environ 80% des essais avec signal.

Une fois ces réglages effectués, une condition contrôle est exécutée, dans laquelle les signaux de réponse sont toujours présentés dans la localisation spatiale initialement marquée.

Puis les sujets sont testés dans deux conditions d'excentricité du primaire et de la sonde. Dans la condition *proximale*, les signaux primaire et sonde sont distants de 9° d'excentricité. Dans la condition *distale*, les signaux sont distants de 15°. Pour chaque excentricité des signaux, le primaire et la sonde sont testés des deux cotés du point de fixation central.

Quatre blocs de 80 essais sont exécutés pour la condition contrôle. Huit blocs successifs de 64 essais sont présentés pour l'expérience elle-même. L'ordre de présentation des blocs expérimentaux est contrebalancé. Les sujets doivent répondre OUI chaque fois qu'ils détectent un changement d'intensité, quelle que soit sa localisation spatiale. Ils doivent répondre NON lorsqu'ils ne détectent rien de particulier. Puis ils doivent préciser leur jugement sur l'échelle de confiance en trois point, pour chaque réponse fournie. Les sujets sont encouragés à optimiser le pourcentage des détections correctes et à réduire celui des fausses alertes. Les temps de réponse sont également enregistrés, mais aucune instruction de vitesse n'est donnée.

1.3 Analyse des données

Compte tenu du protocole expérimental adopté, il est impossible dans ces expériences de différencier entre les fausses alertes, lorsque les sujets croient détecter un primaire, et celles pour lesquelles ils croient détecter une sonde. De la sorte, on peut émettre des doutes à propos de la validité des mesures de sensibilité et du biais de réponse (Müller & Findlay, 1987). C'est pourquoi, préalablement à tout traitement statistique, nous avons examiné les données brutes. C'est à dire les pourcentages de détections correctes et de fausses alertes. Nous avons été particulièrement attentifs au pourcentage de détections correctes pour le niveau de confiance le plus élevé et à celui des fausses alertes, pour le niveau de confiance le plus bas. D'un coté, les sujets sont très sûrs lorsqu'ils fournissent une réponse correcte. De l'autre, ils doutent particulièrement lorsqu'ils font une erreur. Ainsi, nous pouvons supposer que pour ces deux niveaux de confiance les sujets ne sont pas en train de parier, à propos d'une réponse à un signal primaire ou à une sonde.

Suite à cette première approche, une analyse de variance à deux facteurs -probabilité * excentricité- avec deux mesures répétées sur chacun des facteurs est appliquée, pour le pourcentage des détections correctes, l'indice non paramétrique de sensibilité -i.e. *P(A)*, qui traduit la capacité

d'un sujet à discriminer les signaux parmi du "bruit"-, l'indice non paramétrique du biais de réponse -i.e. *B*, qui rend compte du niveau à partir duquel les sujets répondent de manière aléatoire aux signaux présentés- et le temps de réponse -*TDR*-. Etant donné que les fausses alertes sont indifférenciées, en fonction du primaire ou de la sonde, nous avons comparé les performances des sujets dans la condition où une diode correspond aux essais primaire à la condition dans laquelle la même diode correspond aux essais sonde.

II EXPERIENCE 1

Dans cette première expérience, deux questions principales sont envisagées. La première concerne l'existence d'un faisceau attentionnel susceptible de faciliter le traitement des informations situées à l'intérieur du faisceau et d'inhiber celui des informations non prises en compte par ce faisceau. La seconde, complémentaire, veut s'efforcer de mesurer la taille de ce faisceau, en relation avec le niveau d'expertise de certains athlètes. En présentant des distracteurs visuels au cours de la tâche, nous devrions mesurer des effets différentiels, selon la présence ou l'absence de ces distracteurs ; ainsi qu'en fonction de leur nombre. En testant différentes excentricités des signaux, il devrait être possible de mesurer plus précisément la taille du faisceau attentionnel.

2.1 Méthode

7 sujets non sportifs, agés de 25 à 35 ans ont été testés et comparés à 4 pentathlètes de haut niveau. La procédure était celle décrite précédemment. 7 diodes étaient disposées de par et d'autre du point de fixation central. De la sorte, quatre diodes étaient interposées entre le signal primaire et le signal sonde dans la condition de faible excentricité. 8 diodes étaient interposées de manière similaire, dans la condition de plus grande excentricité.

2.2 Résultats

2.2.1 Détections correctes

Le pourcentage des détections correctes par rapport au nombre total des essais avec signal, est plus élevé pour la diode primaire que pour la diode sonde. Mais il est équivalent quelle que soit l'excentricité des signaux (figure 1). L'analyse de variance confirme un effet significatif du facteur probabilités *($F(1, 9) = 39.5$, $p<.0001$)* et aucun effet du facteur excentricité. En outre, on observe un effet significatif du facteur population *($F(1, 9) = 29.45$, $p<.0004$)* et une interaction des facteurs population et probabilités *($F(1, 9) = 8.01$, $p<.02$)*. Les sujets sportifs font moins de détections correctes que les sujets non non sportifs. Ils en font d'autant moins que les signaux à détecter sont plus rares. Le pourcentage de détections correctes pour le niveau de confiance le plus élevé est équivalent quelle que soit la probabilité des signaux ou leur excentricité. Il est toutefois plus faible pour les sujets sportifs.

Lorsqu'ils font une détections correcte, les sujets non sportifs indiquent qu'ils sont très confiants dans plus de 80% des cas, quelle que soit la condition. Ce pourcentage est de 70% pour les sujets experts.

Au plus haut niveau de confiance, l'ensemble des sujets semblent répondre de manière équivalente au primaire ou à la sonde. Proportionnellement, ils détectent autant de signaux fréquents que de signaux rares. Par ailleurs, les sujets n'ont pas plus de difficultés à détecter les signaux éloignés que les signaux proches. Ils demeurent aussi confiants dans les deux conditions.

2.2.2 Fausses alertes

Le pourcentage des fausses alertes par rapport au nombre total des essais sans signal est d'environ 6%, quelle que soit l'excentricité des signaux. Plus encore, le pourcentage des fausses alertes, pour le niveau de confiance le plus faible, est systématiquement plus grand que pour les deux autres niveaux de confiance. Quand les sujets font une erreur, en croyant détecter un signal, -i.e. en faisant une fausse alerte-, ils formulent un jugement d'extrême prudence dans 60% des cas environ.

L'ensemble de ces résultats semble indiquer que les sujets répondent généralement de manière pertinente, sans faire de pari, excepté quand les contraintes de la tâche deviennent trop fortes. Quand les sujets font une détection correcte, ils sont la plupart du temps très confiants dans leur jugement, quelle que soit la fréquence des signaux. Et quand ils font des fausses alertes, ils sont plutôt prudents dans leur jugement sur la validité de ces réponses. Il est par conséquent probable que les indices non paramétriques de sensibilité et de biais de réponse peuvent prendre du sens, en dépit du fait que les fausses alarmes ne sont pas différenciées en fonction de la probabilité des signaux de réponse.

2.2.3 Indice non paramétrique de sensibilité -P(A)

On observe un effet significatif du facteur population *(F(1, 9) = 105.9, P<.0001)*. On remarque également un effet significatif du facteur excentricité *(F(1, 9) = 7.86, P<.02)*. Les sujets sont plus sensibles aux signaux présentés au centre qu'aux signaux présentés à la périphérie (figure 1). On remarque également un effet significatif du facteur probabilités *(F(1, 9) = 96.6, P<.0001)*. Plus précisément, il apparait que les sujets sportifs*(F(1, 3) = 109.33, P<.001)*, ainsi que les sujets non sportifs *(F(1, 6) = 54.76, P<.001)* sont significativement affectés par les probabilités. Les sujets sont plus sensibles aux signaux de grande probabilité quelle que soit leur excentricité. On observe toutefois une interaction du facteur probabilités avec le facteur population *(F(1, 9) = 35.77, P<.0002)*. Les sujets sportifs sont plus sensibles que les non sportifs aux signaux de grande

probabilité. Ces données confirment celles discutées à propos du pourcentage de détections correctes.

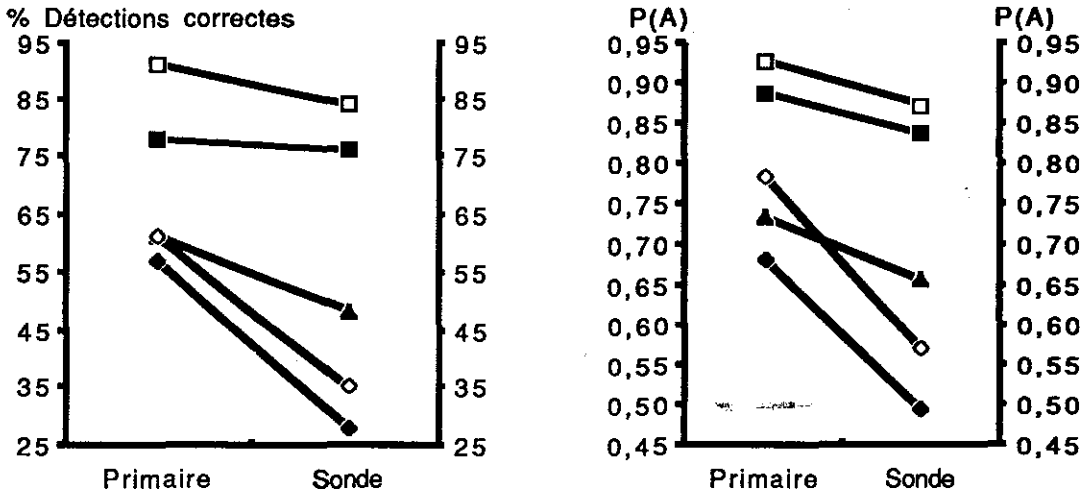


Figure 1 : Pourcentage moyen de détections correctes -figure de gauche- et sensibilité moyenne -figure de droite- pour le signal primaire et le signal sonde, en fonction de l'excentricité et de l'intensité des signaux. Les motifs blancs représentent les signaux proximaux, les motifs noirs les signaux distaux. Les carrés correspondent à une intensité différente des signaux proximaux et distaux. Les triangles représentent les signaux distaux avec une intensité lumineuse équivalente à celle des signaux proximaux. Les losanges représentent les résultats des pentathlètes.

Ce qui est remarquable dans l'ensemble de ces données, c'est le parallélisme presque parfait des différentes courbes, pour chaque population testée. Un tel résultat peut suggérer que les effets de fréquence sont généralement constants, quelle que soit l'excentricité des signaux de réponse.

2.2.4 Biais de réponse -B-

Seul le facteur probabilités révèle un effet significatif *(F(1, 9) = 6.77, P<.025)*. Ce qui suggère que les sujets élèvent leur critère de décision pour les signaux de faible probabilité. Toutefois, la figure 2 montre que ce sont principalement les sujets sportifs qui modifient leur critère de décision, en fonction de la fréquence des événements. Dans cette expérience, les sujets non sportifs semblent avoir adopté un critère de décision relativement constant. Ce qui peut signifier qu'ils ont toujours conservé la même stratégie, pour l'ensemble des sessions expérimentales.

2.2.5 Temps de réponse

L'analyse de variance ne révèle aucun effet significatif du facteur population. On n'observe pas d'effet significatif du facteur excentricité ou du facteur probabilités. Toutefois, on relève une interaction significative des facteurs population et probabilités *(F(1, 9) = 7.37, P<.025)*. Les sujets sportifs semblent moins affectés que les sujets non sportifs par les différentes probabilités. Ceci est confirmé par le fait que les sujets non sportifs montrent un effet significatif de ce facteur *(F(1,*

6) = 22.53, P<.003). Ce qui n'est pas le cas des sujets sportifs *(F(1, 3) = .3, P>.10).* En d'autres termes les sujets sportifs ne réagissent pas plus vite en fonction des probabilités. Tandis que les sujets non sportifs sont beaucoup plus lents pour répondre aux signaux de faible probabilité qu'aux signaux de grande probabilité (figure 7). Mais quelle que soit la population concernée, les sujets sont aussi rapides pour détecter les signaux proximaux que les signaux distaux.

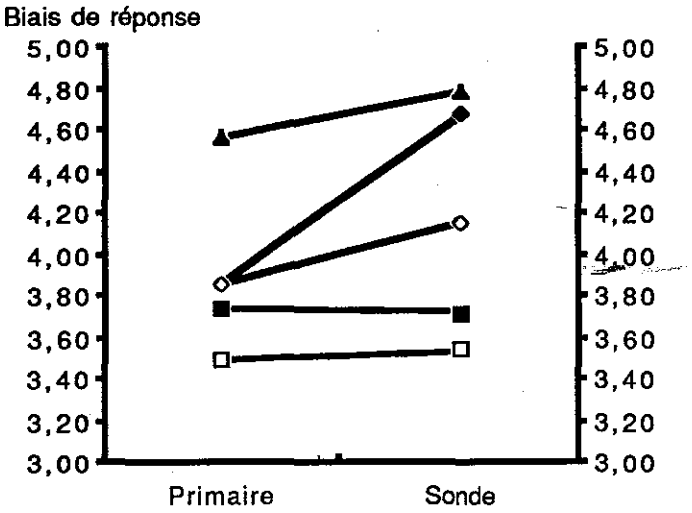


Figure 2 : Biais de réponse, pour le signal primaire et le signal sonde, en fonction de l'excentricité et de l'intensité des signaux. Les motifs blancs représentent les signaux proximaux, les motifs noirs les signaux distaux. Les carrés correspondent à une intensité différente des signaux proches et éloignés. Les triangles représentent les signaux distaux avec une intensité lumineuse équivalente à celle des signaux proximaux. Les losanges représentent les résultats des pentathlètes.

Par ailleurs, le temps de réponse aux signaux incorrects -i.e. les fausses alertes- est beaucoup plus long. On observe une augmentation générale du temps de traitement supérieure à 100 ms. De telle sorte que le temps de réponse pour les fausses alertes est toujours égal, voire supérieur, au temps de réponse pour les signaux les plus rares. Ceci peut renforcer l'idée que les sujets répondent, sans adopter une stratégie de pari.

2.3 Discussion

Dans cette expérience, le critère de décision des sujets paraît constant, quelles que soient les conditions expérimentales. Il semble qu'ils adoptent un critère de décision optimal, même pour les signaux les plus rares. Deux hypothèses sont envisageables. D'une part, il est possible que les sujets ne choisissent pas le critère de décision le plus favorable pour les signaux marqués. C'est à dire un critère leur permettant de répondre systématiquement de manière correcte aux signaux fréquents. D'autre part, on peut supposer qu'ils choisissent spontanément un critère intermédiaire leur permettant d'être généralement performants, quelles que soient les probabilités de chacun des événements. Ce résultat est conforme à ceux de Bashinski et Bacharach (1980) ou de Downing (1988). Mais il est contradictoire avec ceux d'autres auteurs (Müller &

Findlay, 1987 ; Shaw, 1984). C'est peut être la nature de la tâche qui induit de telles divergences. En effet, dans notre expérience, il s'agissait de détecter un changement d'intensité lumineuse tandis que dans les travaux précédemment cités (Müller & Findlay, 1987 ; Shaw, 1984), la tâche consistait à détecter des lettres. Dans cette hypothèse, nous sommes en accord avec Shaw (1984) qui suggère que les processus requis par la détection d'un changement d'intensité lumineuse et ceux nécessaires à la détection d'une lettre sont différents. La détection de lettres ferait appel à un processus à capacité limitée de traitement. Cette capacité limité serait absente dans l'autre tâche.

En termes de sensibilité du système, nos résultats montrent que P(A) est significativement plus faible pour les signaux rares que pour les signaux fréquents. Il est intéressant de noter que cet effet est obtenu quelle que soit l'excentricité des signaux. Ceci est en accord avec divers travaux antérieurs (Bashinski et Bacharach, 1980 ; Downing, 1988 ; Müller & Findlay, 1987). Ces données suggèrent l'existence d'un processus local de facilitation qui améliorerait les performances pour les localisations spatiales fréquentes et les diminuerait pour les localisations spatiales plus rares. Ce processus est comparable à celui de la *bande critique* mise en évidence dans le domaine de l'audition (Scharf, 1970). Cette notion traduit le fait qu'un sujet devant détecter une fréquence auditive donnée est incapable de détecter correctement d'autres fréquences auditives trop éloignées de la fréquence attendue. De manière similaire, la présence de distracteurs interposés entre le primaire et la sonde encouragerait les sujets à focaliser leur attention sur le signal primaire, afin de limiter les effets induits par ces distracteurs dans le processus d'encodage perceptif. Cette hypothèse va dans le même sens que les résultats de Müller et Findlay (1987). Ces auteurs montrent, dans une tâche de détection d'un changement d'intensité lumineuse, qu'en absence de bruit, on n'observe aucun effet de l'attention spatiale, tandis que lorsqu'un bruit suffisant est créé, cet effet attentionnel devient consistant. Nos résultats suggèrent toutefois que le faisceau attentionnel n'est pas impliqué ici. Si c'était le cas, et en accord avec les données de Humphreys (1981) mettant en évidence une zone de sensibilité maximale ne dépassant pas un degré d'angle visuel, nous aurions dû observer une diminution plus importante de la performance pour les diodes les plus excentrées. Ce qui n'est pas confirmé ici.

L'absence d'effet de l'excentricité des signaux sur la sensibilité du récepteur, peut s'expliquer, compte tenu de la méthode adoptée pour ajuster l'intensité des signaux, préalablement à l'expérimentation. Dans une tâche similaire à celle de Posner et al. (1978), Downing et Pinker (1985) ont montré que les coûts et bénéfices attentionnels augmentent en fonction de la distance rétinienne qui sépare les signaux marqués des stimuli à détecter. Downing (1988) a également mis en évidence dans une tâche de détection lumineuse que la sensibilité perceptive diminue d'autant plus que les diodes à détecter sont éloignées les unes des autres. Cependant, dans son expérience, l'intensité des signaux était la même pour chaque excentricité. Tandis que dans nos propres expériences, elle était réglée indépendamment, pour chacune des

diodes testées. Du même coup, l'augmentation des effets attentionnels en fonction de l'excentricité des signaux a pu être supprimée par cet artéfact expérimental.

L'analyse des temps de réponse montre largement que les sujets non sportifs ont besoin de plus de temps pour détecter les changements d'intensité lumineuse, quand les signaux sont moins fréquents. Il est plus coûteux de traiter les signaux rares que les signaux fréquents. Ce résultat général est quelque peu contradictoire avec ceux de Posner et de ses collaborateurs (Posner & Cohen, 1984 ; Posner et al., 1980, 1984). Ces auteurs montrent dans une tâche comparable, mais en situation de temps de réaction, un faible effet des probabilités lorsque les essais sont présentés en condition bloquée. Ils expliquent ce résultat par le fait que les sujets ne sont pas obligés dans ces conditions d'orienter leur attention après chaque essai.

Il nous faut maintenant étudier plus précisément les résultats obtenus entre les deux populations testées. On remarque un effet significatif du facteur population et une interaction significative des facteurs population et probabilités pour l'indice P(A) et pour le temps de réponse. Plus précisément, les résultats montrent que les sujets sportifs discriminent plus difficilement les signaux de faible probabilité que les sujets non sportifs. Ils ont également moins confiance dans leurs réponses. Cependant, les sujets experts répondent à la même vitesse à l'ensemble des signaux qu'on leur présente. Ce n'est pas pour autant qu'ils sont très rapides, comparés aux sujets non experts.

Ces résultats ne sont pas en accord avec les hypothèses que nous formulions en introduction. De plus ces données sont en contradiction avec d'autres résultats obtenus avec les mêmes sujets (Nougier et al., 1987 ; soumis).

En effet, il apparait nettement que les pentathlètes experts sont généralement moins performants que les sujets non experts, quel que soit l'indice retenu. Ce comportement peut s'expliquer par le fait que les pentathlètes focalisent davantage leur attention sur le signal fréquent que les sujets non experts. Du même coup ils sont performants sur ce signal fréquent et relativement affectés sur le signal rare. Cette stratégie tient peut-être au fait que les sujets sportifs ne ressentent pas l'intérêt qu'il pourrait y avoir à tenir compte des signaux rares, dans le contexte de cette situation expérimentale. Dans une expérimentation comparable (Nougier et al., 1987 ; soumis), nous avons montré que les sujets experts diffusaient leur attention et s'organisaient pour pouvoir répondre à l'ensemble des stimuli potentiels. Mais dans ces expériences, les différentes excentricités étaient testées dans un même bloc d'essais, ce qui pouvait inciter les sujets à considérer l'ensemble du champ informationnel. Au contraire, dans la présente expérience, les différentes excentricités sont testées de manière bloquée, pour un ensemble donné d'essais. De la

sorte, les sujets ne s'intéressent qu'aux signaux les plus fréquents car c'est ce qui est le plus pertinent dans ce contexte.

Une autre explication consiste à dire que dans cette situation expérimentale, les pentathlètes ne sont pas confrontés à un niveau de difficulté suffisant. De la sorte ils ne seraient pas conduits à mettre en oeuvre des processus particuliers pour répondre. On peut alors supposer qu'en augmentant la complexité de la tâche les résultats obtenus seraient différents. L'utilisation d'un mouvement de pointage au lieu d'une simple pression sur un bouton, pour répondre à des signaux identiques devrait nous permettre de vérifier cette hypothèse.

Il est probable enfin que les sujets sportifs ne soient pas mieux équipés que les autres sujets du point de vue de leurs mécanismes perceptifs. Les différences jusque là observées entre populations de niveau d'expertise variable seraient plutôt le fait de stratégies spécifiques à chacune de ces populations. En d'autres termes, ce n'est pas au plan structural, mais vraisemblablement au plan fonctionnel que les athlètes experts se différencient de sujets non experts.

A partir de cette expérience, nous pouvons dire que la stratégie employée par les sujets semble étroitement liée aux exigences induites par le protocole expérimental auquel ils sont soumis. Les expériences qui suivent sont destinées à étudier comment les processus de traitement mis en évidence pourraient être affectés par une complexité variable de la tâche perceptive ou de la réponse à fournir. Toutefois, seuls des sujets non sportifs ont pu être testés dans ces différentes conditions expérimentales, compte tenu du temps important nécessaire pour mener à bien ces expériences. Dans ce contexte, il nous a été impossible de solliciter de nouveau des sujets de haut niveau d'expertise.

