

**Poursuivant la série d'articles (voir A.L. n°90, juin 05, pp.66-81) inspirés de sa thèse Syntaxe, vision parafovéale et processus de lecture. Contribution du modèle structural à la pédagogie, Denis Foucambert fait état des enseignements des dernières recherches, non pas sur les aspects méthodologiques de la lecture, mais précisément sur les phénomènes de la perception et sur les processus de la vision eux-mêmes.**

## Perception et lecture

### ■ Introduction

Bien des travaux sur la lecture, issus pourtant de différents domaines de recherches, ont en commun de reposer sur des expériences susceptibles de poser des questions de méthodologie. En particulier pour les expérimentations contrôlant les mouvements des yeux. Nous pouvons rappeler la remarque de Rayner qui déclare que toutes les manipulations qui tentent de supprimer les processus travaillant à partir des informations parafovéales ou qui obligent les lecteurs à passer par un point de fixation particulier modifient les processus normaux de lecture (Rayner & Pollatsek, 1989). C'est pourquoi il nous semble important de présenter ce qui participe prioritairement à la perception dans la lecture, les processus de la vision, dans leurs deux composantes : vision fovéale et vision parafovéale.

### ■ Vision nette et vision dégradée

Chez l'Homme, la fovéa, petite dépression d'environ 1,2 mm de diamètre située au centre de la tache jaune ou macula, se caractérise par une grande finesse de son pouvoir de discrimination spatiale, ainsi que par son importance pour la vision des couleurs. Elle contient exclusivement des cônes, tous les éléments non récepteurs ainsi que les vaisseaux sanguins étant refoulés à sa périphérie, ce qui a l'avantage de laisser la lumière frapper directement les récepteurs.

Leur densité est très élevée. Chaque cône est connecté à une cellule bipolaire. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la fovéa, les cônes deviennent plus rares ; les bâtonnets progressivement prédominent. Ici, les prolongements dendritiques des cellules bipolaires font contact avec un nombre important de bâtonnets.

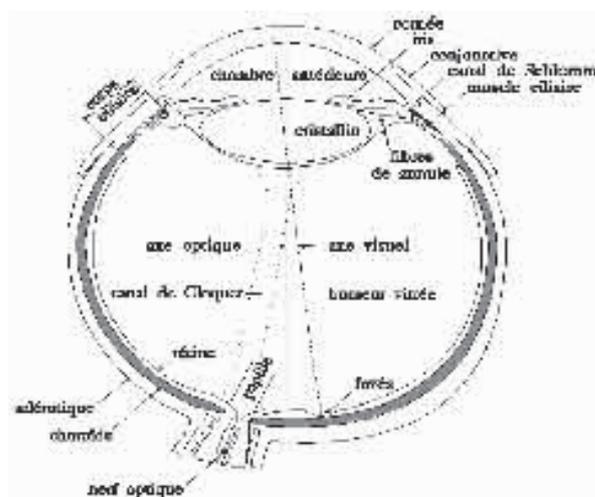


Figure 1 - Schéma de l'œil

La vision fovéale, donc la vision la plus nette, couvre environ 1° (degré) du champ visuel chez l'Homme. Le champ visuel, incluant la vision périphérique, totalise près de 160°. La dégradation de la netteté se fait progressivement, au rythme d'environ 50% de dégradation par degré d'écartement.

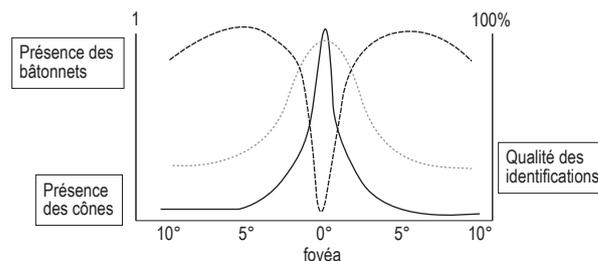


Figure 2 - Densité relative des cônes (ligne continue) et des bâtonnets (ligne en tirets), et la fidélité d'identification d'un mot-cible à une distance variable du centre de la rétine (ligne pointillée). (Rayner & Pollatsek, 1989)

Chez un lecteur expert, la taille de l'empan de lecture peut atteindre 10°. En conséquence, ce lecteur traite des informations très dégradées en bord d'empan, informations provenant de régions plus périphériques. Ces régions sont communément appelées parafovéales. Elles jouent sans conteste un rôle à chaque fixation de l'œil<sup>1</sup>.