III EXPERIENCE 2

3.1 Méthode

Six sujets parmi les non sportifs ont été testés dans une condition supplémentaire. L'appareillage et le protocole étaient identiques. La seule différence portait sur le réglage d'intensité des signaux. Dans cette condition, ce réglage était strictement identique, quelle que soit l'excentricité des signaux. Nous pouvions ainsi comparer nos résultats à ceux rapportés par Downing (1988), et observer les effets induits, lorsque l'intensité des signaux n'est pas réglée en fonction de leur excentricité. Seule la condition *distale* était testée pour le primaire et la sonde, de chaque coté du point de fixation central. Quatre blocs de 64 essais étaient présentés. L'ordre de passation des blocs était contrebalancé. Comme dans la première expérience, les sujets devaient optimiser le pourcentage de détections correctes et réduire celui des fausses alertes.

3.2 Résultats

3.2.1 Détections correctes

Lorsque l'intensité des signaux est identique pour chaque excentricité, on observe une diminution importante du nombre des détections correctes pour les signaux distaux, qu'ils soient fréquents ou rares. Mais cette diminution est plus grande pour les signaux rares (figure 1). La diminution d'intensité des signaux affecte aussi bien le primaire que la sonde, mais l'effet semble plus marqué pour la sonde. Lorsque les valeurs enregistrées sur les diodes distales dans cette expérience sont comparées aux valeurs enregistrées sur les diodes proximales dans l'expérience 1, l'analyse de variance révèle un effet significatif du facteur excentricité *($F(1, 9) = 105.9$, $p<.005$)* et du facteur probabilités *($F(1, 5) = 6.9$, $p<.05$)*. Simplement en modifiant l'intensité des signaux, il est possible d'obtenir des effets d'excentricité, sans modifier les effets de fréquence. Lorsqu'on analyse le pourcentage des détections correctes au plus haut niveau de confiance, on observe que ce pourcentage reste équivalent pour le primaire et la sonde. Ce résultat est conforme à ceux de l'expérience précédente. L'analyse de variance confirme un effet de l'excentricité *($F(1, 5) = 22.75$, $p<.005$)* et l'absence d'effet de fréquence, comme dans la première condition expérimentale.

Quand ils font une détection correcte, les sujets sont très confiants dans 60% des cas environ, quelle que soit la fréquence des signaux. Ces résultats confirment que pour le niveau de confiance élevé, les sujets répondent de manière équivalente aux signaux fréquents ou rares. Toutefois, la proportion des réponses avec haut niveau de confiance est beaucoup plus faible que dans la première condition. Ces données suggèrent encore une fois que les sujets doutent davantage de la validité de leur réponse, pour les signaux éloignés dont l'intensité est relativement plus faible.

3.2.2 Fausses alertes

Quand l'intensité des signaux éloignés est manipulée, le pourcentage des fausses alertes augmente jusqu'à 16% des essais sans signal de réponse. Par ailleurs, les fausses alertes sont réparties de manière équilibrée pour chaque niveau de confiance, suggérant que dans cette condition particulière, les sujets ont tendance à répondre aléatoirement.

3.2.3 Indice de sensibilité -P(A)-

La sensibilité du récepteur est toujours plus faible pour les signaux rares que pour les signaux fréquents. En outre, on remarque qu'elle est plus faible pour les signaux les plus éloignés. Ces effets sont statistiquement significatifs, pour le facteur probabilités *($F(1, 5) = 6.76$, $p<.05$)* et pour le facteur excentricité *($F(1, 5) = 27.78$, $p<.003$)*.

3.2.4 Biais de réponse

Lorsque l'intensité des signaux à détecter est diminuée, la valeur du critère de décision augmente (figure 2). Mais l'analyse de variance n'est pas venue confirmer ces observations. Dans cette expérience, les sujets semblent finalement avoir adopté un critère de décision relativement stable. Ce qui peut signifier qu'ils ont conservé la même stratégie que précédemment.

3.2.5 Temps de réponse

Les temps de réponse enregistrés confirment nos observations de la première expérience. Pour la même excentricité, ce temps de réponse est plus long lorsque l'intensité des signaux est plus faible. En outre, il est toujours plus long pour répondre aux signaux les plus rares.

3.3 Discussion

Contrairement à Downing (1988), nos résultats ne confirment pas l'idée d'une augmentation des effets de sensibilité en fonction de la distance séparant le signal primaire du signal sonde, ou de l'intensité des signaux. En effet, la figure 1 montre un parallélisme évident de nos résultats, quelle que soit l'excentricité des signaux ou leur intensité. Bien que cette question ne soit pas complètement résolue, il est possible que la nature de la tâche soit à l'origine de ces divergences. En effet, dans les expériences de Downing (1988), les essais correspondant à différentes excentricités étaient mixés dans un même bloc expérimental. Tandis que dans notre expérience, ces excentricités étaient testées de manière séparée. Ces diverses données suggèrent que l'effet de fréquence est relativement indépendant de l'intensité ou de l'excentricité des signaux à détecter. Ceci est en accord avec les données de Hughes (1984) qui montre dans une tâche de temps de réaction que les effets de luminance sont additifs avec les effets d'attente spatiale.

IV EXPERIENCE 3

L'objectif de cette expérience est de tester les effets induits par l'absence de distracteurs sur l'attention visuelle. Il s'agit d'une part d'analyser plus finement la distribution de l'attention dans la région contiguë au signal marqué. D'autre part, il s'agit d'étudier dans quelle mesure les effets de sensibilité perceptive sont affectés par la suppression de distracteurs.

4.1 Méthode

Huit sujets ont été testés. Le protocole expérimental est identique à celui décrit précédemment, excepté sur trois points. Premièrement, l'excentricité des signaux est légèrement différente. Les diodes proches sont distantes de 9°, les diodes les plus éloignées de 14°. Deuxièmement, seulement quatre diodes restent allumées durant toute la durée de l'expérience. Ainsi, dans la condition *proximale*, aucune diode n'est interposée entre les signaux primaire et sonde ; tandis que dans la condition *distale*, deux distracteurs potentiels sont interposés. Enfin,

une caméra vidéo est disposée au point de fixation central. Elle est destinée à enregistrer les mouvements des yeux qui n'avaient pas été contrôlés jusqu'à présent.

Pour le reste, les instructions fournies aux sujets ou les conditions de passation des sessions expérimentales sont identiques à celles de l'expérience 1.

4.2 Résultats

4.2.1 Détections correctes

Le pourcentage de détections correctes est plus faible pour les signaux distaux que pour les signaux proximaux. Mais cette diminution est plus importante pour les signaux rares éloignés que pour les signaux fréquents de même excentricité (figure 3). L'analyse de variance confirme ces données en mettant en évidence un effet significatif du facteur excentricité *($F(1, 7) = 10.88$, $p<.015$)*, et un léger effet du facteur probabilités *($F(1, 7) = 4.97$, $p<.06$)*. L'interaction entre les facteurs excentricité et probabilités est juste en deçà du niveau de signification *($F(1, 7) = 4.02$, $p<.09$)*, traduisant une certaine tendance des résultats.

Le pourcentage de détections correctes au plus haut niveau de confiance confirme les données de l'expérience 1. Ce pourcentage est inférieur pour les signaux distaux. Il est légèrement inférieur pour les signaux les plus rares. L'analyse de variance montre un effet significatif du facteur excentricité *($F(1, 7) = 10.57$, $p<.015$)* mais ne confirme pas un effet du facteur probabilités *($F(1, 7) = 3.06$, $p>10$)*. Quand ils font une détection correcte, les sujets émettent un jugement de confiance très élevé dans plus de 60% des essais. Au plus haut niveau de confiance, les sujets tendent à détecter aussi bien les stimuli rares que les stimuli fréquents. Cependant, ils sont moins confiants dans leur jugement pour les réponse aux signaux distaux. Ces données sont conformes à celles de l'expérience 2.

4.2.2 Fausses alertes

Le pourcentage des fausses alertes est d'environ 10%, quelle que soit l'excentricité ou la fréquence des signaux. Ce résultat ne confirme pas les données de l'expérience 1, dans laquelle une différence importante était obtenue en fonction de l'excentricité des stimuli. Toutefois, le pourcentage de fausses alertes est nettement supérieur pour le niveau de confiance le plus bas. En outre, les sujets émettent ce jugement douteux pour plus de 60% des fausses alertes. Comme dans la première expérience, lorsque les sujets font une détection incorrecte, ils sont peu confiants dans la pertinence de leur réponse.

Ces données suggèrent une nouvelle fois qu'en général les sujets ne font pas des réponses devinées. Quand ils font une détection correcte, les sujets sont plutôt confiants dans la pertinence

de leur réponse, indépendamment de la fréquence des signaux. Lorsqu'ils produisent une fausse alerte, ils émettent un jugement dubitatif à propos de la réalité de cette détection.

4.2.3 Indice de sensibilité -P(A)-

L'analyse du paramètre de sensibilité montre qu'il n'y a pas ou peu d'effets de la fréquence des signaux. Cependant, cette sensibilité est plus faible pour les stimuli éloignés, en particulier pour les signaux les plus rares comme on peut l'observer sur la figure 3. Le traitement statistique met en évidence un effet significatif du facteur excentricité *(F(1, 7) = 20.84, p<.001)*, et l'absence d'effet du facteur probabilités *(F(1, 7) = 3.62, p>.09)*. En revanche, il existe une interaction significative entre les facteurs excentricité et probabilités *(F(1, 7) = 6.01, p<.05)*.

Ce résultat est sensiblement différent de celui obtenu dans les expériences précédentes. En effet, nous avons montré que la sensibilité du système diminuait de façon similaire quelle que soit l'excentricité des signaux. Or il semble que dans le cas présent, cette diminution soit d'autant plus importante que les signaux sont rares et éloignés.

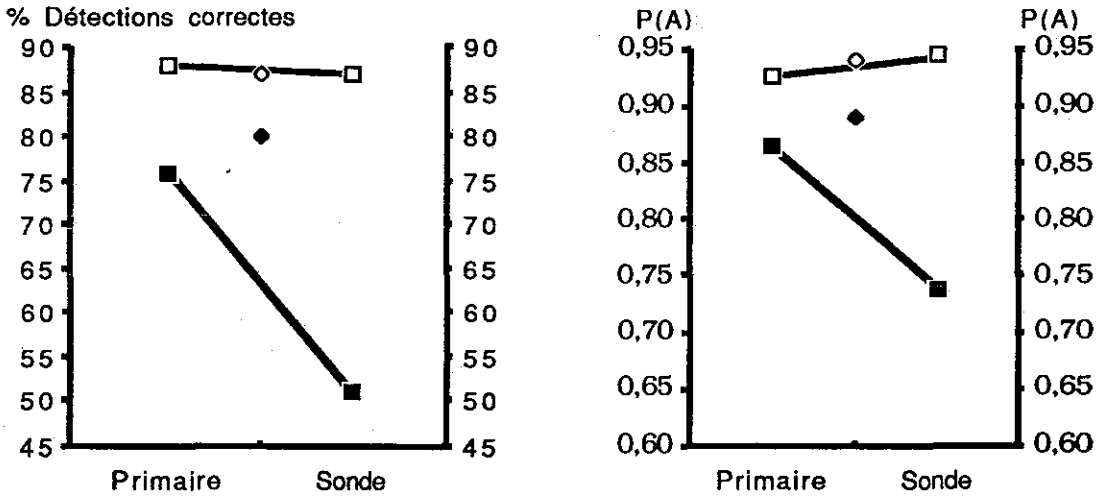


Figure 3 : Pourcentage moyen de bonnes réponses -figure de gauche- et sensibilité moyenne -figure de droite- pour le signal primaire et le signal sonde, en fonction de l'excentricité des signaux, lorsque les distracteurs sont supprimés dans la condition de faible excentricité. Les motifs en forme de losanges représentent les données de la condition contrôle.Les motifs blancs représentent les résultats pour les signaux proximaux, les motifs noirs ceux des signaux distaux.

4.2.4 Biais de réponse

Contrairement aux données des expériences précédentes, le biais de réponse semble évoluer en fonction de la fréquence mais surtout de l'excentricité des signaux (figure 4). Le critère de décision est plus élevé pour les stimuli éloignés et rares. L'analyse statistique confirme l'absence d'effet des probabilités, mais montre un effet significatif du facteur excentricité *(F(1, 7) = 9.49, p<.05)*. On observe également une légère interaction des facteurs excentricité et probabilités *(F(1,*

7) = 4.89, p<.06). Les sujets ne modifient pas leur critère de décision en fonction des probabilités, mais en fonction de l'excentricité des signaux. Ce critère est plus élevé pour les signaux éloignés.

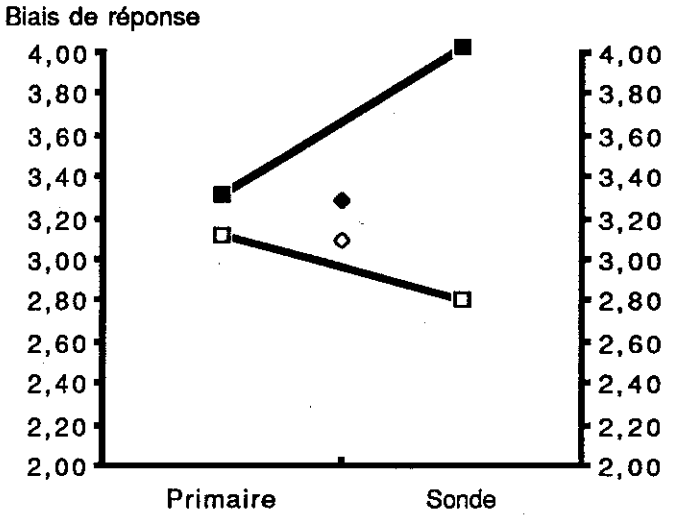


Figure 4 : Biais de réponse, pour le signal primaire et le signal sonde, en fonction de l'excentricité des signaux, lorsque les distracteurs sont supprimés dans la condition de faible excentricité. Les motifs en forme de losanges représentent les données de la condition contrôle.Les motifs blancs représentent les résultats pour les signaux proximaux, les motifs noirs ceux des signaux distaux.

4.2.5 Temps de réponse

Comme dans les expériences précédentes, les temps de réponse sont plus longs pour les signaux rares que pour les signaux fréquents. Les sujets mettent plus de temps pour détecter les signaux primaires que les signaux sondes. On observe également un léger effet de l'excentricité des signaux de réponse. Les temps de réponse sont plus longs pour les signaux distaux. L'analyse de variance ne confirme pas cet effet du facteur excentricité. Mais elle met en évidence un effet significatif du facteur probabilités *(F(1, 7) = 10.25, p<.01).*

Dans le cas de fausses alertes, les temps de réponse sont plus longs pour l'excentricité la plus grande. Ils sont également plus longs que pour détecter un signal sonde. Ces données confirment que les sujets ne tentaient pas de prévoir les événements susceptibles de se produire, puisque dans le cas de fausses alertes, ils répondaient plus lentement et étaient moins confiants dans la pertinence de leurs réponses.

4.3 Discussion

Dans cette expérience, les sujets ont modifié leur critère de décision en fonction de l'excentricité des signaux. Ce dernier est plus élevé pour les diodes les plus éloignées. En revanche, ce critère n'est pas déplacé, en fonction de la fréquence des signaux de réponse. Ce résultat est conforme aux données déjà obtenues. Il est en accord avec les travaux de Bashinski et Bacharach (1980), et contradictoire avec ceux d'autres auteurs (Müller & Findlay, 1987 ; Shaw, 1984 ; Shaw,

Mulligan & Stone, 1983) qui montrent que les sujets peuvent adopter des critères indépendants pour des localisations spatiales différentes. Dans cette perspective, Shaw (1984) puis Müller et Findlay (1987) ont suggéré que les effets de fréquence pourraient être différents pour des tâches nécessitant la détection de lettres et celles exigeant la détection d'un changement d'intensité lumineuse. Ce point de vue semble confirmé par nos premières expériences. Même avec une condition de présentation bloquée des essais ou avec l'adjonction de distracteurs, nous avons échoué dans l'obtention de tels effets du biais de réponse.

En terme de sensibilité du récepteur, nous devons noter l'absence d'effet dans la condition de faible excentricité ; tandis que pour les diodes les plus éloignés, P(A) est significativement diminué pour les signaux rares. Ceci suggère l'existence d'un processus local de facilitation centré sur le point de fixation, et intervenant dans une zone de 10 à 14° d'angle visuel. Il est surprenant que nous obtenions de tels effets différenciés entre diodes proximales et distales alors même qu'elles ne sont séparées que de deux degrés seulement. Les effets obtenus pourraient davantage résulter de la position des diodes les unes par rapport aux autres, plutôt que de leur excentricité. En effet, dans la condition de faible excentricité, les signaux de réponse sont contigüs, tandis que dans la condition de plus grande excentricité, les diodes les plus centrales sont interposées entre les diodes les plus éloignées. Ainsi, pour l'excentricité la plus grande, des distracteurs sont présents ; ce qui n'est pas le cas dans l'autre condition. On peut dès lors faire l'hypothèse que pour les signaux distaux, les sujets sont forcés de considérer les diodes proximales comme du *bruit* et de focaliser leur attention sur le signal primaire. Au contraire, pour les signaux proximaux, l'absence de distracteurs n'imposerait pas aux sujets de focaliser leur attention. Les sujets pourraient ainsi distribuer leur attention autour du signal primaire et du signal sonde. De la sorte, les effets attentionnels seraient supprimés. Cette interprétation va bien dans le sens d'autres travaux (Bashinski & Bacharach, 1980 ; Müller & Findlay, 1987). En effet, ces auteurs montrent qu'en absence de bruit expérimental, les effets attentionnels sont insignifiants. Ce qui n'est pas le cas lorsque des distracteurs sont présentés.

Une autre explication possible tient à la méthode adoptée pour ajuster l'intensité des signaux de réponse, comme nous l'avons déjà suggéré dans la première expérience. Puisque toutes les diodes sont réglées à la même intensité, quelle que soit leur excentricité, les diodes proximales pourraient être bien au-delà du seuil de réponse. Tandis que les diodes distales seraient plutôt en deçà de ce seuil de réponse. Cela entraînerait du même coup une absence d'effet sur les diodes proximales, entre le primaire et la sonde. La sensibilité moyenne supérieure, observée pour les diodes les plus proches pourrait être artéfactuelle. A l'inverse, l'effet serait marqué pour les diodes distales. Toutefois, les résultats de l'expérience 2 infirment ce point de vue.

Une troisième hypothèse est suggérée par Hughes et Zimba (1985, 1986). Pour ces auteurs, les effets induits par des distracteurs ne sont pas seulement dûs à des gradients attentionnels. D'autres facteurs, tels un effet de masquage ou l'effet Troxler, pourraient induire des différences plus marquées en vision périphérique qu'en vision centrale. Il a été montré que les coûts obtenus en vision périphérique lorsque l'attention est orientée dans la zone parafovéale, sont plus grands que les coûts mesurés en vision fovéale, quand l'attention est dirigée vers la périphérie (Downing & Pinker, 1985 ; Shulman, Wilson & Sheehy, 1985). Ainsi, nos résultats pourraient partiellement résulter d'un effet de masquage ou d'atténuation visuelle. Autant d'effets qui sont en soi indépendants des processus attentionnels.

Par ailleurs, le nombre des distracteurs interposés ne semble pas affecter la sensibilité du récepteur. Si c'était le cas, les courbes seraient différentes, en fonction de l'excentricité des signaux. La différence entre le signal primaire et le signal sonde serait plus importante pour les diodes les plus excentrées. Or les expériences précédentes montrent que les courbes de sensibilité sont parallèles alors même que le nombre des distracteurs est différent. Ces données pourraient suggérer que c'est seulement la présence ou l'absence de distracteurs qui induirait des effets attentionnels.

L'étude des temps de réponse tend à montrer que la détection des changements d'intensité lumineuse exige plus de temps pour les signaux rares que pour les signaux fréquents. Ces effets sont identiques à ceux déjà observés dans les expériences précédentes. Et si les temps de réponse sont plus longs dans cette expérience que dans les précédentes, c'est sans doute parce qu'elle n'a pas été réalisée dans des conditions d'éclairage strictement identiques. Par ailleurs, la présence ou l'absence de distracteurs ne semble pas affecter le temps de traitement des stimuli, de même que le nombre de ces stimuli. De nouveaux, il faut souligner les résultats contradictoires entre les travaux de Posner et ses collaborateurs (Posner & Cohen, 1984 ; Posner et al., 1980, 1984), et les nôtres. Dans nos propres expériences, le fait d'expérimenter selon une modalité de présentation bloquée des essais n'empêche pas l'obtention d'effets attentionnels.

Mais plus intéressante semble être la relation entre la sensibilité du récepteur et les temps de réponse. En effet, nous devons remarquer que l'indice de sensibilité est affecté par l'excentricité des signaux, mais pas par leur fréquence. Tandis que c'est le contraire pour les temps de réponse. Peut-être sommes nous en face de deux stratégies complémentaires adoptées par les sujets pour résoudre le conflit vitesse-précision. Lorsqu'il n'y a pas de distracteurs, la fréquence des signaux affecterait seulement le temps de réponse, en maintenant une précision perceptive constante. Quand quelques distracteurs sont ajoutés -i.e. quand des diodes sont interposées entre le signal primaire et le signal sonde-, la fréquence et l'excentricité des signaux combineraient leurs effets, en affectant conjointement la précision perceptive et le temps de réponse des sujets.

Un dernier point mérite d'être mentionné. Posner et al. (1980) se demandaient si l'attention peut être distribuée librement dans l'espace, durant un essai. En relation avec cette question, la présente expérience suggère l'idée que les sujets peuvent partager leur attention entre des régions non contiguës de l'espace visuel. Jonides (1981) puis Yantis et Jonides (1984) montrent que les signaux de marquage périphériques induisent une orientation automatique de l'attention vers la région marquée, et qu'il est difficile de supprimer significativement cet effet. Néanmoins, nos données tendent à montrer que les sujets peuvent adopter des stratégies différentes, comme Eriksen et Yeh (1985) le suggèrent. Ces auteurs pensent que les sujets peuvent utiliser des stratégies alternatives d'un essai à l'autre, en commutant d'un mode de traitement diffus vers un mode de traitement focalisé et *vice versa*. Dans la même perspective, on peut penser que les sujets sont capables d'adopter une stratégie similaire, d'un bloc d'essais à un autre.

Quand les distracteurs sont absents, les sujets pourraient utiliser une stratégie leur permettant de traiter simultanément le signal primaire et le signal sonde, avec peu de perturbations. D'un autre coté, quand des distracteurs sont présents, les sujets seraient incités à focaliser leur attention sur le signal primaire et à rejeter les distracteurs en dehors de leur champ attentionnel. Dans les deux cas, l'utilisation du faisceau attentionnel n'est pas une nécessité absolue. Cela dépend de la situation expérimentale, et plus particulièrement de la présence ou non de distracteurs.

4.4 Conclusion

La seule différence entre cette expérience et l'expérience 1 concernait le nombre des diodes interposées entre les signaux de réponse. Dans la première expérience, des diodes étaient disposées entre le signal primaire et le signal sonde pour chaque excentricité. Dans la dernière expérience c'était le cas pour la plus grande excentricité seulement. Il semble par conséquent que les effets de sensibilité dépendent de la présence ou de l'absence de distracteurs entre les stimuli. Quand aucun distracteur n'est présent, aucun effet de fréquence n'est observé. Dans cette condition, les sujets ne sont vraisemblablement pas obligés de focaliser leur attention sur une localisation spatiale donnée, mais sont plutôt encouragés à diffuser leur attention entre les différentes localisations spatiales potentielles, afin de prendre simultanément en considération le signal primaire et le signal sonde. A l'opposé, lorsque suffisamment de distracteurs sont présents, les sujets doivent focaliser leur attention vers un stimulus qui est généralement le plus probable -i.e. le signal primaire-, afin de supprimer ou réduire les effets des distracteurs pour cette détection. Du même coup, en focalisant sur le signal primaire, la sensibilité des sujets diminue pour les signaux les plus rares. Non pas parce que le faisceau attentionnel est limité en taille, mais parce que les sujets rejettent ces distracteurs en dehors du champ fonctionnel de traitement.

En fait, il s'agit d'une stratégie, plutôt que d'une limitation du faisceau attentionnel. Dans le premier comportement, les sujets n'ont pas besoin d'orienter leur attention ; il n'y a donc pas *de facto* de mise en jeu du faisceau attentionnel. Dans le second comportement, les sujets ne veulent pas traiter le bruit. Ils orientent par conséquent leur attention vers le signal primaire, seulement dans l'objectif de rejeter les distracteurs. Ce qui ne signifie pas que les sujets sont limités par la taille de leur faisceau attentionnel.

Ces premières expériences doivent nous conduire à la conclusion que l'attention spatiale induit des changements dans l'efficience des processus perceptifs, même dans une tâche simple où il faut détecter un changement d'intensité lumineuse. Elles mettent également en évidence que ces effets ne sont pas entièrement dûs à des déplacements du critère de décision. Du même coup, ces données confirment la validité des paradigmes expérimentaux manipulant l'attention spatiale visuelle, dans des tâches de temps de réaction, comme celles de Posner (1980) et justifient que l'on ait recours à une telle méthodologie pour étudier les relations existant entre orientation de l'attention et exécution motrice (expérience 5). D'un autre coté, elles montrent que l'attention spatiale induit partiellement des modifications dans les processus perceptifs. Cependant, ces données n'éclairent pas complètement le rôle de l'attention sur ces processus perceptifs et les stades de traitement suivants. En particulier, il est difficile de déterminer si l'attention spatiale affecte de manière équivalente ces divers stades de traitement, ou bien si elle joue un rôle différencié en fonction de chacun de ces stades.

V EXPERIENCE 4

Dans l'expérience qui suit, nous allons étudier cette question en encourageant les sujets à répondre aussi vite que possible. De cette manière, on devrait obtenir une courbe d'échange vitesse-précision, permettant d'analyser comment les processus perceptifs et décisionnels interagissent, et les modifications que l'attention induit sur ces processus.

5.1 Méthode

Six sujets ayant participé à l'expérience 1 ont été testés. L'appareillage et la tâche sont identiques à ceux de la première expérience. La seule différence concerne les instructions données aux sujets. Dans le cas présent, ils sont vivement encouragés à répondre le plus vite possible, tout en optimisant le pourcentage des détections correctes et en réduisant celui des fausses alertes. Aucune instruction n'incite les sujets à être plutôt rapides, ou davantage précis. En outre, il n'y a pas de consigne de vitesse, pour préciser le jugement de confiance. De la sorte, cette tâche est la combinaison d'une tâche psychophysique et d'une tâche de temps de réaction.

5.2 Résultats

5.2.1 Détections correctes

Le pourcentage de détections correctes est légèrement plus faible pour les signaux rares que pour les signaux fréquents (figure 5). Toutefois cet effet n'est pas significatif. De même, ce pourcentage est stable, en fonction de l'excentricité des signaux, comme le montre l'absence d'effet significatif de l'analyse de variance. Au plus haut niveau de confiance, le pourcentage de détections correctes est équivalent également, pour chaque probabilité des événements ou chaque excentricité des signaux. Aucun effet significatif de l'analyse de variance n'est observé à ce propos.

5.2.2 Fausses alertes

Le pourcentage de fausses alertes, par rapport au nombre total des essais sans signal est d'environ 8%. Ce pourcentage est légèrement supérieur à celui de l'expérience 1 (6%). Il est plus grand pour le plus haut niveau de confiance que pour les deux autres. Quand les sujets font une erreur, en croyant détecter un signal, ils formulent un jugement d'extrême confiance dans plus de 65% des cas. Ces données sont contraires aux résultats précédents. Ceci peut suggérer que quand les sujets sont encouragés à répondre le plus rapidement possible, ils tendent à être plus sûrs de leurs réponses, même lorsqu'ils font des erreurs. Il est sans doute contradictoire d'être à la fois le plus rapide possible, tout en doutant de ses réponses. Le fait d'agir vite paraît incompatible avec la nécessité d'être prudent.

5.2.3 Indice non paramétrique de sensibilité -P(A)-

La sensibilité du récepteur est équivalente quelle que soit l'excentricité des signaux. Ce résultat confirme ceux de l'expérience 1. Cependant, on observe de nouveau une diminution sensible, mais peu significative de cette sensibilité, pour les signaux les plus rares *($F(1, 5) = 4.82$, $p<.08$)*. Ce résultats est conforme aux précédents. Mais plus important, il apparaît que les sujets demeurent aussi performants, en dépit de la consigne de vitesse qui leur est était donnée (figure 5).

5.2.4 Biais de réponse -B-

La figure 6 semble montrer une interaction des facteurs excentricité et probabilités. Le critère de décision est abaissé pour les signaux rares et proximaux. Toutefois, l'analyse de variance ne révèle aucune modification significative du biais de réponse, en fonction de la probabilité ou de l'excentricité des signaux. Ce résultat est conforme à ceux de l'expérience 1. Ce qui semble montrer que les sujets n'ont pas modifié leur stratégie d'ensemble d'une condition expérimentale à l'autre.

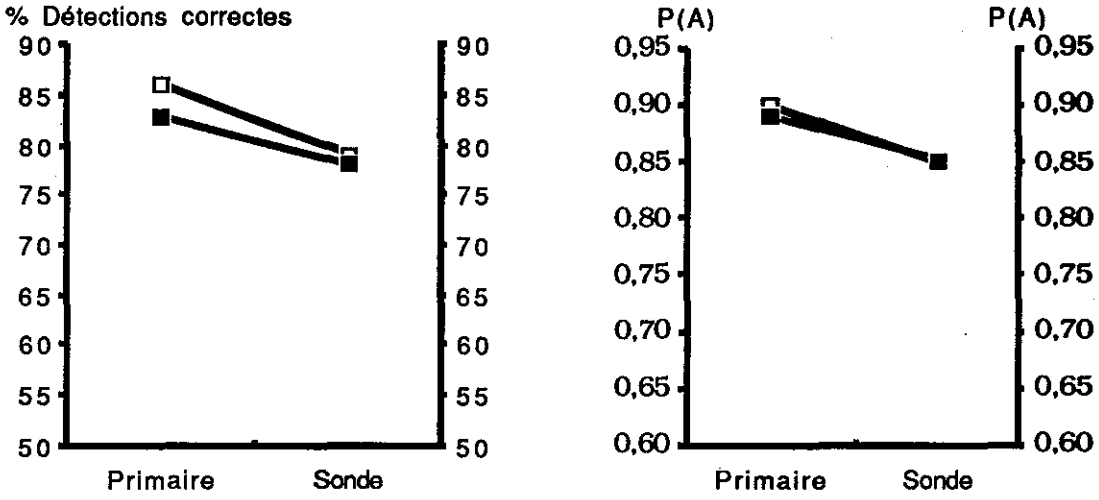


Figure 5 : Pourcentage moyen de détections correctes -figure de gauche- et sensibilité moyenne -figure de droite-, pour le signal primaire et le signal sonde, lorsque les sujets doivent répondre le plus vite possible. Les motifs blancs représentent les signaux proximaux, les motifs noirs les signaux distaux.

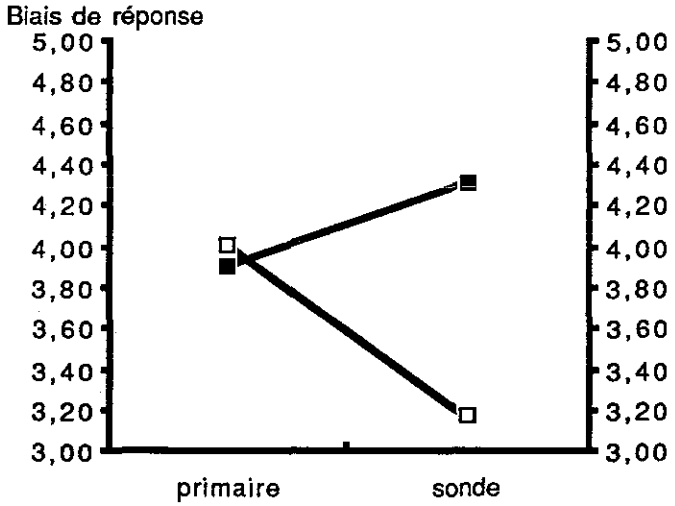


Figure 6 : Biais de réponse, pour le signal primaire et le signal sonde, lorsque les sujets doivent répondre le plus vite possible. Les motifs blancs représentent les signaux proximaux, les motifs noirs les signaux distaux.

5.2.5 Temps de réaction

Comme dans l'expérience 1, les temps de réaction sont nettement plus rapides pour les signaux fréquents que pour les signaux rares. Le traitement statistique confirme un effet significatif du facteur probabilités *(F(1, 5) = 15.03, p<.01)*. En revanche, on n'observe toujours pas d'effet de l'excentricité des signaux. Mais surtout, il faut noter une diminution générale de 120 ms environ du temps de traitement des sujets, par comparaison avec l'expérience 1. Ce qui signifie que soumis à une pression temporelle, les sujets sont capables d'améliorer considérablement leur

temps de traitement, sans pour autant diminuer leur niveau de sensibilité perceptive. Plus encore, les courbes illustrant le temps de traitement des sujets dans les différentes conditions expérimentales sont presque parallèles (figure 7). Quelle que soit la contrainte de vitesse imposée aux sujets, l'amplitude des effets de fréquence reste identique.

Enfin, conformément à l'expérience initiale, les temps de réaction consécutifs à une fausse alerte sont beaucoup plus longs que les temps de réaction aux signaux les plus rares. Ce qui semble indiquer que les sujets respectaient bien les consignes et n'ont pas adopté une stratégie de devinement.

5.3 Discussion

D'une manière générale, ces résultats sont conformes à ceux de l'expérience 1, quel que soit l'indice retenu. Ceci suggère que les effets observés sont indépendants des contraintes de vitesse qui peuvent être imposées aux sujets. Mais le plus intéressant dans ces résultats c'est la constance dans l'amplitude de ces effets. Deux hypothèse peuvent être formulées à ce propos.

La première suppose que les sujets sont capables d'optimiser la résolution du conflit vitesse-précision. Ils adopteraient une stratégie dans laquelle ils traiteraient l'information aussi vite que possible, sans pour autant modifier leur précision. Du même coup, la sensibilité perceptive demeurerait constante, tandis que le temps de traitement diminuerait. Selon cette hypothèse, les sujets gagneraient du temps plutôt sur les derniers stades de traitement de l'information. L'encodage perceptif, tout en étant affecté par l'orientation de l'attention dans l'espace, ne serait pas affecté par la réduction générale du temps de traitement. Pour obtenir une diminution de la sensibilité des sujets -i.e. de leur précision perceptive-, il serait nécessaire d'adopter une matrice des paiements ou d'imposer une contrainte temporelle plus forte, pour répondre aux signaux présentés. En d'autres termes, il devient nécessaire de forcer les sujets à répondre encore plus vite.

Selon ce point de vue, l'orientation de l'attention spatiale interviendrait à la fois sur l'encodage perceptif et sur les stades suivants du processus de traitement de l'information, quelle que soit la durée de ce processus. C'est seulement lorsque les contraintes de la tâche deviennent trop fortes que les sujets modifieraient leur stratégie et organiseraient différemment la gestion de leurs ressources attentionnelles. L'analyse des fausses alertes semble confirmer ce point de vue. En effet, ces données mettent en évidence que les sujets sont généralement très confiants dans leur jugement lorsqu'ils font une erreur, contrairement à ce que nous avons observé dans la première expérience.

La seconde hypothèse n'est pas contradictoire avec la première. Elle suppose que l'encodage perceptif et la prise de décision sont des stades de traitement indépendants, de telle manière que l'attention affecte simultanément les deux stades de traitement. Lorsque des instructions particulières sont données aux sujets, ou lorsque les conditions expérimentales sont modifiées, les sujets adapteraient leur comportement uniquement en fonction du stade de traitement qui est principalement impliqué dans ces transformations. Ainsi, quand l'intensité des signaux est modifiée, c'est principalement l'encodage perceptif qui serait affecté alors que quand c'est la complexité motrice de la tâche qui est changée -e.g. en accélérant les processus de traitement, ou en augmentant la précision de la réponse motrice-, c'est la prise de décision qui serait affectée ainsi que les stades de traitement suivants. De la sorte, les arguments en faveur d'une facilitation précoce ou tardive du traitement de l'information seraient fonction du paramètre qui est expérimentalement manipulé.

VI EXPERIENCE 5

Pour tester ces hypothèses, une troisième expérience a été réalisée, dans laquelle l'encodage perceptif était considérablement facilité. Ainsi, si l'attention affecte de manière équivalente tous les stades de traitement, le temps de réponse devrait être plus court avec un encodage plus simple. Mais surtout, les effets de fréquence des signaux devraient être les mêmes. Dans cette hypothèse, on devrait par conséquent obtenir des courbes parallèles des temps de réponse, qui confirmeraient ainsi l'indépendance du stade de l'encodage et des stades suivants. Si ce n'est pas le cas, l'attention spatiale devrait interagir avec le temps total de traitement, démontrant du même coup que notre première hypothèse était la bonne.

6.1 Méthode

Les six sujets non sportifs ayant participé aux expériences précédentes ont été testés. L'appareillage est identique à celui utilisé auparavant. La seule modification concerne l'intensité d'allumage des signaux de réponse. Cette intensité est ajustée de manière à autoriser une détection parfaite des stimuli. Elle est identique pour tous les sujets. Dans cette condition, l'indice de sensibilité et le critère de décision sont égal à 1. En d'autres termes, il s'agit d'une tâche classique de temps de réaction.

Dans cette tâche, les sujets sont encouragés à répondre le plus vite possible sans faire d'erreurs. Ils doivent également indiquer leur niveau de confiance, mais sans contrainte de vitesse. L'intérêt de ce jugement, est de rendre le protocole expérimental parfaitement conforme aux conditions d'exécution précédentes. On peut penser en effet que la nécessité de fournir deux réponses complémentaires est de nature à affecter l'ensemble du traitement. Toutefois, les

signaux étant évidents à détecter, les sujets devraient être parfaitement sûrs de leur réponse pour la plus grande majorité des essais.

6.2 Résultats

Nous devons d'abord souligner que les sujets font moins de 2% d'erreurs, et qu'ils répondent systématiquement avec le niveau de certitude le plus grand. Ceci confirme que la sensibilité des sujets est très élevée et que l'encodage perceptif est vraisemblablement facilité dans cette tâche.

En terme de temps de réaction, les sujets sont plus rapides pour détecter les signaux les plus fréquents. Cet effet des probabilités est confirmé par l'analyse de variance *(F(1, 5) = 7.8, p<.04)*. Curieusement cependant, les sujets sont plus lents pour détecter les signaux proches que pour répondre aux signaux éloignés. Toutefois, cet effet apparent n'est pas significatif *(F(1, 5) = 3.46, p>.10)*. Mais le plus remarquable, c'est que les courbes de temps de réaction sont presque parfaitement parallèles à celles déjà obtenues dans les expériences 1 et 2 (figure 7). Le gain dans le temps de traitement est de l'ordre de 240 ms par rapport aux temps de réponse de la première expérience, et de 120 ms environ, par rapport aux temps de réaction de la seconde expérience. Une fois encore, il semble que les effets de fréquence affectent de manière similaire les temps de réponse ou les temps de réaction.

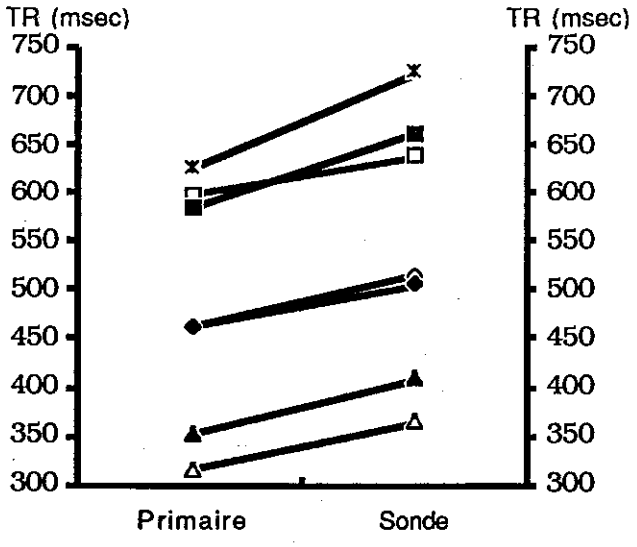


Figure 7 : Temps de réponse et temps de réaction moyens pour le signal primaire et le signal sonde, en fonction de l'excentricité des signaux et des instructions de vitesse fournies aux sujets. Les motifs blancs représentent les signaux proximaux ; les motifs noirs les signaux distaux. Les motifs carrés représentent les résultats de l'expérience psychophysique de base ; les croix correspondent au cas particulier où l'intensité des signaux éloignés est plus faible. Les losanges représentent les résultats de l'expérience 4 dans laquelle les sujets devaient à la fois détecter les signaux et répondre le plus vite possible. Les triangles représentent les données obtenues dans la tâche de temps de réaction.

6.3 Discussion

L'ensemble des données présentées ici montre clairement que l'attention spatiale modifie systématiquement les caractéristiques des réponses à des signaux visuel. Les sujets sont plus rapides pour répondre aux signaux initialement marqués, sur lesquels l'attention est orientée, qu'aux autres stimuli. Ces résultats sont conformes aux données généralement rapportées dans la littérature sur l'attention (e.g. Kiefer & Siple, 1987 ; Downing & Pinker, 1985 ; Posner, 1980). Cependant, ils sont contradictoires avec certains travaux qui montrent la difficulté d'obtenir des coûts et bénéfices conséquents, dans une condition expérimentale où l'attention est toujours orientée dans la même direction pour une session complète d'essais successifs (Hughes et Zimba, 1985 ; Mertens, 1956 ; Mowrer 1941 ; Posner et al., 1980 ; 1984). Posner et ses collaborateurs (Posner & Cohen, 1984 ; Posner et al., 1984) ont montré que cette absence d'effet était dûe à une facilitation initiale pendant les 150 premières millisecondes succédant au signal de marquage, suivie d'une inhibition au-delà de 300 ms. Dans notre expérience, la durée totale de la période préparatoire était de 565 ms. Ce qui devrait provoquer une inhibition selon les prévisions de Posner. Cependant, deux différences importantes entre son paradigme expérimental et celui-ci doivent être notées. Premièrement, dans l'expérience présente, il n'y avait pas de condition neutre. Comme Jonides et Mack (1984) le suggèrent cette condition pourrait posséder un statut différent des autres conditions avec signal de marquage. De telle sorte qu'elle induirait un effet d'alerte générale. C'est pourquoi ces auteurs recommandent d'éliminer cette condition expérimentale, ou de ne pas en tenir compte dans l'analyse des résultats. Alors que Posner et ses collaborateur prétendent échouer dans l'obtention d'effets attentionnels (Posner et al., 1980 ; 1984), ces auteurs obtiennent en fait des coûts significatifs mais pas de bénéfices. Ceci est confirmé par Hughes et Zimba (1985). Par conséquent, si la condition neutre avait été exclue de l'interprétation des résultats, les auteurs auraient vraisemblablement conclu à un effet attentionnel comparable à celui observé ici.