## ■ La vision parafovéale et la lecture

Quelques équipes de recherche se sont particulièrement spécialisées dans l'étude de la prise parafovéale d'informations lors de la lecture. La question est ici d'étudier le rôle du mot situé à droite (donc dans la zone parafovéale) de celui fixé (qui se trouve, lui, dans la zone fovéale). Depuis 1981 et les travaux de Rayner, on sait que, si on retire des informations (par des systèmes de masques) de la zone parafovéale, la vitesse de lecture décline d'environ un tiers. Cette réduction de vitesse est due à l'accroissement des temps de fixation et à des saccades oculaires moins amples, donc à un plus grand nombre de fixations. Les informations sur les mots, fournies par la vision parafovéale, facilitent donc l'identification du mot lorsqu'il entre dans la zone fovéale (Inhoff & Rayner, 1986). On peut se demander par quels mécanismes :

- D'après Inhoff, il paraît improbable que la vue parafovéale active directement une attente sémantique qui accélérerait la reconnaissance du mot (Inhoff, 1982). Pour preuve, les bénéfices habituellement observés dus à la vision parafovéale disparaissent si, lors du déplacement de l'œil sur le mot suivant, on remplace celui-ci par un mot sémantiquement proche. Rappelons que l'œil ne prend pas d'information pendant son déplacement (Berthoz & Petit, 1996), ce qui rend « invisible » la substitution.
- On a pu croire que la reconnaissance des mots se faisait de manière séquentielle, un mot après l'autre, ce modèle étant proposé par Taft & Forster. Il s'agirait ici d'un accès dans un fichier qui contiendrait des représentations des radicaux, classées par fréquence. La vision parafovéale aurait donc permis de pré-activer la bonne entrée dans ce « fichier »,

grâce à la vue anticipée du radical du mot suivant (Taft & Forster, 1976). Inhoff montra que cette hypothèse était fautive. Il rejeta aussi, l'hypothèse de l'influence de la première syllabe comme activation du mot à trouver. « *La reconnaissance d'un mot lors de sa fixation n'est pas facilitée par la vision parafovéale antérieure de ses premières lettres, qu'elles forment une syllabe ou non.* » (Inhoff, 1989).

- Des expérimentations plus récentes continuent dans la même veine. On notera en particulier l'article de Kennedy présentant deux nouvelles expériences pour étudier le degré d'influence temporelle d'un mot présenté parafovéalement sur le traitement du mot situé centralement (Kennedy, 2000). Ce que cherche à savoir cet auteur, c'est bien si on peut observer le temps pris par le traitement du mot situé en vision périphérique, en fonction de ses caractéristiques propres et abstraction faite du temps de traitement du mot fixé. Dans ces deux expériences, les sujets voient un ensemble de mots de cinq lettres pendant que les mots en vision parafovéale varient sur des critères de longueur, de fréquence et en fonction du type et de la fréquence des trois premières lettres du mot perçu en vision périphérique. Les résultats sont similaires à ceux obtenus par Inhoff onze ans plus tôt : ces auteurs considèrent que le début et la fin des mots contribuent à la reconnaissance périphérique des mots et que les bénéfices dus à la vision parafovéale sont fonction de la totalité de la morphologie du mot. En effet, on obtient de plus grands bénéfices en tenant compte des informations données par l'ensemble du mot périphérique qu'en cumulant les données issues du premier trigramme et de la fin du mot<sup>2</sup>.