La seconde différence importante entre les expériences discutées ci-dessus, concerne le fait que dans notre paradigme expérimental, l'attention des sujets était orientée au début de chaque essai, mais toujours du même coté, pour une session expérimentale complète. Tandis que dans le paradigme de Posner (Posner et al., 1980 ; 1984), l'attention était seulement orientée préalablement à un bloc complet d'essais. Dans notre expérience les sujets étaient encouragés à orienter leur attention lors de chaque essai, alors qu'il n'est pas sûr que dans le protocole de Posner les sujets aient bien respecté les consignes initiales pour l'ensemble des essais. Il n'est pas absurde de penser que ces sujets ont pu changer de stratégie au cours des diverses sessions expérimentales proposées. Par conséquent, il est possible de réconcilier des points de vue apparemment divergents, dans la mesure où notre expérience repose en fait sur une condition de présentation bloquée, avec néanmoins un signal de marquage préalable à chaque essai. En effet, il s'agissait d'une condition de présentation bloquée puisque l'attention des sujets était orientée

d'un même coté de la configuration spatiale, pour un même bloc d'essais ; mais il s'agissait également d'une expérience adoptant la technique du "precueing", puisque avant chaque essai, un signal de marquage orientait l'attention des sujets vers une localisation spatiale donnée. Ainsi, ces résultats infirment les propos de Posner selon lesquels une présentation bloquée ne permet pas d'obtenir des effets attentionnels et confirment la nécessité d'utiliser un signal de marquage spatial, pour obtenir des effets de facilitation attentionnelle. Il reste toutefois à expliquer pourquoi nous obtenons des effets significatifs avec une période préparatoire de 565 ms, contrairement à ce qui est démontré par Posner et ses collaborateurs (Posner & Cohen, 1984 ; Posner et al., 1984).

Un autre résultat intéressant concerne les effets consécutifs à l'orientation de l'attention aux différents niveaux du processus de traitement. Il est remarquable en effet, que les courbes de temps de réponse ou de temps de réaction soient presque parallèles, quelle que soit la condition expérimentale. Ceci tend à confirmer l'idée que l'encodage perceptif est indépendant des autres stades de traitement -i.e. la prise de décision et la programmation de la réponse-. Cela tend à démontrer également que l'attention affecte de manière similaire chacun de ces stades de traitement. Ce point de vue offre des perspectives intéressantes, pour différencier entre l'attention perceptive et l'attention motrice, comme le suggère Requin (1985). Il semble que l'attention sélective est un processus d'ensemble, qui peut intervenir sur un ou plusieurs stades de traitement. Ce concept serait similaire à celui de préparation (Requin, 1980, 1985) et pourrait être considéré comme un *processus fonctionnel* intervenant de manière *optionnelle*. De ce point de vue, les critiques formulées par certains auteurs (Lappin & Uttal, 1976 ; Shaw, 1980, 1982, 1984 ; Sperling, 1984 ; Sperling & Dosher, 1986) sont partiellement résolues dans la mesure où les effets d'attente ou les manipulations des probabilités sur les processus perceptifs semblent séparés des effets portant sur les autres stades de traitement. Plus encore, ces effets paraissent complémentaires et semblent affecter le traitement de l'information de manière similaire.

6.4 Conclusion

Cette première série d'expériences était destinée à étudier si l'attention est effectivement mise en jeu dans un protocole reposant sur une méthode psychophysique, et si ces effets d'attente sont équivalents dans une tâche psychophysique et dans une tâche de temps de réaction. Nous avons dans un premier temps démontré que pour chaque condition expérimentale, l'orientation de l'attention affectait les performances des sujets, tant au niveau de la sensibilité du récepteur, que du temps de réponse du système de traitement. Quand les sujets étaient encouragés à répondre le plus vite possible, nous avons mis en évidence qu'ils étaient capables de maintenir leur précision perceptive, tout en diminuant le temps de décision et de programmation. En d'autres termes, les processus d'encodage n'étaient pas affectés tandis que les stades de traitement suivants

augmentaient leur efficience. Cependant, les effets d'attente sont identiques quel que soit le stade de traitement envisagé.

Dans un second temps, nous avons montré que pour chaque condition expérimentale, le temps de réponse évoluait de manière similaire, en fonction des probabilités. L'attention spatiale -i.e. les probabilités variables- modifie de la même façon le traitement des signaux. Dans cette perspective, nous avons suggéré que le stade de l'encodage perceptif et les stades suivants de traitement étaient indépendants et interagissaient chacun avec l'attention, considérée comme un processus fonctionnel comparable à celui de la préparation à l'action (Requin, 1980, 1985).

Toutefois, la critique majeure que l'on peut faire à ces expériences du point de vue de la pratique sportive, est qu'elles ne prennent pas en considération la dimension du mouvement. Plus encore, il semble implicitement dans ces expérimentations, que l'attention relève de processus perceptifs, ou plutôt qu'elle intervient sur les processus perceptifs et (ou) décisionnels. Or il n'en est pas si sûr, si l'on considère le rapprochement dans la littérature, de points de vue jusque là ignorants les uns des autres (Kahneman & Treisman, 1984). On peut effectivement concevoir que l'attention intervient au niveau des entrées sensorielles seules ou au niveau de la préparation des sorties motrices. A moins qu'elle n'intervienne simultanément à chacun de ces niveaux du traitement.

En outre, dans l'analyse des processus attentionnels chez des athlètes de haut niveau, cette dimension du mouvement pourrait revêtir une importance particulière et remettre partiellement en cause des résultats qui seraient obtenus par ailleurs. On peut faire l'hypothèse que lorsque la tâche à réaliser n'est pas suffisamment complexe, ou qu'il s'agit d'une tâche perceptive, les athlètes experts ne se différencient pas vraiment des sujets non experts. En revanche, lorsque la tâche devient plus complexe, en particulier du point de vue des conditions d'exécution, les processus attentionnels pourraient être davantage sollicités, et de manière plus efficiente, chez les athlètes experts.

L'extrapolation de nos résultats aux situations sportives reste pour l'instant très limitée. Aussi convenait-il de s'engager dans une perspective de recherche qui prenne en compte les caractéristiques les plus marquées de ces situations.

L'étude des effets de l'orientation spatiale de l'attention sur l'exécution de mouvements sportifs complexes répond à cet objectif. Ces recherches sont plus précisément destinées à analyser les relations entre l'attention et l'exécution de mouvements complexes. Il nous paraît particulièrement important, tant d'un point de vue théorique que pratique, de préciser à quel stade de traitement interviennent les effets de l'orientation de l'attention.

D'un point de vue théorique, l'identification des relations entre attention perceptive et préparation motrice s'inscrit dans une problématique particulièrement riche (Requin, 1980, 1985).

D'un point de vue pratique, l'identification des relations entre processus attentionnels et exécution motrice permet d'envisager des modalités d'intervention adaptées, pour le suivi d'entraînement ou la détection des talents.

VII EXPERIENCE 6

Nous avons adopté un paradigme expérimental inspiré de celui de Posner (1980). Le recours à un tel paradigme, plutôt qu'à un paradigme de type psychophysique dérivé de celui adopté dans les expériences précédentes s'imposait pour diverses raisons.

Premièrement, la complexité du paradigme psychophysique était difficilement envisageable avec des athlètes de haut niveau. Le matériel devant être déplacé sur les lieux d'entraînement, toutes les conditions expérimentales, de luminance notamment, ne pouvaient être respectées. Par ailleurs, la lourdeur du protocole et notamment sa durée était incompatible avec la disponibilité des athlètes.

Deuxièmement, le paradigme de type Posner qui permet de différencier les caractéristiques attentionnelles des sportifs en fonction de leur spécialisation sportive ou de leur niveau d'expertise est bien maîtrisée par l'équipe de l'INSEP (Nougier et al., 1987 ; soumis). Il permet de répondre aux questions posées tout en évitant la lourdeur du paradigme psychophysique. En outre, le paradigme de Posner présente certaines analogies avec les caractéristiques des tâches sportives et permet de mobiliser plus activement l'investissement des athlètes.

Dans ce qui suit, nous avons conduit une série d'expériences destinées à étudier ces questions en situation plus *écologique*, et proche des conditions réelles de la pratique sportive. Nous avons testé des sujets experts en escrime. Dans ces expériences la dimension attentionnelle du mouvement est explorée et mise en relation avec les résultats obtenus précédemment. L'objectif était d'étudier dans quelle mesure l'attention pouvait interagir avec la dimension du mouvement, en induisant éventuellement des effets particuliers.

7.1 Appareillage

Le dispositif expérimental est constitué d'un panneau métallique hexagonal de 70 cm de diamètre, sur lequel sont disposées six cibles de 10 cm de diamètre chacune. Ces cibles sont

disposées en cercle, et distantes de 18 cm d'un point de fixation central. A ce point de fixation, une diode verte peut s'allumer en tant que signal préparatoire. Au centre de chacune des cibles, une diode lumineuse jaune est insérée. Ces diodes sont destinées à fournir un signal de réponse aux sujets. Pour chacune de ces cibles, deux niveaux de précision sont possibles. La plus grande précision correspond à un cercle de 4 cm de diamètre. La précision la plus faible correspond à un cercle de 10 cm de diamètre.

Une cellule photoélectrique est disposée à 1.4 m de distance. Cette dernière est reliée à l'ordinateur, de même que l'arme du tireur. La cellule est destinée à enregistrer le temps de réaction des sujets, entre le début de présentation du signal impératif et la rupture du faisceau de la cellule. Puis un temps de mouvement est enregistré, entre la rupture du faisceau de la cellule, et le contact de l'arme avec le panneau (figure 8).

7.2 Tâche

La tâche à réaliser est une tâche de temps de réaction dans des conditions variées que nous allons décrire plus précisément.

7.2.1 Temps de réaction simple

Dans cette tâche, un signal préparatoire est présenté au centre d'une cible pendant 200 ms. Ce signal est destiné à orienter l'attention des sujets vers une localisation spatiale donnée. Lui succède un intervalle inter-stimuli de 250 ms. Puis le signal impératif est présenté pendant 10 ms, au centre de la cible initialement indiquée. Le sujet doit répondre le plus vite possible en allongeant le bras avec son arme. Deux conditions expérimentales sont proposées. Dans la première condition, aucune exigence de précision n'est requise, un seul mouvement est possible. Les sujets pointent leur arme vers le centre du dispositif expérimental, quel que soit le signal de réponse. Dans la seconde condition, les sujets doivent être les plus précis possible, en cherchant à atteindre le centre de la cible indiquée. Différents mouvements sont susceptibles d'être exécutés, en fonction de la cible à atteindre. On enregistre un temps de réaction, un temps de mouvement et un niveau de précision sur une échelle en trois points, en fonction du cercle de la cible qui est touché.

Pour chaque condition, une session expérimentale est constituée de 36 essais successifs répartis de manière équiprobable sur chacune des cibles. 6 de ces essais ne conduisent pas à la présentation d'un signal de réponse. Ces essais sont destinés à limiter les stratégies d'anticipation. La présentation de l'ensemble des essais est aléatoire. Chaque sujet réalise une session expérimentale de 36 essais, pour chacune des conditions décrites -soit 72 essais au total-, après une période d'entraînement de 36 essais.

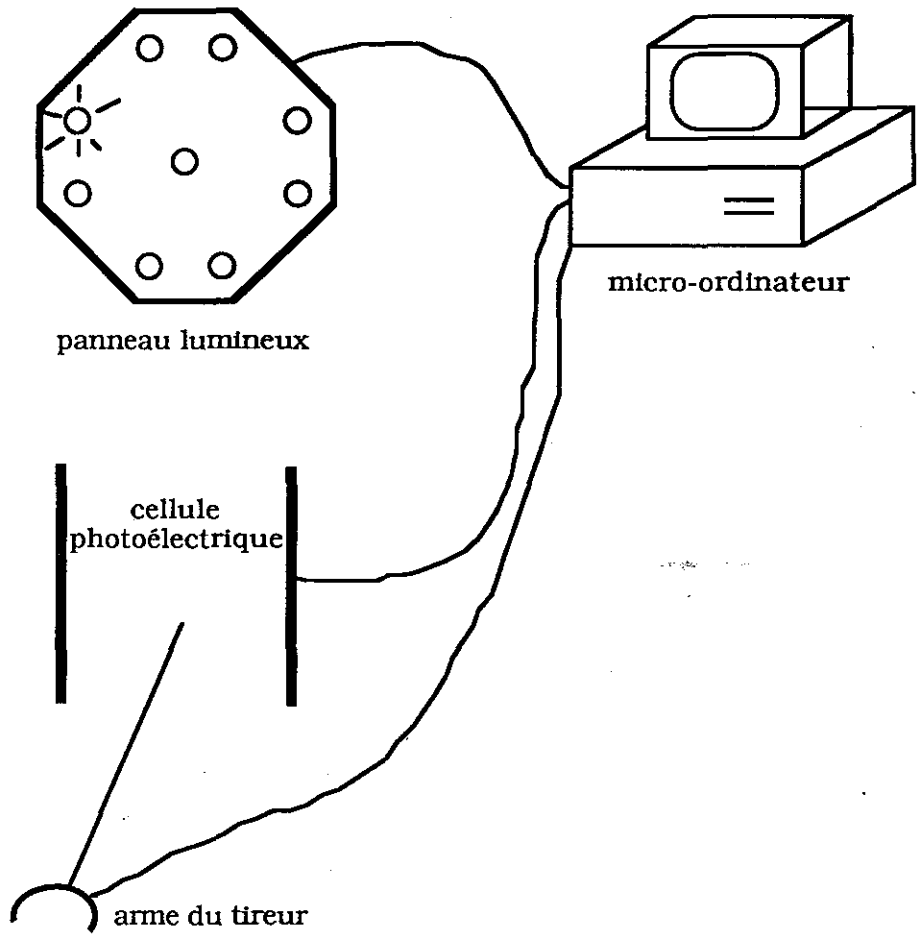


Figure 8 : Représentation schématique du dispositif expérimental.

7.2.2 Temps de réaction de choix

A la différence de la tâche précédente, le signal préparatoire est présenté au centre du dispositif expérimental. De la sorte, les sujets ne possèdent aucune information sur la localisation spatiale du signal impératif. Puis intervient ce signal de réponse, au centre de l'une des six cibles potentielles. Les temporisations sont identiques aux précédentes, ainsi que les conditions avec et sans contrainte de précision du mouvement. Dans cette tâche, chaque sujet doit exécuter deux sessions expérimentales successives, soit 72 essais, pour chaque exigence de précision. Ce qui fait un total de 144 essais.

7.2.3 Temps de réaction avec orientation de l'attention

Dans cette tâche, deux types d'essais sont présentés aux sujets. Un signal préparatoire est allumé au centre de l'une des cibles du dispositif. Il est destiné à orienter l'attention des sujets vers une localisation spatiale donnée. Puis lui succède un signal de réponse. Dans 80% des essais, le signal de réponse est présenté au centre de la même cible que le signal de marquage -condition *valide*-. Dans les 20% d'essais restant, le signal de réponse est produit au centre de l'une des cinq

autres cibles -condition *invalide*-. En d'autres termes, il s'agit d'une procédure expérimentale proche de celles généralement adoptées par Posner. Il faut remarquer toutefois que les signaux de marquage sont de nature périphérique. Ils devraient donc induire un effet de capture automatique de l'attention (Jonides, 1981). D'autre part, la condition neutre sans marquage spatial préalable a été supprimée. Les temporisations sont identiques aux précédentes. Les sujets sont confrontés aux deux exigences de précision du mouvement. Trois blocs successifs, soit 108 essais, sont réalisés pour chacune des contraintes de précision. Ce qui fait un total de 216 essais dans cette tâche.

L'ordre de passation des trois types de tâche et des deux conditions de précision est contrebalancé d'un sujet à l'autre. Le nombre total des essais pour chaque sujet est de 432, répartis en 12 blocs successifs. Les sujets sont en position de garde, à distance d'allonge de bras. Avant chaque essai, la coquille de l'arme est positionnée en deçà de la cellule photoélectrique. Il faut noter toutefois que ce positionnement n'est pas très précis, étant donné qu'il n'y a pas de repère particulier pour ramener l'arme en position de départ, autre que les sensations proprioceptives des sujets. En conséquence, les temps de réaction sont artificiellement allongés de quelques millisecondes et les temps de mouvements diminués de la même durée. Les consignes données aux sujets les encouragent à répondre le plus vite possible tout en étant le plus précis possible, lorsque la contrainte de précision est requise. Dans cette condition, aucune instruction particulière n'incite les sujets à choisir entre aller vite ou bien être très précis.

7.3 Population

Six athlètes membres de l'équipe de France féminine d'escrime, âgées de 20 à 25 ans, ont été testées. Toutes possédaient une bonne vision, sans correction. Aucune d'entre elles n'avait eu connaissance de l'expérience et des objectifs recherchés. Elles savaient seulement qu'il s'agissait d'une épreuve de temps de réaction destinée à être utilisée ultérieurement pour l'entraînement et (ou) le suivi des athlètes.

7.4 Résultats

7.4.1 Tâche de temps de réaction simple et de choix

Temps de réponse

Le temps de réponse est plus long pour la situation la plus complexe, avec exigence de précision maximale. L'analyse de variance à deux facteurs -incertitude * précision-, avec mesure répétée sur chacun des facteurs confirme un effet significatif du facteur précision *($F(1, 5) = 23.79$, $p<.005$)*, et du facteur incertitude *($F(1, 5) = 69.87$, $p<.0004$)*. Le temps de réponse est plus long également, pour la situation présentant la plus grande incertitude.

Temps de réaction

L'analyse des données met en évidence un allongement du temps de réaction pour la situation la plus complexe. C'est à dire lorsque l'exigence de précision est maximale. L'analyse statistique confirme un effet significatif du facteur précision *(F(1, 5) = 24.04, p<.0045)*. Même dans une tâche motrice simple, au regard du niveau d'expertise des sujets, la précision requise par le geste modifie le temps de réaction des sujets. Comme on pouvait s'y attendre, le temps de réaction de choix est plus long que le temps de réaction simple. La figure 9 montre un coût temporel d'environ 50 ms. L'analyse de variance met en évidence un effet significatif du facteur incertitude *(F(1, 5) = 84.12, p<.0003)*. En outre, comme le suggère la figure 9, une interaction non significative toutefois, semble se dessiner entre le facteur incertitude et le facteur précision. Les effets de la précision seraient plus marqués pour l'incertitude la plus grande.

Temps de mouvement

On observe un allongement de ce temps en fonction de la complexité de la réponse à fournir (figure 9). L'analyse statistique confirme cet effet significatif de la précision requise *(F(1, 5) = 6.81, p<.05)*. L'incertitude liée à la tâche entraîne également un allongement du temps d'exécution (figure 9). L'analyse de variance montre un effet significatif de ce facteur *(F(1, 5) = 9.22, p<.04)*.

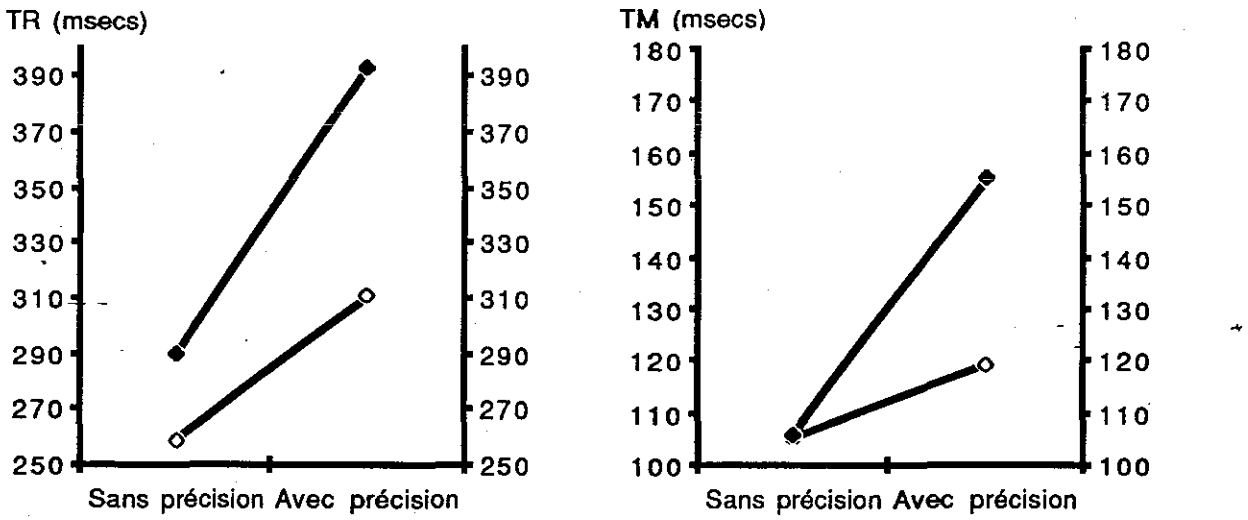


Figure 9 : Temps de réaction -figure de gauche- et temps de mouvement -figure de droite-, pour les deux contraintes de précision et les deux niveaux d'incertitude. Les motifs blancs représentent la condition de temps de réaction simple ; les motifs noirs celle de temps de réaction de choix.

7.4.2 Tâche de temps de réaction avec orientation de l'attention

Temps de réponse

Conformément aux résultats précédents, le temps de réponse est plus lent lorsque l'exigence de précision est plus grande. De même, ce temps de réponse est plus long dans la condition invalide, que dans la condition valide. L'analyse de variance à deux facteurs -condition

* précision- avec mesure répétée sur chacun des facteurs, confirme un effet significatif du facteur précision *(F(1, 5) = 8.13, p<.04)* et du facteur condition *(F(1, 5) = 21.5, p<.006)*. On observe en outre une interaction significative entre ces deux facteurs *(F(1, 5) = 54.79, p<.0007)*. Les effets des conditions sont d'autant plus marqués que la précision requise est plus grande.

Temps de réaction

Comme précédemment, les temps de réaction sont plus longs pour la réponse la plus complexe (figure 10). La précision requise augmente le temps de traitement malgré le niveau d'expertise des sujets. L'analyse de variance met en évidence un effet significatif de ce facteur *(F(1, 5) = 12.59, p<.02)*. On remarque par ailleurs, que l'effet des conditions entraîne un allongement du temps de réaction pour les événements non prévus (figure 10). L'amplitude des coûts temporels est de 50 ms environ. L'analyse statistique confirme un effet significatif du facteur condition *(F(1, 5) = 32.91, p<.0025)*. En outre, comme le montre la figure 10, on observe une interaction significative entre le facteur précision et le facteur condition. Les sujets sont d'autant plus affectés par la condition avec information préalable erronée, qu'ils sont dans une situation de complexité motrice plus grande *(F(1, 5) = 11.65, p<.02)*.

Il est intéressant également de comparer les temps de réaction obtenus dans cette tâche, à ceux enregistrés dans les tâches précédentes, lorsque l'orientation de l'attention n'était pas manipulée. En absence de contrainte de précision, les temps de réaction simple et de choix sont plus courts que les temps de réaction dans les conditions valide et invalide. Par contre, quand la précision requise par le mouvement est importante, les temps de réaction simple et de choix sont respectivement comparables aux temps de réaction dans les conditions valide et invalide.

Temps de mouvement

Comme le montre la figure 10, les temps de mouvement sont pratiquement identiques en fonction des conditions, lorsqu'aucune précision n'est requise. Par contre, ce temps d'exécution devient plus long pour les mouvements plus complexes et succédant à un événement imprévu. Toutefois, l'analyse de variance ne met en évidence aucun effet significatif du facteur condition ou du facteur précision, du fait d'une trop grande variabilité des résultats, en regard de la faible amplitude des effets observés.

Lorsqu'on compare ces temps de mouvement à ceux enregistrés dans les autres tâches, on constate qu'ils sont équivalents, quand la précision du geste n'est pas importante. Mais curieusement, ils deviennent plus courts lorsque l'exigence de précision est plus grande.

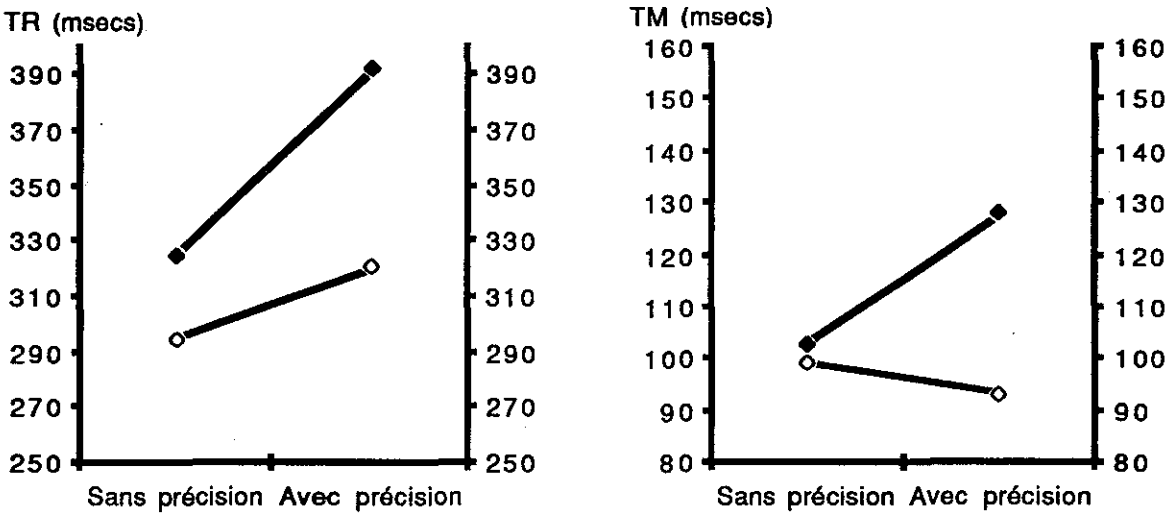


Figure 10 : Temps de réaction -figure de gauche- et temps de mouvement -figure de droite-, pour les deux contraintes de précision et les deux conditions de présentation. Les motifs blancs représentent la condition valide ; les motifs noirs, la condition invalide.

7.5 Discussion

L'analyse des résultats met en évidence un important effet de la complexité de la réponse sur le temps de réaction. Plus la réponse est complexe, plus le temps de réaction est long. Ce résultat est conforme à la littérature (e.g. Henry & Rogers, 1960). Il est toutefois intéressant de souligner que même dans une tâche motrice relativement simple, dont il est probable qu'elle est parfaitement automatisée par des athlètes de haut niveau, le temps de traitement augmente, dès l'instant où l'exigence de précision est accrue. Ce résultat va dans le sens des données rapportées dans les protocoles expérimentaux reposant sur des situations de double tâche, quant à la capacité limité de traitement des sujets (Girouard et al., 1979a, 1979b ; Leavitt, 1979 ; Vankersschaver, 1982, 1984, 1985). Même les gestes les plus automatisés sont coûteux sur le plan temporel. Les données montrent également que le temps de réaction est plus long en situation de choix qu'en situation simple. Ce résultat a été maintes fois démontré, depuis les travaux de Hick (1952) et Hyman (1953).

Concernant le temps de mouvement, les observations précédentes, en montrant que le temps d'exécution est plus long pour les réponses les plus complexes, confirment la loi de Fitts (Fitts, 1954 ; Fitts & Peterson, 1964) et celle plus récente de Meyer et al. (1988). De même, ce temps de mouvement s'allonge pour les situations de plus grande incertitude. C'est à dire lorsque la probabilité d'exécution est plus faible (Proteau & Dugas, 1982 ; Régnier & Salmela, 1980).

Les résultats les plus remarquables concernent cependant ceux enregistrés la troisième situation expérimentale avec orientation de l'attention. Quelle que soit l'exigence de précision, on observe un effet des conditions sur le temps de réaction. Ce dernier est plus long dans la condition

invalide que dans la condition valide. Cet effet est d'autant plus marqué que les sujets doivent être plus précis. Ce résultat d'ensemble est conforme aux données généralement rapportées dans la littérature sur l'attention visuelle (e.g. Jonides, 1981 ; Kiefer & Siple, 1987 ; Posner et al., 1978 ; 1980). Mais l'amplitude des effets est finalement relativement peu importante : 25 ms environ dans la condition sans contrainte de précision, 50 ms environ dans la condition avec exigence de précision, alors que Posner et al., (1980) rapportaient des effets de 50 ms environ dans une situation expérimentale beaucoup plus simple.

Dans le même temps, les effets obtenus sont significatifs, alors qu'ils ne le sont pas lorsque la complexité de la réponse est faible, dans une épreuve de type presse-bouton (Nougier et al., 1987 ; soumis). Ce résultat est d'importance et peut être interprété de diverses manières.

Un effet différencié des conditions en fonction du sexe -les sujets testés dans nos autres travaux sont de sexe masculin- nous paraît pouvoir être écarté. A notre connaissance, aucune étude n'a été faite sur une éventuelle différenciation des effets attentionnels en fonction du sexe.

Trois hypothèses sont plus vraisemblables. La première hypothèse porte sur la nature du paradigme expérimental. Dans nos précédents travaux, les signaux informatifs qui étaient de nature sémantique -il s'agissait de chiffres désignant des diodes- étaient présentés en vision centrale. Dans la présente expérimentation, les signaux préparatoires étaient de nature physique -l'espace est physiquement marqué- et présentés en périphérie. Jonides (1981) a mis en évidence des effets différenciés de l'orientation de l'attention en fonction du marqueur spatial utilisé. Il montre que les effets attentionnels sont plus importants pour des marqueurs périphériques, du fait d'un mécanisme de capture automatique de l'attention. Il est possible que l'utilisation de tels marqueurs -comme dans l'expérience présente- puisse induire des effets attentionnels plus conséquents, même chez des athlètes de haut niveau.

La deuxième hypothèse concerne l'absence de condition neutre dans ce protocole expérimental. On l'a vu précédemment, le statut de cette condition n'est pas évident à déterminer (Jonides & Mack, 1984). Au point que ces auteurs suggèrent de ne pas la prendre en compte dans les calculs, ou de l'éliminer dans les paradigmes expérimentaux. Il est possible de ce point de vue, que la suppression de cette condition neutre ait considérablement épuré la situation expérimentale de sources de variations fortuites ou incontrôlées. La comparaison entre les différentes situations expérimentales incite à cette prise de position. En effet, il est remarquable que les temps de réaction en situation de choix soient similaires à ceux obtenus dans la condition invalide. Or cette situation de choix correspond en fait à la condition neutre de Posner, puisque les sujets ne savent pas quelle va être la localisation spatiale du signal de réponse. Selon cet auteur, l'attention n'est pas orientée dans cette condition particulière. Il est probable que c'est effectivement le cas.

Néanmoins, il est probable que dans cette situation, les sujets sont également placés dans la plus grande incertitude. Ce qui pourrait expliquer que le temps de traitement de la condition neutre est souvent égal ou supérieur au temps de traitement de la condition invalide, comme nous avons pu l'observer à plusieurs reprises. Et comme semble le démontrer l'expérience présente, dans laquelle l'équivalent de cette condition neutre a été testé expérimentalement de manière séparée, en situation bloquée.

La troisième hypothèse séduisante considère que la plus grande complexité motrice de la réponse, comparée aux expériences précédentes (Nougier et al., 1987 ; soumis), sollicite davantage les ressources des athlètes de haut niveau, en les obligeant à distribuer différemment ces ressources attentionnelles. Quand la tâche est simple, l'orientation de l'attention ne serait pas nécessaire. Quand la tâche est plus complexe, mettant en jeu la motricité globale des sujets, l'orientation de l'attention devient une nécessité stratégique, pour traiter correctement l'information. Selon cette hypothèse, plus la tâche est complexe, plus les effets attentionnels devraient être importants. C'est ce qu'on observe effectivement puisque une interaction significative entre le facteur condition et le facteur précision est mise en évidence, sur le plan statistique. Il est concevable alors que les effets observés résultent de la conjonction des effets induits par l'utilisation de marqueurs périphériques et de ceux induits par la mise en jeu d'une réponse motrice complexe. Il n'est pas exclu toutefois que seuls les effets de la réponse soient à l'origine de nos résultats comme le suggère l'interaction déjà évoquée.

Enfin, il est possible d'expliquer nos résultats à partir d'une conception préparationiste (e.g. Requin, 1980, 1984). Dans notre expérience, l'amplitude du mouvement à réaliser est une donnée constante que les sujets peuvent pré-programmer. En revanche, la direction du mouvement est variable d'un essai à l'autre. Quand le signal préparatoire est présenté, les sujets peuvent préparer une réponse donnée, du point de vue de sa direction. Si le mouvement préparé se confirme -condition valide-, le temps de réaction est court. Mais il est moins court que dans la situation où les sujets sont parfaitement sûrs de l'événement qui va se produire. Ceci est conforme aux travaux de Alain et Proteau (1979) qui montrent que l'existence d'une éventualité parmi d'autres, aussi minime soit-elle, suffit à allonger le temps de réaction des sujets. Mais quand le mouvement à réaliser ne correspond pas au mouvement préparé, les sujets doivent reprogrammer la direction de leur mouvement. Ce qui est temporellement coûteux (Fiori et al., 1974 ; Quinn & Sherwood, 1983).

Selon cette approche, les effets devraient être absents ou considérablement limités dans la situation où la contrainte de précision est nulle. Les sujets peuvent pré-programmer l'ensemble de leur geste. La seule incertitude concerne alors l'événement susceptible de se produire, en termes

strictement perceptifs. Les résultats obtenus sont conformes à cette prédiction puisque les effets des conditions sont nettement moins marqués lorsqu'il n'y a pas de contrainte de précision.

7.6 Conclusion

Dans l'état actuel de nos travaux, il n'est malheureusement pas possible de conclure définitivement en faveur de l'une ou l'autre des hypothèses formulées ici. Il est vraisemblable que différents processus complémentaires sont à l'oeuvre. Quoiqu'il en soit il faut souligner les points de convergence possibles entre une analyse attentionnelle des résultats et une explication en termes de processus préparatoires. Il semble que les effets observés peuvent tout aussi bien s'interpréter dans un contexte ou dans l'autre. Ce qui peut suggérer qu'en fait les processus sont identiques et qu'il s'agit plutôt d'une question de langage. On peut également faire l'hypothèse que dans la condition sans contrainte de précision, où le mouvement peut être entièrement pré-programmé, les effets obtenus sont principalement dûs à l'orientation spatiale de l'attention. Tandis que dans la condition avec exigence de précision, où plusieurs mouvements sont possibles, les effets induits par la tâche relèvent davantage de processus préparatoires qui se combinent avec les effets attentionnels. Cela ne préjuge pas d'ailleurs de savoir si les sujets portent plutôt leur attention, et (ou) se préparent, en fonction des caractéristiques du signal de réponse ou s'ils s'organisent en fonction des modalités de production de la réponse (Buckolz, 1980).

Selon cette hypothèse, les effets attentionnels bien que réels ne seraient pas l'élément déterminant dans l'explication des performances des sujets athlètes de haut niveau. Ces sujets seraient capable de réduire ces effets attentionnels, selon les modalités que nous avons déjà décrites. Ce sont principalement les processus préparatoires, mettant en jeu l'ensemble de la motricité des sujets qui seraient à l'origine des réponses différenciées en fonction des conditions expérimentales.

REMARQUES FINALES

Les résultats qui ont été présentés soulèvent un nombre de questions importantes, auxquelles il ne nous a pas été possible de répondre.

En effet, nos efforts ont porté essentiellement sur l'étude des mécanismes perceptifs, alors que l'analyse des mécanismes impliqués dans l'exécution motrice demeure très incomplète.

Il s'avèrerait nécessaire d'étudier, d'une part, les relations entre attention et contrôle du mouvement dans une tâche de détection du signal de nature psychophysique. Cette étude devrait concerner des sujets non sportifs.

Il serait nécessaire d'autre part, d'étudier les performances perceptivo-motrices en fonction de la complexité du mouvement et des mécanismes d'automatisation du geste, dans une tâche de simulation d'escrime utilisant un paradigme de type Posner. Cette étude devrait concerner des sujets non sportifs et des sportifs de différents niveaux de qualification.

REFERENCES

Alain, C., & Proteau, L. (1979). Le temps de réaction de choix en fonction du temps accordé pour compléter la réponse. In C. Nadeau, W. Halliwell, K. Newell & G. Roberts (Eds.), *Psychology of motor behavior and sports*, (pp.478-485). Champaign: Human Kinetic Publihers.

Bashinski, H., & Bacharach, V. (1980). Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Perception & Psychophysics*, 28, 3, 241-248.

Buckolz, E. (1980). Sprint start reaction time: should one attend to the input or the output or does it matter?. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 5, 3, 146-152.

Downing, C. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 2, 188-202.

Downing, C., & Pinker, S. (1985). The spatial structure of visual attention. In M. Posner & O. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*, (pp.171-187). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Eriksen, C., Yeh, Y.Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 5, 583-597.

Fiori, N., Semjen, A., & Requin, J. (1974). Analyse chronométrique du pattern préparatoire à un mouvement spatialement orienté. Résultats préliminaires. *Le Travail Humain*, 37, 229-248.

Fitts, P. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.

Fitts, P., & Peterson, J. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology*, 67, 103-112.

Girouard, Y., Vachon, L., & Perrault, R. (1979). Do walking and running require attention to be performed?. *Communication présentée au Congrès Annuel de l'Association Canadienne des Sciences du Sport*, Université de Werstern Ontario.

Girouard, Y., Vachon, L., Perrault, R., & Black, P. (1979). Attention demands of high jumping. *Communication présentée au Congrès Annuel de l'Association Canadienne des Sciences du Sport*, Université de Western Ontario.

Greenberg, G., & Larkin, W. (1968). Frequency-response characteristic of auditory observers detecting signals of a single frequency in noise: the probe-signal method. *Journal of the Acoustical Society of America*, 44, 6, 1513-1523.

Henry, F., & Rodgers, D. (1960). Increased latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.

Hick, W. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental psychology*, 4, 11-26.

Hughes, H. (1984). Effects of flash luminance and positional expectancies on visual response latency. *Perception & Psychophysics*, 36, 2, 177-184.

Hughes, H., & Zimba, L. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 4, 409-430.

Hughes, H., & Zimba, L. (1987). Natural boundaries for the spatial spread of directed visual attention. *Neuropsychologia*, 25, 1A, 5-18.

Humphreys, G. (1981). On varying the span of visual attention: evidence for two modes of spatial attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 33A, 17-31.

Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 188-196.

Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. Long & A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance IX*, (pp. 187-203). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Jonides, J., & Mack, R. (1984). On the cost and benefit of cost and benefit. *Psychological Bulletin*, 96, 1, 29-44.

Kahneman, D., & Treisman, A. (1984). Changing views of attention and automaticity. in R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*, (pp. 29-61). New-York, N.Y.: Academic Press.

Kiefer, R., & Siple, P. (1987). Spatial constraints on the voluntary control of attention across visual space. *Canadian Journal of Psychology*, 41, 4, 474-489.

Lappin, J., & Uttal, W. (1976). Does prior knowledge facilitate the detection of visual targets in random noise?. *Perception and Psychophysics*, 20, 5, 367-374.

Leavitt, J. (1979). Cognitive demands of skating and stick-handling in ice hockey. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 4, 46-55.

Macmillan, N., & Schwartz, M. (1975). A probe-signal investigation of uncertain-frequency detection. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 5, 1051-1058.

Mangun, G., & Hillyard, S. (1985). Event-related brain potentials reveal processing gradient during visual-spatial selective attention in man. *Society for Neuroscience Abstracts*, 879.

Mangun, G., & Hillyard, S. (1987). The spatial allocation of visual attention as indexed by event-related brain potentials. *Human Factors*, 29, 195-212.

Mertens, J. (1956). Influence of Knowledge of target location upon the probability of observation of peripherally observable test flashes. *Journal of the Optical Society of America*, 46, 1069-1070.

Meyer, D., Abrams, R., Kornblum, S., Wright, C., & Smith, K. (1988). Optimality in human motor performance: ideal control of rapid aimed movements. *Psychological Review*, 95, 3, 340-370.

Mowrer, O. (1941). Preparatory set (expectancy). Futher evidence of its central locus. *Journal of Experimental Psychology*, 28, 116-133.

Müller, H.J., & Findlay, J.M. (1987). Sensitivity and criterion effects in the spatial cuing of visual attention. *Perception and Psychophysics*, 42, (4), 383-399.

Nougier, V., Ripoll, H., & Stein, J.F. (1987). Processus attentionnels et pratique sportive de haut niveau. In M. Laurent & P. Therme (Eds.), *Recherches en APS II*, (pp. 209-221). Centre de Recherche de l'UEREPS: Aix-Marseille II.

Nougier, V., Ripoll, H., & Stein, J.F. Orienting of attention with highly skilled athletes. submitted.

Posner, M.I. (1978). *Chronometric Exploration of Mind*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

Posner, M.I., Cohen, Y., Choate, L., Hockey, R., & Maylor, E. (1984). Sustained concentration: Passive filtering or active orienting. *In S. Kornblum & J. Requin (Eds.), Preparatory states and processes, (pp. 49-65)*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I., Nissen, M.J., & Ogden, W.C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H.L. Pick & I.J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information*, (pp.137-157). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I., Snyder, C.R., & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 2, 160-174.

Proteau, L., & Dugas, C. (1982). Stratégie de décision d'un groupe de basket-ball inter-universitaire. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 7, 2, 123-133.

Quinn, J., & Sherwood, D. (1983). Time requirements of changes in program and parameter variables in rapid ongoing movements. *Journal of Motor Behavior*, 15, 2, 163-178.

Régnier, G., & Salmela, J. (1980). L'influence des dépendances séquentielles sur la performance motrice. In C. Nadeau, W. Halliwell, K. Newell & G. Roberts (Eds.), *Psychology of motor behavior and sports*, (pp. 493-501). Champaign: Human Kinetics Publishers.

Requin, J. (1980). Toward a psychobiology of preparation for action. In G. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior*, (pp.373-398). Amsterdam: North Holland Publishing Company.

Requin, J. (1985). Looking forward to moving soon: ante factum selective processes in motor control. In M. Posner & O. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*, (pp. 147-167). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Requin, J., Lecas, J.C., & Bonnel, M. (1984). Some experimental evidence for a three-step model of motor preparation. In S. Kornblum & J. Requin (Eds.), *Preparatory states and processes*, (pp. 259-284). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Scharf, B. (1970). Critical bands. In J. Tolbias, (Ed.), *Foundations of modern auditory theory*, (Vol. 1, pp.157-202). New-York: Academic press.

Shaw, M. (1980). Identifying attentional and decision-making components in information processing. In R. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance VIII*, (pp. 227-296). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Shaw, M. (1982). Attending to multiple sources of information: I. The integration of information in decision making. *Cognitive Psychology, 14*, 353-409.

Shaw, M. (1984). Division of attention among spatial locations: a fundamental difference between detection of letters and detection of luminance increments. In H. Bouma & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance X*, (pp.109-121). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Shaw, M., Mulligan, R., & Stone, L. (1983). Two-state versus continuous-state stimulus representations: a test based on attentional constraints. *Perception & Psychophysics, 33*, 338-354.

Shulman, G., Wilson, J., & Sheehy, J. (1985). Spatial determinants of the distribution of attention. *Perception & Psychophysics*, 37, 59-65.

Sperling, G. (1984). A unified theory of attention and signal detection. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), *Varieties of Attention*, (pp. 103-181). New-York, N.Y.: Academic Press.

Sperling, G., & Dosher, B. (1986). Strategy and optimization in human information processing. In K. Boff, L. Kaufman & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and performance* (Vol.1, pp. 2.1-2.65). New-York: Wiley.

Vankersschaver, J. (1985). Rôle des processus cognitifs dans le contrôle d'une habileté sensori-motrice: la conduite de balle au football. In M. Laurent et P. Therme, (Eds.), *Recherches en Activités Physiques et Sportives*, (pp.273-280). Centre de Recherche de l'UEREPS: Aix-Marseille II.

Vankersschaver, J. (1984). La demande en attention au cours de l'exécution d'un geste technique au football. *Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 9, 39-52.

Vankersschaver, J. (1982). Capacité de traitement des informations dans une habileté sensori-motrice. *Thèse de 3ème cycle en Neurosciences et Sciences du Comportement*, Université d'Aix-Marseille II.

Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 5, 601-620.

Zimba, L., & Hughes, H. (1985). Local inhibition during directed visual attention. *ARVO abstracts: Supplement to Investigative Opthalmology & Visual Science, 26*, 189.

Zimba, L., & Hugues, H. (1986). Spatial profiles of directed visual attention. *Supplement to Investigative Opthalmology & Visual Science*, 27, 344.

ANNEXE: Article en préparation

Sensitivity, criterion and response time effects in the spatial priming of visual attention

Vincent NOUGIER (1)
Anne-Marie BONNEL (2)
Camille-Aimé POSSAMAI (2)
Hubert RIPOLL (3)
Burt SCHARF (4)

(1) Université Joseph FOURIER, UFRAPS, BP. 53X, 38041 Grenoble Cedex, FRANCE
(2) Centre National de la Recherche Scientifique - LNF1, Unité de Neurosciences Cognitives, BP. 71, 13402 Marseille, Cedex 9, FRANCE
(3) Institut National du Sport et de l'Education Physique, Laboratoire de Neurosciences du Sport, 12 avenue du Tremblay, 75012 Paris, FRANCE
(4) Auditory Perception Laboratory, 413MU Northeastern University, Boston, MA 02115, USA.

Running title: Psychophysical measures of visual attention in spatial locations.

Key words: visual attention, spatial locations, sensitivity, response bias, reaction time.

SUMMARY

This study is concerned with three questions about the role of attention in the detection of visual stimuli: (1) Are attentional effects in space similar in a psychophysical task and in a reaction time task? (2) Does the effect of spatial priming partially due to strength of signals (Downing, 1988)? and (3) Which is the influence of distractors on the magnitude of attentional effects? Four experiments were done using a probe-signal method (Greenberg & Larkin, 1968) with both psychophysical and reaction time measures. In experiment 1 (basic psychophysical experiment) it was demonstrated that decision criteria were always similar while sensitivity was higher for the primary than for the probe. It was also shown that intensity of the signals did not change the magnitude of the attentional effects. Experiment 2 was the same as experiment 1 except that observers were encouraged to respond as fast as possible. Decision criteria and sensitivity were the same as in experiment 1, while response times were shorter. This suggested and additivity of the factors with the effect of positional expectancy. Experiment 3 was a reaction time task but, with the same method as in the previous experiments. Attentional effects were similar to those of the psychophysical task which seemed to confirm the additivity of the factors. The fourth experiment was the same as experiment 1 except that there were less distractors between the primary and the probe. A differential attentional effect was found, because of the presence or the absence of distractors. The results are interpreted as indicating that attention influences similarly both perceptual encoding and decision making.

Introduction

Classically, orienting of attention has been studied using two main experimental paradigms. In the chronometric method, exemplified by Posner and his colleagues (see Posner, 1980), a subject is cued to expect a stimulus to occur with high probability at a specific location in space and with much lower probability at another location. It is shown that subjects are faster to respond to the most probable location -attentional benefit- and slower to respond to the uncued location -attentional cost-, when compared to a neutral condition in which no spatial cue is given at all.

Yet, a frequent criticism has been adressed to this probability-cuing paradigm. Because of a simple strategical shift on the speed-accuracy tradeoff, the attentional effects in space -i.e. the costs and benefits in RT- could result from the various amounts of information from locations, needing to be processed by the subject before making a response (Lappin & Uttal, 1976; Shaw, 1984; Sperling, 1984; Sperling & Dosher, 1986). That is, these results may be obtained even by an "ideal observer".

Thus, in the last past years, new approaches have been proposed to study orienting of attention by isolating the contribution of changes in perceptual processes from the one of changes in decision making. A subject is cued to expect a luminance increment (Bashinski & Bacharach, 1980; Downing, 1988; Müller & Findlay, 1987) or a symbol (Downing, 1988; Müller & Findlay, 1987; Shaw, 1984) and then must report whether a stimulus has occured and how confident he is about his decision. Under the assumptions of signal detection theory, these experimenters were able to separate measures of expectancy effects on sensory coding and on decision making. The general result is that expectancy produces both costs and benefits on sensitivity. However, Shaw (1984) and Müller and Findlay (1987) did not find this effect for luminance judgements while reporting it for letter identification. On the other hand, Bashinski and Bacharach (1980) found it for such a task. Finally, Downing (1988) demonstrated that this effect was always present, but it was greater over distance for orientation and form discrimination than for luminance and brightness detection. It is then suggested that the type of task is of importance in the sense that the more difficult will be the perceptual task, the greater will be the attentional effects. Concerning response bias, the results are also contradictory. Sometimes there were changes in response bias (Müller & Findlay, 1987; Shaw, 1984) and sometimes there were not (Bashinski & Bacharach, 1980; Downing, 1988). This may be a function of the task submitted to the subjects. The decision criterion tended to be lower for difficult tasks than for easier ones. However, the results of Downing (1988) and those of Müller and Findlay (1987) and Shaw (1984) are contradictory on this point. Then, it is difficult to make definitive conclusions about the role of attention on perceptual and decisional processes.

However, some questions remain unresolved. The first one is concerned with the influence of distractors on the distribution of attention over space and with the magnitude of these attentional effects. Zimba and Hughes (1985, 1986) suggested that factors such as visual masking or image fading may interact more severely with the focus of attention than distractors. Müller and Findlay (1987) demonstrated that target-distractor discriminability induced changes in sensitivity and response bias in a letter detection task. When no distractors were presented in the display -i.e. it became a luminance increment task in an empty visual field-, no effects were obtained contrary to Bashinski and Bacharach (1980). But, what would happend in a pure detection task with diodes continuously lighted?

On the other hand, it is unclear wether attention is distributed or not over visual space. Some studies have demonstrated such a distribution of attention (Downing, 1988; Downing & Pinker, 1985; Mangun & Hylliard, 1985, 1987; Shulman, Wilson & Sheehy, 1985) while others failed to show this effect (Hughes & Zimba, 1985; Posner, 1978; Zimba & Hugues, 1986). On the other hand, Hughes (1984) investigated the influence of signal intensity and of subject's positional expectancy on the magnitude of attentional effects, in a reaction time task. He demonstrated that luminance effects were additive with the effect of positional expectancy, and that the information value of the precue which directed attention interacted with the magnitude of visual attention. He suggested that the act of attending to a spatial location operates fairly late in the information process. We wanted to test this hypothesis and to see what would happend with a psychophysical task if the intensity of the signals was changed.

A third question asked wether expectancy effects in orienting of attention are due to perceptual processes or to decision making, or wether attention affects both these stages of information processing. On the other hand, it would be interesting to study wether the magnitude of these effets is similar on both stages of processing, or wether attention differencially intervene.

In the following work, we attempted to use the probe-signal method developed first in auditory psychophysics (Greenberg & Larkin, 1968; MacMillan & Schwartz, 1975), with the two paradigms described above -i.e. psychophysical and chronometric paradigms-. This was done trying to reconcile different points of view concerning perceptual and decisional effects in orienting of visual attention. In the first experiment, the task was typically a psychophysical one with the detection of a luminance increment. It was the basic experiment of this paper and the effects of the presence or the absence of distractors were studied. The second experiment used the same task, but two different intensities of the signals were tested. In the third experiment, the subjects were asked to make their response as fast and as accurate as possible. Hence, the subjects had both to detect a weak stimulus and to run a reaction time task. The last experiment was a classical reaction time task with supraliminar stimuli using the same paradigm as the precedent

experiments. As suggested by Sternberg's method (1969), if sensory coding and response making are independent stages, attentional effects should be identical for each task. On the contrary, if these stages interact, then it is probable that attentional effects will interact too.

General method

Apparatus and task

On each side of a central fixation point, red diodes were horizontally arrayed on a plane and uniform surface. The diodes were located every 1.5° of eccentricity from the center to the periphery. They have a diameter of 0.5°. These diodes were continuously lighted. In a given block of trials, one diode was brightly illuminated for 40 ms at the beginning of each trial. This warning signal was used to draw the observer's attention. 500 ms after, a sound signal of 60 ms of duration was produced. On half of the trials, a 10 ms weak luminance increment appeared during this sound interval. On 75% of these signal trials -i.e. 37.5% of all trials-, the increment appeared at the cued location -primary- while on the remaining 25% -i.e. 12.5% of all trials- it appeared at the opposite side of fixation -probe-. Subjects responded by pressing a yes-no key, and they gave a confidence judgement on a three scale point -very certain, certain, uncertain-.

Procedure

Subjects with normal or corrected to normal vision were tested. They were aged 25 to 35. All of them were naïve in psychophysical tasks and did not know the purpose of this experiment.The observer was seated in a dimly lighted room, his head fixed on a chin rest, and viewed the display from a distance of 42 cm. He was told to gaze at the central fixation point. During a training period, the intensity of the signals was progressively reduced, allowing the subject to be approximately 80% correct for each location. When this was done, a control condition in which the signals were always presented in the cued location was run. The subject was then tested in two conditions. In the *near* condition, primary and probe were 9° apart; in the *far* condition the signals were 15° apart. For each eccentricity of the signals, primary and probe were tested on both side of the fixation; thus, there were four blocks of 80 trials for the control condition and eight successive blocks of 64 trials for the experiment itself. The order of these blocks was randomized. The subject was told to respond YES when he detected a luminance increment at the expected or at the unexpected location and to respond NO when he did not detect anything. He was also told to give his confidence on the three point scale, for each response. He was encouraged to maximize the hits and to reduce the false alarms. Response times were also registered, but the subject was given no speed instructions.

Experiment 1

Method

Eight subjects were tested. The basic paradigm was the one previously described. Only four diodes were continuously lighted. Then, in the near condition, there was no distractors between the primary and the probe while in the far condition two distractors were interposed. A video camera lens was centered at fixation, to monitor eye movements.

Results

Data analysis

Since the false alarms were mixed whatever the frequency of the signals, it was impossible to make a distinction between the trials in which the subject believed to detect a primary and those in which he believed to detect a probe. So that, it is possible to express some doubts about the validity of the sensitivity and response bias measures. Then, previously to a statistical analysis, we examined the hits and false alarms rates. We were particularly attentive to the hits rate at the higher level of confidence and to the false alarms rate at the lower level of confidence. On the one hand, the observer was highly certain when he made a good response and on the other hand, he voiced strong doubts when he made an error. Then, we can suppose that for these two levels of confidence it is almost certain that the observer was not guessing about his response to a primary or to a probe. Following this first approach, a two factor analysis of variance with two repeated measures -frequency*eccentricity- was conducted. It was applied to the non parametric index of sensitivity -P(A)-, the non parametric index of response bias -B- and the response time -RT-. Because the false alarms were undifferentiated according to the primaries and to the probes, we compared the observers' results in the condition in which a diode was a primary to the condition in which it was a probe.

Hits rate

The percentage of correct responses was lower for the far signals than for the near ones; but, the decrement was greater for the far probe than for the far primary (figure 1). When a analysis of variance was conducted, it showed a significant eccentricity effect *($F(1, 7) = 10.88$, $p<.015$)* and a small frequency effect *($F(1, 7) = 4.97$, $p<.06$)*. The interaction between the eccentricity and frequency factors was just below the level of significance *($F(1, 7) = 4.02$, $p<.09$)*. The hits rate at the highest level of confidence confirms the results described above. The analysis of variance demonstrated again a significant eccentricity effect *($F(1, 7) = 10.57$, $p<.015$)* while the frequency effect was no more significant *($F(1, 7) = 3.06$, $p>.10$)*. When they made a hit, the observers gave a

high confident judgement in more than 60% of the trials (table 1). At the highest level of confidence, the observers tended to detect as easily the expected stimuli than the unexpected ones. However, they were lesser confident in their judgement for the far signals than for the near ones.

False alarms

The percentage of false alarms was around 10% of the noise trials, whatever the eccentricity or the frequency of the signals. When the observers made a false alarm, they were poorly confident of their response (table 2). Moreover, they gave the lowest judgement 51.6% of the near false alarms and 60.1% of the far ones. These data suggest that in this experiment the observers did not generally guess. When they made a hit they were confident in their response, whatever the frequency of the signals; when they made a false alarm, they voiced some doubts about the validity of this detection.

Sensitivity

As shown in figure 1, sensitivity to the near signals and in the control condition was similar; but, sensitivity to the far probe was lower than to the far primary. The statistical analysis demonstrated that there was no frequency effect. But the eccentricity factor showed a significant effect *($F(1, 7) = 20.84$, $p<.001$)*. There was also a significant interaction between the eccentricity and frequency factors *($F(1, 7) = 6.01$, $p<.05$)*. It seems that the presence or the absence of distractors induced differential effects on sensitivity.

Insert figure 1 about here

Response bias

Response bias was quite the same for the near signals and in the control condition. But it was higher for the far probe than for the far primary (figure 2). There was no effect of frequency on the response bias. But eccentricity showed a significant effect *($F(1, 7) = 9.49$, $P<.05$)*. There was also a small significant interaction between the eccentricity and frequency factors *($F(1, 7) = 4.89$, $p<.06$)*. The observers did not change their decision criterion according to the frequencies, but to the eccentricities. They raised they criterion for the far probe.

Insert figure 2 about here

Response time

Response time was longer for the far than for the near signals. Despite no speed instructions were given to the observers, they were slower to detect the probe than the primary (table 1). The analysis of variance demonstrated a significant effect of frequency *($F(1, 7) = 10.25$, $p<.01$)*. Nevertheless, there was no effect of the eccentricity factor. Observers were longer to make false alarms in the far

condition than in the near one. They were longer too, to make an incorrect decision than to detect a probe. These data confirms that the observers were not guessing since they were lowly confident in their judgement, and responded slowly when they made a false alarm.

Discussion

Observers showed that their criterion was always the same for a given eccentricity; that is, they elevated it for the far diodes, but it was not changed according to the frequencies. This result is consistent with those of Bashinski and Bacharach (1980) and contradictory with the ones of Müller and Findlay (1987) and Shaw (Shaw, 1984; Shaw, Mulligan, & Stone, 1983) who demonstrated that observers can adopt independent criteria at different spatial locations. It was then suggested by Müller and Findlay (1987) that the priming effects would be different for tasks requiring the detection of letters and those requiring the detection of luminance increment.

In terms of sensitivity we can notice the absence of any effect in the near condition, while in the far condition, P(A) was significantly low for the probe. This suggests the existence of a locally enhancement processing centered on the fixation point with a maximum extent between 9° and 15° of visual angle. This processing seems to be similar to the one of the *critical band* of audition. It has been shown that the observer was able to correctly detect auditory frequencies at or near the expected frequency, but in the limits of a critical band centered on the primary. Outside this critical band the performance decreased rapidly (Greenberg & Larkin, 1968; MacMillan & Schwartz, 1975; Scharf, 1970; Scharf, Quigley, Aoki, Peachey & Reeves, 1987; Yama & Robinson, 1982). It is surprising however, that we found such differences between near and far probes which differed by only 3 degrees. In fact, the effect may result from the spatial configuration of the diodes rather than from their visual angle. Indeed, while the near stimuli were contiguous, the far ones were separated by the interposition of the near ones. Thus, in the far condition, there was added distractors when compared to the near condition. In the far condition, the observer was perhaps forced to consider the near diodes as some "noise", and to focus attention on the primary. On the contrary, in the near condition, the task was not noisy enough because of the absence of distractors between the two stimulus; thus, the observers may diffuse attention between the primary and the probe. This interpretation fits well with the results of Bashinski and Bacharach (1980) and Müller and Findlay (1987).

Another possible explanation is to consider the method used to adjust the intensity of the signals. Because all the diodes had the same intensity whatever their eccentricity, the near diodes may have been futher above threshold than the far ones, inducing no difference between the primary and the probe. Indeed, mean accuracy was higher on the near targets, which may suffer from a ceiling effect, artefactually.

A third hypothesis is suggested by Zimba and Hughes (1985, 1986). For them, the effects of distractors are not entirely due to attentional gradients. Other factors such as lateral masking or the Troxler effect may induce more severe effects in the periphery than in central vision. It has been shown that the costs obtained in the visual periphery when attention is directed parafoveally are greater than the costs measured from parafoveal signals when attention is directed to the periphery (Downing & Pinker, 1985; Shulman, Wilson & Sheehy, 1985). Then, our findings may result in part from visual masking and fading, which are independent on attentional mechanisms per se.

Analysis of the response times tends to demonstrate that the observers took more time to process the luminance increment according to the frequency of the stimulus. This may suggest that it takes longer to process the rare signals than the frequent ones. Thus, the presence or the absence of distractors does not seem to change the general result which is a longer processing time for the probe than for the primary. If there was any effect, the curves should be different, according to the two eccentricities. However, this result is somewhat contradictory to that of Posner and his colleagues (Posner & Cohen, 1984; Posner et al., 1980, 1984) who did not find attentional effects in a blocked condition.

Experiment 2

In this experiment, we first tested the effects of adding distractors for both eccentricities. We also tested the effects of intensity on the detection of luminance increment. The question was concerned with the possible changes induced by the presence of distractors in the near condition and by another adjustment of signals.

Method

Seven subjects were experienced, to study the effects of distractors. Then, 6 of them were tested with two different luminance increments. 14 diodes were continuously lighted. Then, in the near condition, there were four distractors between the primary and the probe. In the far condition, height distractors were interposed and two distractors were outside. When the intensity of the signals was modified, it was lowered only for the far ones.

Results and discussion

Hits rate

The overall hits rate was lower for unexpected trials than for expected ones. It was almost the same according to the eccentricities (figure 3). An analysis of variance with two repeated measures

-eccentricity * frequency- demonstrated a significant frequency effect *(F(1, 6) = 8.78, p<.025)* and no eccentricity effect *(F(1, 6) = .75, p>.10)*.The hits rate at the highest level of confidence was almost equal for the expected location than for the unexpected one. It was also equal for the near location than for the far one. A two factor analysis of variance -eccentricity * frequency- confirmed that there was no significant frequency effect *(F(1, 6) = .60, p>.10)* and no significant eccentricity effect *(F(1, 6) =.11, p>.10)*, contrary to what was found in experiment 1. When they made a hit, the observers gave a high judgement in more than 75% of the trials (table 1). At the highest level of confidence, the observers responded similarly to the primary and to the probe. They proportionally detected the same number of signals and were confident in their response. On the other hand, the observers had no more difficulties to detect the far signals than the near ones. They were as confident in their response for the far eccentricity as for the near one.

However, these results have to be nuanced when the intensity of the far signals is lowered. In that condition, the hits rate was lowered for both the far primary and probe. When compared to previous data, it was a consistent diminution in the number of correct detections. This decrement was approximately 25%. The hits rate was lower for the probe than for the primary as shown above; but, the difference was more consistent increasing from 8% to 13% (figure 3). It seems that the lower intensity of the signals affected both expected and unexpected stimuli, but this effect was a little more important on the rare signals. When the previous data of the near eccentricity were used , the analysis of variance -eccentricity * frequency- demonstrated a significant eccentricity effect *(F(1, 5) = 21.77, p<.005)* and frequency effect *(F(1, 5) = 6.9, p<.05)*. Hence, only by changing the intensity of the signals whithout significantly changing the observers' threshold, it is possible to obtain eccentricity effects, while the frequency effects are not consistently increased. The hits rate at the highest level of confidence was almost equal for the far primary than for the far probe . This result fits well with the previous ones. When a statistical analysis was conducted, using the near data, the frequency effect was logically significant as shown above *(F(1, 5) = 22.75, p<.005)* while there was no frequency effect *(F(1, 5) = .28, p>.10)* . When they made a hit, the observers gave the highest judgement for about 60% of the trials. At the highest level of confidence, it was confirmed again that the observers responded similarly to the primary and to the probe. However, the proportions of confident hits were consistently lower than those reported above, suggesting once more that the observers were strongly dubitative about the validity of their responses to far stimuli.

False alarms

The overall percentage of false alarms was approximately equal to 6% of the noise trials. Futhermore, the false alarms rate at the lowest level of confidence was systematically greater than the one at the other two levels of confidence (table 2). When the observer was making an error believing to detect a signal -i.e. making a false alarm-, he was giving the lowest confidence

judgement in approximately 50% of the trials. Thus, the observer was frequently voicing strong doubts about his response. These results can lead us to conclude that the observers were not generally guessing. When they made a hit they were highly confident in their response whatever the frequency of the signals. And when they made a false alarm they were dubitative about the validity of this response. From this, it is conceivable that the sensitivity and response bias measures can make sense, despite the fact that the false alarms were not differentiated according to the frequencies.

When the intensity of the far signals was lowered, the number of false alarms was equal to 16.5% of the noise trials for that eccentricity. It was more than the double of the data reported above. Then, not only the hits rate decreased but the false alarms rate increased because of lowering the intensity of the signals. On the other hand, it seems that the observers tended to guess since the percentage of false alarms was the same for the highest level of confidence than for the lowest one.

Sensitivity

As shown in figure 3, the observers performed as well for the two eccentricities, and the data were very similar. However, sensitivity was slightly lower for the far stimuli than for the near ones. The analysis of variance showed a strong frequency effect *($F(1, 6) = 54.76$, $p<.001$)*. Observers were less sensitive to the probe than to the primary. On the other hand, there was no eccentricity effect *($F(1, 6) = 1.66$, $p>.10$)*. Observers were equally sensitive to the far signals than to the near ones.

When the intensity of the far signals was lowered, sensitivity decreased too. The observers performed lesser than in the first condition (figure 3). P(A) was lower for the probe than for the primary. When the data of the previous experiment were used for the near eccentricity, the results confirmed a significant effect of frequency *($F(1, 5) = 6.76$, $p<.05$)*. But, contrary to the first condition, there was also a significant eccentricity effect *($F(1, 5) = 27.78$, $p<.003$)* which was not surprising. There was no interaction between the two factors. As in the previous experiment, the parallelism of the two curves is hightly notable (see figure 3). This may suggest that the frequency effects are similar despite the intensity of the signals.

Insert figure 3 about here

Response bias

Response bias was similar according to the frequency of the signals. It was a little higher for the far diodes (figure 4). The analysis of variance confirmed no effect of the eccentricity and probability factors. This suggests that the observers adopted the same criterion decision for all sessions, independently of the frequencies or eccentricities.

For the lowered intensity of the far signals, response bias was higher than in the previous experiment for both primary and probe (figure 4). The observers seemed to adopt another criterion decision when compared to the data reported above. However, when the previous data were used for the near eccentricity, there was no significant effect of eccentricity or frequency.

Insert figure 4 about here

Response time

Despite no speed instructions were given to the observers, response time was longer for the primary than for the probe (figure 7). This effect was significant *($F(1, 6) = 22.58$, $P<.003$)*; but, there was no difference according to the eccentricities. When the intensity of the far signals was lowered, the data were quite similar. There was a significant effect of the frequency factor *($F(1, 5) = 9.43$, $p<.02$)* when the data of the first experiment were used for the near eccentricity, and no effect of eccentricity. Observers were slower to detect the probe than the primary, as in the first experiment (figure 7).

Whatever the intensity or the eccentricity of the signals, response time to incorrect trials -i.e. false alarms- was equal or greater than response time to probe signals. This may suggest again that observers were not guessing, since they took more time to make a wrong decision.This result is consistent with previous ones suggesting that observers were lowly confident in their response, when they made an error.

Discussion

Observers showed that their criterion was always the same despite the eccentricities or the frequencies. Thus, it seems that the observers maintained optimal decision criterion for uncued locations. Or it is that subjects did not adopt the most extreme criteria for the cued signals. Or they spontaneously chose an intermediate criterion which allowed them to be generally efficient whatever the probabilities. Then, it is possible to think that with higher probabilities, the observers' strategy will be different. This result fits well with those of Bashinski and Bacharach (1980) and Downing (1988); but, it is contradictory to the ones of Müller and Findlay (1987) and Shaw (1984). May be it is because of the task which was not a detection of letters as in the experiments reported above. If it is the case, then we may agree with Shaw (1984) who suggested that luminance increment and letter detection required different processes. Letter detection would be capacity limited while luminance increment would not. In terms of sensitivity, P(A) was significantly lower for the probe than for the primary. This result is consistent with those found before (Bashinski & Bacharach, 1980; Downing, 1988; Müller & Findlay, 1987). As hypothesized at the beginning of this paper, the existence of a locally enhance processing similar to the critical

band of audition (Scharf, 1970) and centered on the primary would improve efficiency in the frequent location while decreasing the performance on the probes. The presence of distractors interposed between the primary and the probe may encourage the observers to focus attention on the primary, in order to reject the distractors which could perturbate the perceptual encoding. Müller and Findlay (1987) demonstrated in a luminance increment task that when there was no noise the spatial expectancy effect was absent, while when enough noise was created, this effect became consistent.

It is remarkable that in this experiment there was an effect of frequencies, for the two eccentricities. That is, even for the near condition P(A) was lower for the probe than for the primary (figure 3). Nevertheless, there was no effect of the eccentricities. A plausible explanation is to consider the method used to adjust the intensity of the signals. In a similar task to the one of Posner et al. (1978), Downing and Pinker (1985) have shown that the attentional costs and benefits increased as the retinal separation between the cued location and the stimulus increased. Downing (1988) also demonstrated recently that perceptual sensitivity was distributed similarly over distance in space, in a luminance detection task. Yet, in her experiment, intensity of the signals was the same for each eccentricity, while in our experiment it was adjusted independently for each of the diodes; then, the increased attentional effects with respect to the eccentricities may have been supressed by this artefact.

The analysis of the response times tends to show that the observers took more time to process the luminance increment according to the frequency of the stimulus. This may suggest that it is longer to process the occasional signals than the frequent ones. This general result is somewhat contradictory to those of Posner and his colleagues (Posner & Cohen, 1984; Posner et al., 1980, 1984). They found in a detection task similar to this one, but with the registration of reaction times that there was a slight effect of the probabilities in a blocked condition. However we found a difference of 40 ms between the primary and the probe in the near condition and of 78 ms in the far one which is something consistent.

The only difference between this experiment and experiment 1 concerned the presence or the absence of distractors between the signals. Thus, it seems that the detection rate -i.e. the sensitivity level- is an effect of the presence of enough "noise" in the task. When no distractors are present, there is no effect of frequency; and presumably, the subject is not forced to focus attention on a given location, but is rather encouraged to diffuse attention among spatial locations, in order to simultaneously take into account the primary and probe. On the other hand, when enough distractors are present, the observer is forced to orient attention to a location which is generally the more frequent one -i.e. the primary-, to eliminate or reduce the effects of distractors on his detection. Hence, by focusing on the more frequent location, the observer's sensitivity decreases at

the less frequent one, not because his attentional beam is limited in extent, but because he tries to reject the distractors outside his functional field of processing. In fact, for the strategy described above, it is not a question of being limited by a hard-wired attentional beam. In the first behavior, the observer does not need to orient attention to a spatial location; thus, there is no attentional beam *de facto*. In the second behavior, the observer does not want to process the noise; he then, orients attention on the primary, only to reject the distractors. But this does not mean that he is limited by the extent of his attentional beam.

When the intensity of the far signals is decreased, the results are the same as in the first condition, except for the eccentricity effect which was significantly increased. This is not surprising since we wanted to try to create this effect, to see what would happen on the observers' detection. Hence, this result confirms the idea that the frequency effect reported in the previous experiment is somewhat independent of the intensity of the signals to detect. This is consistent with the findings of Hughes (1984) who demonstrated in a reaction time task that luminance effects were additive with the effects of positional expectancy. It also suggests that the attentional beam was not implied in these experiments. If it had been the case, and in accordance with the data of Humphreys (1981), who demonstrated that the area of maximum sensitivity does not cover more than 1 degree of visual angle, we would have found a greater decrement of performance for far probes than for near ones, and for a lower intensity of the signals. On the contrary, our results demonstrate that for a given eccentricity, it is enough to adjust the intensity of the signals to an appropriate level, to obtain similar curves.

Contrary to what was suggested by Downing (1988), this experiment does not confirm the idea that sensitivity decreases as the distance between the primary and the probe increases. Despite this question is not completely cleared, it could be due to the task we used. Indeed, in Downing's experiments trials of various eccentricities were mixed while in ours experiments trials were blocked for each eccentricity.

These first experiments can lead to the conclusion that spatial expectancy induces changes in perceptual processing, even for luminance increment. It also demonstrates that these changes in perceptual processing are not entirely due to changes in response bias. Hence, these results tend to confirm the validity of paradigms manipulating spatial expectancy in the study of visual attention, such as those of Posner (1980). On the other hand it shows that spatial attention is partially due to changes in perceptual processing. However, it does not completely light on the role of attention on both perceptual processing and subsequent stages of information processing. Particularly, it is not clear whether spatial attention similarly affects these stages of processing of whether it plays a differentiated role with respect to these stages. In the third experiment, we tried to study this question by encouraging the subjects to respond as quickly as possible. Then, by

this mean we may obtain a speed-accuracy tradeoff, to see how perceptual processing and decision making interacted and how attention modified this.

Experiment 3

Method

5 subjects who also participated in the first experiment were tested. So they were familiar with the task. Apparatus and task were exactly the same as in the second experiment. The control condition was not executed. The only difference was that subjects were encouraged both to maximize the hits and to reduce the false alarms, and also to respond as quickly as possible to the trials. Then, this task was the combination of a psychophysical and of a reaction time task. Only the yes-no response was to be fast. The confidence judgement on the three scale point was given after, with no temporal constraint. No instruction was given about choosing to be fast or accurate.

Results and discussion

Hits rate

The hits rate was slightly lower for the unexpected signals than for the expected ones (figure 5). But this was not statistically significant *(F(1, 4) = 4.04, p>.10)*. The hits rate was almost equal according to the eccentricities; this was confirmed by the analysis of variance *(F(1, 4) = .21, p>.10)*. At the highest level of confidence, it was similar according to the eccentricity or the frequency of the signals (table 1). Again, there was no significant effect of frequency *(F(1, 4) = .002, P>.10)* or eccentricity *(F(1, 4) = .36, p>.10)*.

False alarms

The percentage of false alarms was approximately equal to 7% of the noise trials. This was a little higher as compared to experiment 2. The false alarms rate was greater for the highest level of confidence than for the other two (table 2). When false alarms were made, the highest confidence judgement was given in more than 67.88% of the trials. These data are contrary to those of experiment 2. This may suggest that when the observers are encouraged to respond as fast as possible, they tend to be more certain of their response even when they are making errors. We can suppose that it is somewhat contradictory both to respond quickly and to be slightly confident in his judgement.

Sensitivity

Sensitivity was similar for each eccentricity and frequency. Observers performed as well for the far condition as for the near one, and for the probe as for the primary. It is noticeable that P(A)

was almost the same as in experiment 2 (figure 5). The analysis of variance showed a significant effect of frequency on P(A) *(F(1, 4) = 10.90, p<.03)*, and no effect of eccentricity.

Insert figure 5 about here

Response bias

Response bias was quite similar on the primary, and very different on the probe. As compared to the primary, it was lower for the near probe and higher for the far probe (figure 6). This result is something curious, but the statistical analysis is not significant for both eccentricity and frequency factors.

Insert table 1 and 2 about here

Response time

Response time was slower for the probe than for the primary. This effect was statistically significant *(F(1, 4) = 18.4, p<.013)*. However, response time was considerably shorter when compared to the data of experiment 2 (figure 7). There was a gain of about 120 ms. It is also interesting to notice that the curves were almost perfectly parallel. Whatever the speed to which the observers responded, the frequency effects were similar. Response time to false alarms was longer than to unexpected signals. This result fits well with those of experiment 2.

Discussion

Two hypothesis can be made from these results. The first one assumes that the subjects were able to resolve the speed-accuracy conflict in order to process the signals as efficiently as possible. They may adopt a strategy in which they process the stimulus the fastest, whithout changing their accuracy. Then, the sensitivity is equivalent to the one of the first experiment, while the reponse time is shorter. According to this hypothesis, subjects may gain some time on the last stages of the information processing. Thus, the perceptual encoding, while being induced by the spatial expectancy and orienting of attention is not affected by the increasing speed of the overall processing. To obtain a decrement of the subjects' sensitivity -i.e. of the subjects' perceptual accuracy- it is then necessary to adopt pay-offs or to put a dead-line in the experimental design, to strongly force the subjects to accelerate again the production of their response. From this hypothesis, spatial expectancy may affect both perceptual encoding and the subsequent stages of information processing in the same way, whatever the duration of this processing. It is only when the constraints are too strong that the subjects change their strategy and differently organize the distribution of their attentional resources. The analysis of the false alarms seems to confirm this

view. Indeed, it was shown that observers were generally highly confident when they made a false alarm which is somewhat contradictory with the results of experiment 2.

An other assumption which is not contradictory with the first one is to argue that perceptual encoding and decision making are independent stages of processing, so that attention affects both stages of information processing. When particular instructions are given to the subjects or when the experimental paradigm is changed, they only modify their behavior according to the stage processing which is implied by these transformations. Hence, when intensity of the signals is modified, it is the perceptual encoding which is affected; when the motor complexity of the task is improved -e.g. by accelerating the processing time or by increasing the motor accuracy-, it is the decision making and the following processing stages which are implied. Then, discussing the issue of early versus late enhancement processing would be refered to the parameter which is experimentally manipulated.

To test these hypothesis, a fourth experiment was done, in which perceptual encoding was greatly simplified. Hence, if attention affects all the stages similarly, the processing time will be shorter because of an easier encoding. But, more interestingly, the frequency effects will be the same. Then, once more, we must obtain parallel curves of the response times which may confirm the independence of encoding and decision making stages. If it is not the case, spatial expectancy will interact with the overall processing time, demonstrating that our first hypothesis was the correct one.

Experiment 4

Method

Five subjects participated in this experiment. They all have done the two previous experiments. The apparatus was exactly the same as in the third experiment. However, there was a main difference since it was a classical reaction time task. The intensity of the signals was adjusted well above the threshold. This threshold was the same for each frequency and each eccentricity. It allowed the subjects to have P(A) and response bias equal to 1. The confidence response was also given without temporal constraint on the three point scale. This was essentially done to keep the task similar for the subjects.

Results

A two factor analysis of variance with two repeated measures -frequency * eccentricity- was conducted. It was only applied to the reaction time -RT-. Sensitivity and response bias were not

analysed since they were always equal to 1. As in the two previous experiments, we compared the subjects' results in the condition in which a diode was a primary to the condition in which it was a probe.

We have first to notice that the subjects made less than 2% of errors. Moreover, they were always highly confident in their response. So, it confirms that sensitivity was the highest and that perceptual encoding was slightly implied in this experiment. Subjects were faster to detect the frequent signals than the rare ones. Curiously however, subjects were not slower to detect the far stimuli than the near ones. The analysis of variance confirmed that there was a significant frequency effect *($F(1, 4) = 8,57$, $p<.043$)*, but there was no eccentricity effect and no interaction. Yet, it is interesting to notice that the curve was parallel to those found in experiment 2 and 3 while the RT were 240 ms shorter than in experiment 2 and 120 ms shorter than in experiment 3 (figure 7). Once again, it seems that the frequency effects were similar on response time or reaction time.

Insert figure 7 about here

Discussion

Spatial expectancy always affected the distribution of attention. Subjects were faster to respond to the cued location than to the uncued one. This result is consistent with those generally found in the litterature about visual spatial attention (Kiefer & Siple, 1987; Downing & Pinker, 1985; Posner, 1980). However it is somewhat contradictory with the previous results of Mowrer (1941), Mertens (1956), Hughes and Zimba (1985) and those of Posner and his colleagues (Posner et al., 1984; Posner, Snyder & Davidson, 1980) who found that it was difficult to obtain costs and benefits in a blocked condition in which attention is drawn on one side of the experimental configuration at the beginning of an entire session of trials. Posner and Cohen (1984) and Posner et al. (1984) demonstrated that it was because of a facilitation effect for the first 150 ms, followed by a subsequent inhibition after 300 ms. In our experiment, the stimulus onset asynchrony (SOA) was longer than 500 ms, which would produce an inhibition according to the previsions of Posner. Yet, two main differences between his paradigms and our may explain the data. The first one is that in our design there was no neutral condition. As suggested by Jonides and Mack (1984), this condition may have a status different from the cued and uncued ones, so that it induces a general warning effect. Hence, they recommend to eliminate this condition in the future paradigms, or to consider the total costs plus benefits -i.e. the difference between the cued and uncued conditions-. Indeed, while arguing it is difficult to obtain attentional effects in their results, Posner and his coworkers (Posner et al., 1984; Posner et al., 1980) found significant costs but no benefits. This was confirmed by Hughes and Zimba (1985). Then, if the neutral condition have been excluded there would be an effect of spatial expectancy as in our experiment.

The second main difference between the experiments discussed above is that in our design subject's attention was drawn previously to each trial but on the same side for a block, whereas it was drawn previously to a block of trials in the Posner's experiments (Posner et al., 1984; Posner et al., 1980). Then, in our case subjects were encouraged to orient attention to the cued location for each trial while in the Posner's design, it is not certain that they respected the instructions for the entire block of trials -e.g. it is not unreasonable to suppose that subjects changed their strategy during a session-. At the end, it is possible to reconcile this apparent conflict, since our experiment was a combination of blocked and cued designs. Indeed, it was a blocked experiment since subjects' attention was drawn on one side of the configuration for a session of trials; but, it was also a cued experiment since before each trial, subjects' attention was drawn by a warning signal at the most probable location. Then, we do not agree with Posner when he claims that blocked designs do not produce facilitations but our data confirms the necessity of cuing or priming spatial locations, to obtain attentional facilitations (Posner et al., 1980). However, it remains unclear why we obtained significant effects with a SOA longer than 500 ms contrary to what was illustrated by Posner and his colleagues (Posner & Cohen, 1984; Posner et al., 1984).

An other interesting result concerns the role of attention with respect to experiments 2 and 3. It is highly notable that the curves of response times were almost perfectly parallel, whatever the experimental condition (figure 7). This tends to confirm that perceptual processes and the following processes -i.e. decision making and response programming- are independent stages. This tends also to demonstrate the idea that attention affects both perceptual encoding and the subsequent stages of information processing similarly. Thus, it may be an interesting way to differentiate between perceptual attention and motor attention as was suggested by Requin (1985). It seems that selective attention is an overall process which can affect one or several processing stages. It would be somewhat similar to the concept of preparation (Requin, 1980, 1985) and could be considered as a functional process intervening optionally. From that view, the critics developed by some researchers (Lappin & Uttal, 1976; Shaw, 1980, 1982, 1984; Sperling, 1984; Sperling & Dosher, 1986) are partially resolved, since the effects of expectancy and probability manipulations on perceptual processing are separated from attentional effects. Moreover, these effects seem to be complementary and to affect information processing in the same way.

Conclusion

This first series of experiments adressed whether attention was measured in the precuing paradigms, using signals at the threshold and well above threshold, and whether the expectancy effects were similar in psychophysical and reaction time tasks. It was first demonstrated, that whatever the condition spatial expectancy affected the subjects' performance on both sensitivity

and response time. Moreover, when the subjects were encouraged to speed their response, it was demonstrated that they did it by being as accurate and by reducing the decision making and response programming. Hence, the perceptual process was not perturbated while the subsequent stages of information processing improved their efficiency. However, the expectancy effects remained the same for both sensitivity and response time. Secondly, it was shown that for each condition the response times evolved similarly, with respect to the probabilities. The spatial expectancy -i.e. the different probabilities- affected in the same way the processing of the signals. It was then suggested that perceptual encoding and the following stages of information processing were independent, and both interacted with attention considered as a functional process such as the one of preparation (Requin, 1980, 1985).

General conclusion

Posner et al. (1980) questioned whether attention can be allocated freely over visual space within a given trials. With regard to this question experiment 1 is consistent with the idea that the observer can divide attention between non contiguous locations in space. Jonides (1981) and Yantis and Jonides (1984) suggested that peripheral cues produce a rapid and involuntary orientation of attention to the cued location and that it is difficult to substantially suppress this effect. Nevertheless, our data tend to show that the subject may use different strategies, as suggested by Eriksen and Yeh (1985). The latter think that the subject can adopt alternative attentional strategies across trials, between a focus and a diffuse processing mode. If it is true, there are no reasons to suppose that the subject is unable to do that across blocks of trials. Thus, when distractors are absent, the observer can use a diffuse strategy allowing him to simultaneously process the primary and the probe with few disturbances. On the other hand, when distractors are present, the subject is induced to focus attention on the primary, to reject outside his attentional field all these distractors. In all cases, using the spotlight of an attentional beam is not an absolute necessity. It clearly depends on the situation, particularly on the existence or the absence of distractors.

This distractor effect is somewhat important. With regard to the results of Müller and Findlay (1987), it seems necessary to give some details. For these authors, the data of Bashinski and Bacharach (1980) were principally due to an artefact, and they suggest that with another mode of calculation, there would be no effect of sensitivity. This is confirmed by their second experiment, using the detection of a luminance increment. However, they found a sensitivity effect with a letter detection task. So, they reach the conclusion, that detection of luminance increments and detection of letters differ, the first one being unlimited in capacity. However, it could be added to this suggestion that when enough distractors are presented during the detection of luminance

increment, similar effects to those obtained with letter detection can be observed. In other words, processing capacity would be then limited by the addition of supplementary distractors.

At this time, two complementary hypothesis can be postulated to explain our general results. The first one deals with attentional effects, with the existence of a locally enhance processing centered on the primary and the contiguous spatial locations, and destined to selectively filter the information to be processed. The eccentricity of signals may then play a role as suggested by Downing (Downing, 1988; Downing & Pinker, 1985). When it is small enough, primary and probe are inside the selectively filtered region and then there is not effect of the frequencies. When it is too large, these signals are outside the critical region; then, it is more difficult to detect the rare ones, because the subject is engaged to orient attention to the primary. The second hypothesis assumes that the number of distractors may modify the data. In this case, it is not an attentional beam limitation -or a critical band restriction- which intervenes. Then, whatever the eccentricity of the signals, the presence or the absence of distractors, and may be the number of distractors, generates the decreasing of observers' performances.

However, some questions remains unresolved. Indeed, it is unclear what would happen with such a paradigm in the area of the attentional beam which is reported to be no more than approximately 1 degree of extent (Humphreys, 1981). If our hypothesis are consistent, then there should be a conflict between the processing of stimuli which are in the area covered by the attentional beam and the presence of distractors in this same area. On the other hand, it is not contradictory to imagine that for greater eccentricities, the decrement of the observers' performances between the primary and the probe would be more consistent. Some studies have demonstrated such a distribution of attention over space (Downing, 1988; Downing & Pinker, 1985; Mangun & Hylliard, 1985, 1987; Shulman, Wilson & Sheehy, 1985) while others failed to show this effect (Hughes & Zimba, 1985; Posner, 1978; Zimba & Hugues, 1986). In other words, the extent of the "critical band" in spatial locations is something which needs to be measured more precisely, according to the task which is used. Moreover the existence of multiple bands is not excluded.

REFERENCES

Bashinski, H., & Bacharach, V. (1980). Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Perception & Psychophysics, 28, 3,* 241-248.

Downing, C. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14, 2,* 188-202.

Downing, C., & Pinker, S. (1985). The spatial structure of visual attention. In M. Posner & O. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI,* (pp.171-187). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Eriksen, C., & Yeh, Y.Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 11, 5,* 583-597.

Greenberg, G., & Larkin, W. (1968). Frequency-response characteristic of auditory observers detecting signals of a single frequency in noise: the probe-signal method. *Journal of the Acoustical Society of America, 44, 6,* 1513-1523.

Hughes, H. (1984). Effects of flash luminance and positional expectancies on visual response latency. *Perception & Psychophysics, 36, 2,* 177-184.

Hughes, H., & Zimba, L. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 11, 4,* 409-430.

Hughes, H., & Zimba, L. (1987). Natural boundaries for the spatial spread of directed visual attention. *Neuropsychologia, 25, 1A,* 5-18.

Humphreys, G. (1981). On varying the span of visual attention: evidence for two modes of spatial attention. *Quaterly Journal of Experimental Psychology, 33A,* 17-31.

Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. Long & A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance IX,* (pp. 187-203). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Jonides, J., & Mack, R. (1984). On the cost and benefit of cost and benefit. *Psychological Bulletin, 96, 1,* 29-44.

Kiefer, R., & Siple, P. (1987). Spatial constraints on the voluntary control of attention across visual space. *Canadian Journal of Psychology, 41, 4,* 474-489.

Lappin, J., & Uttal, W. (1976). Does prior knowledge facilitate the detection of visual targets in random noise?. *Perception and Psychophysics, 20, 5,* 367-374.

Macmillan, N., & Schwartz, M. (1975). A probe-signal investigation of uncertain-frequency detection. *Journal of the Acoustical Society of America, 58, 5,* 1051-1058.

Mangun, G., & Hillyard, S. (1985). Event-related brain potentials reveal processing gradient during visual-spatial selective attention in man. *Society for Neuroscience Abstracts,* 879.

Mangun, G., & Hillyard, S. (1987). The spatial allocation of visual attention as indexed by event-related brain potentials. *Human Factors, 29,* 195-212.

Mertens, J. (1956). Influence of Knowledge of target location upon the probability of observation of peripherally observable test flashes. *Journal of the Optical Society of America, 46,* 1069-1070.

Mowrer, O. (1941). Preparatory set (expectancy) - Futher evidence of its central locus. *Journal of Experimental Psychology, 28,* 116-133.

Müller, H.J., & Findlay, J.M. (1987). Sensitivity and criterion effects in the spatial cuing of visual attention. *Perception and Psychophysics, 42, 4,* 383-399.

Posner, M.I. (1978). Chronometric Exploration of Mind. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quaterly Journal of Experimental Psychology, 32,* 3-25.

Posner, M.I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *In* H. Bouma & D. Bowhuis (Eds.), *Attention and Performance X,* (pp. 531-556). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I., Cohen, Y., Choate, L., Hockey, R., & Maylor, E. (1984). Sustained concentration: Passive filtering or active orienting. In S. Kornblum & J. Requin (Eds.), *Preparatory states and processes,* (pp. 49-65). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I., Nissen, M.J., & Ogden, W.C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H.L. Pick & I.J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information*, (pp.137-157). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Posner, M.I., Snyder, C.R., & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General, 109, 2,* 160-174.

Requin, J. (1980). Toward a psychobiology of preparation for action. In G. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior*, (pp.373-398). Amsterdam: North Holland Publishing Company.

Requin, J. (1985). Looking forward to moving soon: ante factum selective processes in motor control. In M. Posner & O. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*, (pp. 147-167). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Scharf, B. (1970). Critical bands. In J. Tolbias, (Ed.), *Foundations of modern auditory theory*, (Vol. 1, pp.157-202). New-York: Academic press.

Scharf, B., Quigley, S., Aoki, C., Peachey, N., & Reeves, A. (1987). Focused auditory attention and frequency selectivity. *Perception & Psychophysics, 42, 3,* 215-223.

Shaw, M. (1984). Division of attention among spatial locations: a fundamental difference between detection of letters and detection of luminance increments. In H. Bouma & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance X*, (pp.109-121). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Shaw, M., Mulligan, R., & Stone, L. (1983). Two-state versus continuous-state stimulus representations: a test based on attentional constraints. *Perception & Psychophysics, 33,* 338-354.

Shulman, G., Wilson, J., & Sheehy, J. (1985). Spatial determinants of the distribution of attention. *Perception & Psychophysics, 37,* 59-65.

Sperling, G. (1984). A unified theory of attention and signal detection. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), *Varieties of Attention*, (pp. 103-181). New-York, N.Y.: Academic Press.

Sperling, G., & Dosher, B. (1986). Strategy and optimization in human information processing. In K. Boff, L. Kaufman & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and performance*, (Vol.1, pp. 2.1-2.65). New-York: Wiley.

Sternberg, S. (1969). The discovery of precessing stages: extensions of Donders' method. In W. Koster (Ed.), *Attention and performance II*, (pp. 276-315). Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

Yama, M., & Robinson, D. (1982). Comparison of frequency selectivity for the monaural and binaural hearing systems: evidence from a probe-frequency procedure. *Journal of the Acoustical Society of America, 71*, 694-700.

Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 10, 5*, 601-620.

Zimba, L., & Hughes, H. (1985). Local inhibition during directed visual attention. *ARVO abstracts: Supplement to Investigative Opthalmology & Visual Science, 26*, 189.

Zimba, L., & Hugues, H. (1986). Spatial profiles of directed visual attention. *ARVO abstracts: Supplement to Investigative Opthalmology & Visual Science, 27*, 344.

FIGURE CAPTIONS

Figure one: Average percentage of hits (left panel) and mean sensitivity (right panel), for the primary and probe at the near eccentricy (open circles) and far eccentricity (field circles) when the distractors between the primary and the probe were suppressed for the near signals.

Figure two: Response bias, for the primary and probe at the near eccentricy (open circles) and far eccentricity (field circles) when the distractors between the primary and the probe were suppressed for the near signals.

Figure three: Average percentage of hits (left panel) and mean sensitivity (right panel), for the primary and probe at the near eccentricy (open circles), far eccentricity with a different intensity of the signals (field circles) and far eccentricity with the same intensity of the signals as for the near condition (field squares).

Figure four: Response bias for the primary and probe at the near eccentricy (open circles), far eccentricity with a different intensity of the signals (field circles) and far eccentricity with the same intensity of the signals as for the near condition (field squares).

Figure five: Average percentage of hits (left panel) and mean sensitivity (right panel), for the primary and probe at the near eccentricy (open circles) and far eccentricity (field circles) when the observers were told to respond as fast as possible.

Figure six: Response bias for the primary and probe at the near eccentricy (open circles) and far eccentricity (field circles) when the observers were told to respond as fast as possible.

Figure seven: Average response times and reaction times for the primary and the probe, as a function of the intensity of the signals and the speed of the response requested from the observers, for the near eccentricity (open patterns) and far eccentricity (field patterns). The squares represent the basic psychophysical experiment; the crosses correspond to the same paradigm but with a lower intensity of the signals for the far eccentricity. The triangles represent the condition in which the observers were told both to detect the signals and to be fast. The circles correspond to the reaction time task.

Figure one

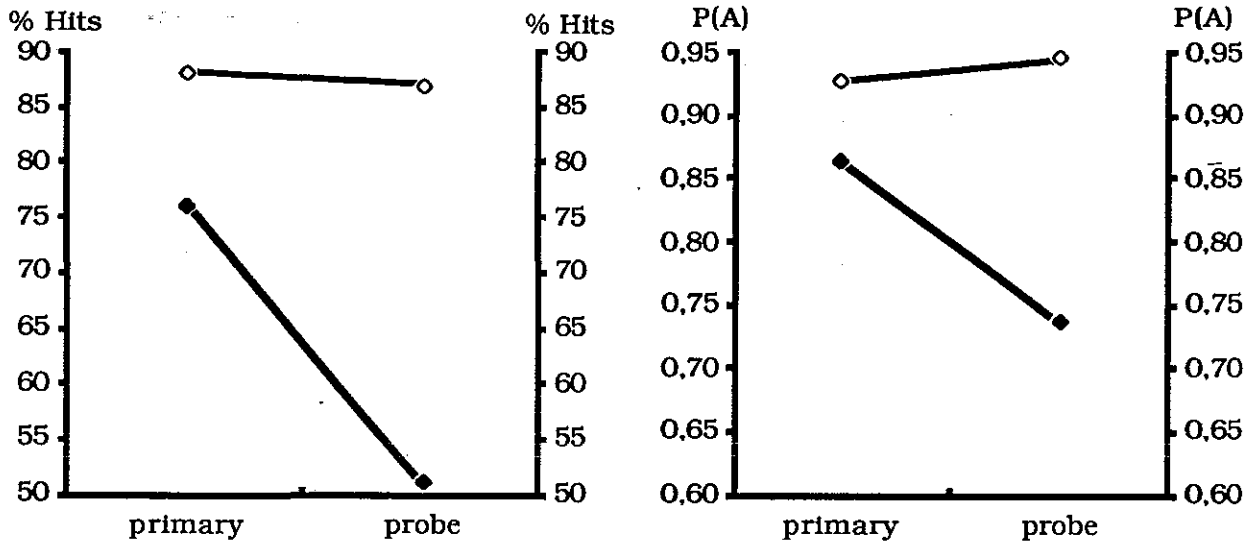

% Hits
90
85
80
75
70
65
60
55
50
primary
probe
% Hits
P(A)
0,95
0,90
0,85
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
primary
probe
P(A)

Figure two

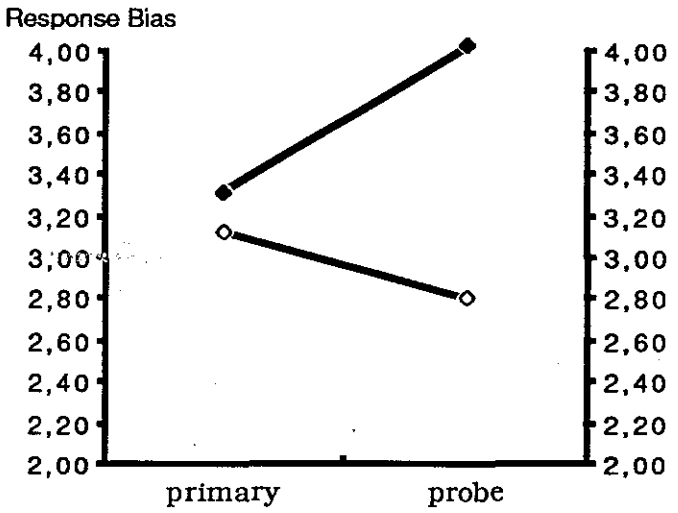

Response Bias
4,00
3,80
3,60
3,40
3,20
3,00
2,80
2,60
2,40
2,20
2,00
primary
probe

Figure three

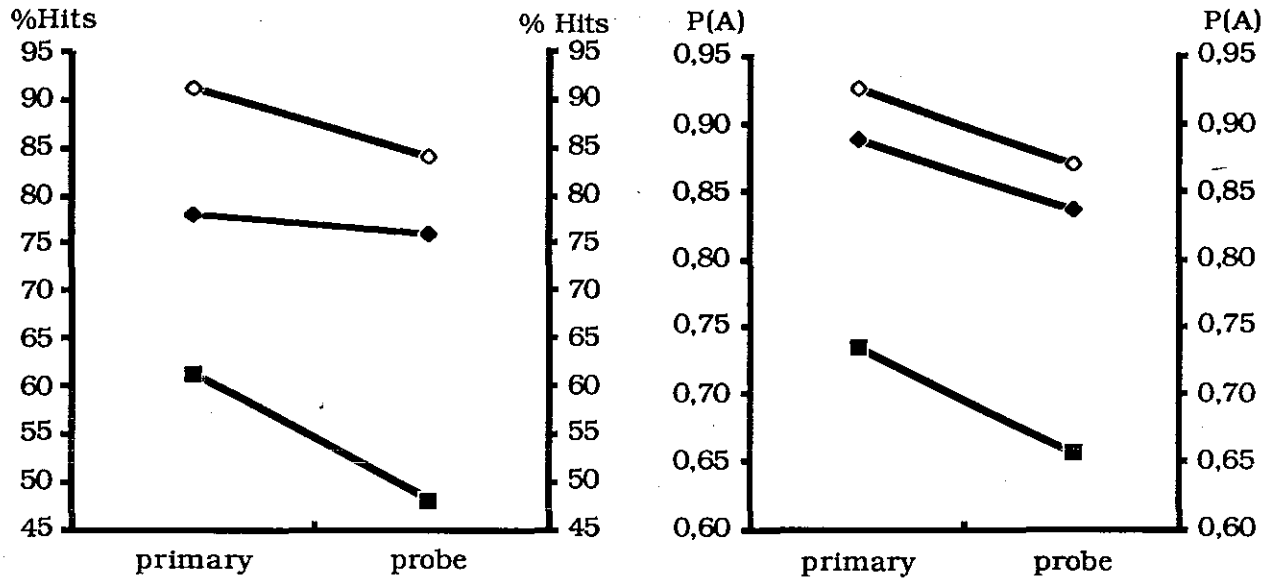


Figure four

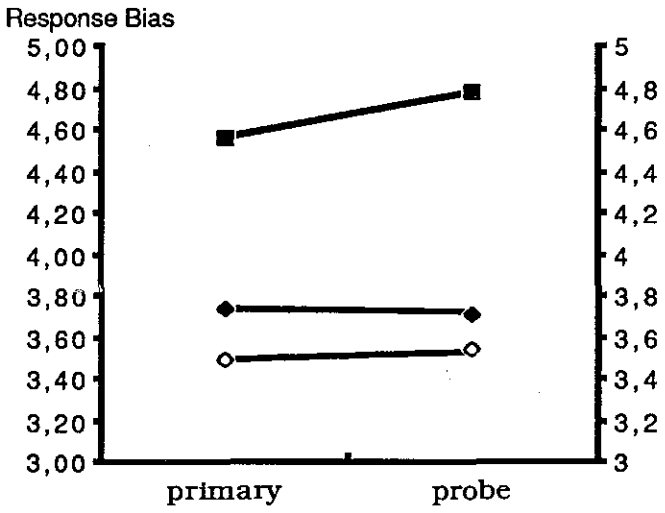

Response Bias
5,00
4,80
4,60
4,40
4,20
4,00
3,80
3,60
3,40
3,20
3,00
5
4,8
4,6
4,4
4,2
4
3,8
3,6
3,4
3,2
3
primary
probe

Figure five

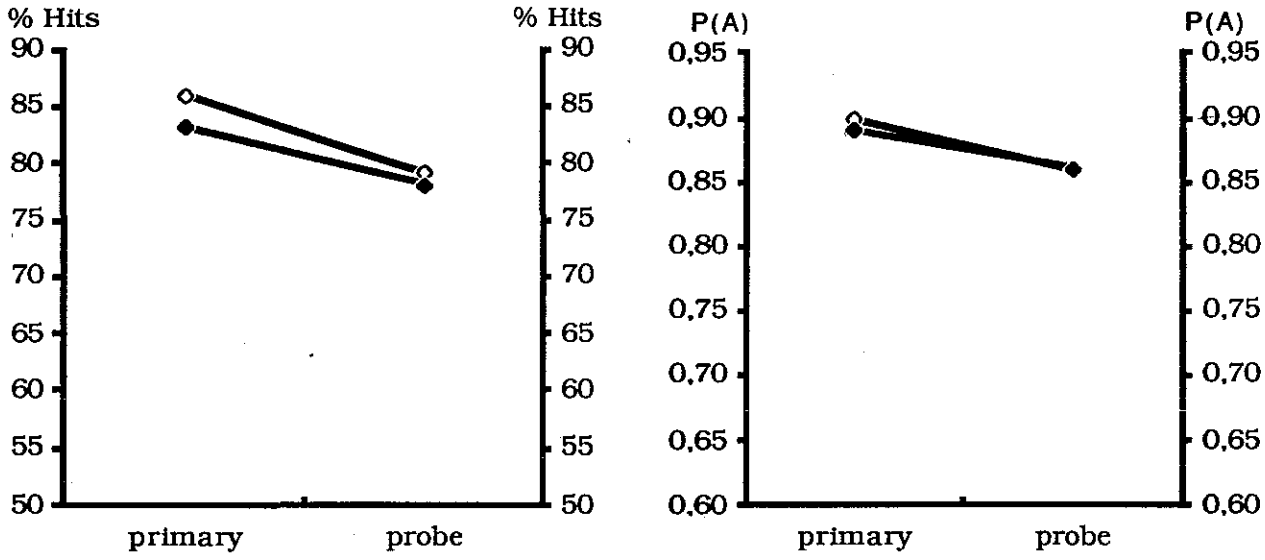

% Hits
90
85
80
75
70
65
60
55
50
% Hits
90
85
80
75
70
65
60
55
50
primary
probe
P(A)
0,95
0,90
0,85
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
P(A)
0,95
0,90
0,85
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
primary
probe

Figure six

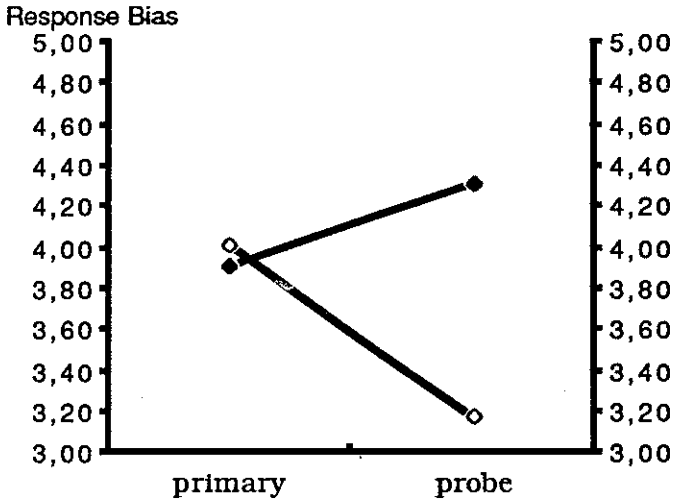

Response Bias
5,00
4,80
4,60
4,40
4,20
4,00
3,80
3,60
3,40
3,20
3,00
primary
probe

Figure seven

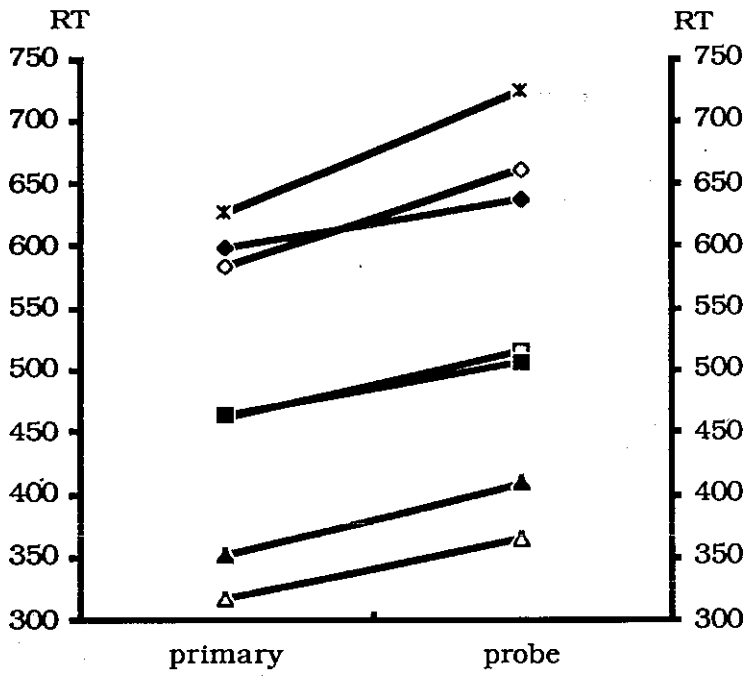


Table 1: Overall hits rate, hits rate at the highest level of confidence, pourcentage of high judgements when the obervers made a hit and response time, for the near and far signals and for the control, primary and probe conditions in experiment 1, 2 and 3. The data of experiment 2 correspond to the Normal Intensity (NI) and Lower Intensity (LI) of the signals.

		near			far		
Experiment 1		control	primar y	probe	control	primary	probe
Overall Hits rate		.87	.88	.87	.80	.76	.51
Hits rate at the highest level of confidence		.65	.73	.68	.56	.51	.32
Percentage of high judgements, when observers made a hit		75	82.9	78.1	70	67.1	62.7
Response time in msec.		746	736	898	808	842	947
Experiment 2							
Overall Hits rate	NI	.88	.91	.78	.85	.84	.76
	LI					.61	.48
Hits rate at the highest level of confidence	NI	.71	.77	.73	.66	.71	.71
	LI					.36	.32
Percentage of high judgements, when observers made a hit	NI	80.7	84.6	93.6	77.6	84.5	93.4
	LI					55	66.6
Experiment 3							
Overall Hits rate			.86	.79		.83	.78
Hits rate at the highest level of confidence			.74	.73		.76	.71
Percentage of high judgements, when observers made a hit			80.2	79.6		83.1	80.3

Table 2: False alarms rate, at each level of confidence, for the near and far signals and for the control and experimental conditions. The data of experiment 2 correspond to the Normal Intensity (NI) and Lower Intensity (LI) of the signals.

		near		far	
Experiment 1		control	experimental	control	experimental
very certain		1.26	2.07	2.58	1.86
certain		2.85	2.29	3.2	1.86
uncertain		6.18	4.66	5.85	5.61
Experiment 2					
very certain	NI	1.43	1.54	2.32	2.32
	LI				6.5
certain	NI	0	0.54	1.25	0.11
	LI				3.63
uncertain	NI	2.14	4.01	2.68	3.88
	LI				6.37
Experiment 3					
very certain			5.92		4.97
certain			0.15		0
uncertain			2.65		2.03

RESUME

Les études présentées dans ce rapport sont destinées à répondre à un double objectif, théorique et pratique.

L'objectif théorique est destiné à étudier les effets de la pratique sportive sur les caractéristiques du "faisceau attentionnel" de sujets sportifs et non sportifs. Il s'agit de définir plus précisément les conséquences de cette modification fonctionnelle, au niveau perceptif et au niveau moteur.

L'objectif pratique est destiné à identifier, en comparant des athlètes de différents niveaux d'expertise, la nature des modifications attentionnelles et les stades de traitement concernés.

La méthodologie générale repose sur une approche psychophysique. Toutefois, certaines expériences s'appuient sur les méthodes de la chronométrie mentale.

Dans une première expérience, la nature des capacités perceptives de sujets sportifs et non sportifs est analysée, en relation avec les dimensions du faisceau attentionnel.

Dans une seconde expérience, nous avons testé l'effet d'un changement d'intensité lumineuse des signaux à détecter, sur le comportement attentionnel des sujets.

La troisième expérience nous a permis d'analyser l'effet de la présence ou de l'absence de distracteurs, sur les performances attentionnelles des sujets.

Dans une quatrième expérience, c'est l'effet d'une consigne de vitesse sur les processus perceptifs qui est étudié, en relation avec l'organisation des processus attentionnels.

Dans une cinquième expérience, c'est une tâche de temps de réaction qui est proposée, pour étudier le rôle des processus attentionnels sur différents stades de traitement .

Dans la dernière expérience, des sujets escrimeurs experts sont placés dans une situation "écologique", pour analyser le rôle des facteurs d'exécution, sur l'organisation des processus attentionnels.

Mots clés :
vision
attention
traitement de l'information
sport