- Ce type d'observation renforce les modèles de reconnaissance logographique, développés en leur temps par Adams (Adams, 1979) et McClelland (McClelland,

<sup>1</sup> Certains travaux plus anciens (Rayner, 1984), cités par (Zagar, 1992) ont séparé la vision en trois zones bien différenciées :

1. La zone fovéale.

2. La zone parafovéale, plus excentrée (6 à 12 caractères), où se traite principalement l'information donnée par les premières lettres du mot suivant.

3. La zone périphérique, encore plus distante (jusqu'à 20 caractères), dont le rôle se situe plus dans l'extraction de l'information sur la taille des mots pour la programmation des futures saccades.

Cependant, cette division en classes étagées ne semble pas correspondre à la réalité de la perception visuelle. Si elle perd en acuité au fur et à mesure de l'éloignement entre le lieu de réception et la fovéa, c'est parce que progressivement la nature des cellules change : on passe des cônes aux bâtonnets. Il nous semble que la figure 1 illustre bien l'aspect continu du phénomène.

Par la suite, nous emploierons le terme parafovéal pour parler des informations provenant des zones comprises entre les bords de la fovéa jusqu'aux parties les plus périphériques de l'œil, en gardant bien à l'esprit que la dégradation du signal est progressive et continue.

<sup>2</sup> Ces découvertes se rapprochent de l'effet-mot, qui fait qu'un mot est mieux perçu que l'ensemble des lettres qui le composent (Reicher, 1969).

land & Rumelhart, 1981). Ces modèles semblent offrir un point de départ pour la compréhension des bénéfices de la vision parafovéale dans la lecture normale. Par exemple, « toutes les lettres (ou les silhouettes des lettres) d'un mot accessible par la vue périphérique peuvent activer des représentations de lettres (et de possibles représentations lexicales) » (Inhoff, 1989). Ces modèles logographiques sont aujourd'hui très décriés, surtout par les modèles développementaux de la lecture. On les considère comme des phénomènes très primitifs (« ...les modalités primitives (logographiques) de traitement de l'information graphique ») (Sprenger-Charolles, 1992), appelés à être remplacés par des modalités grapho-phonologiques ou alphabétiques (Frith, 1986 ; Gombert, 1996). On associe, souvent de manière caricaturale, cette capacité logographique à certains types d'enseignement « qui prennent la lecture pour une tâche de mémorisation visuelle » (Stuart & Coltheart, 1988). Pourtant, elles semblent nécessairement à l'œuvre dans la reconnaissance par la vue périphérique, capacité « mathématiquement » indissociable d'une lecture experte.

Enfin, les recherches menées par Kennedy lui font considérer que les effets des zones parafovéales sur les zones fovéales, observés dans les différents travaux expérimentaux, sont incompatibles avec les modèles de lecture dans lesquels l'attention se déplace séquentiellement d'un mot à l'autre. Les données obtenues sont plus congruentes avec l'idée que les processus fovéaux et parfovéaux ont lieu en parallèle sur une région du texte plus large qu'un mot (Kennedy, 2000).

## ■ Quelques travaux en ophtalmologie

Le laboratoire de recherche sur la vision de l'Université du Minnesota a entrepris des études pour comprendre les conséquences, sur la lecture, de la perte ou de la diminution du champ visuel. Ces travaux retiennent l'attention, tant il apparaît que l'ensemble de l'œil participe à la lecture, et pas seulement la fovéa. G. LEGGE et son équipe ont développé un modèle informatique d'observation et de simulation de la lecture, nommé M. Chips. Ils ont évalué les performances en lecture de M. Chips en fonction de la taille de l'empan visuel, c'est-à-dire du nombre (N) de caractères

adjacents qui pouvaient être reconnus. La tâche de M. Chips était de se mouvoir dans un texte en un nombre minimum de saccades, tout en identifiant tous les mots. Deux sources d'informations étaient disponibles :

- Des données visuelles, N lettres identifiables clairement ; plus des données périphériques de moindre résolution, qui présentaient les lettres par des \* et les espaces par des signes (\_). Un peu comme des données de bas niveau...
- Des données lexicales, les mots possibles et leur fréquence. Un peu comme des données de haut niveau...

Les distributions des saccades oculaires furent mesurées pour des empan visuels variant de 1 à 11 lettres.

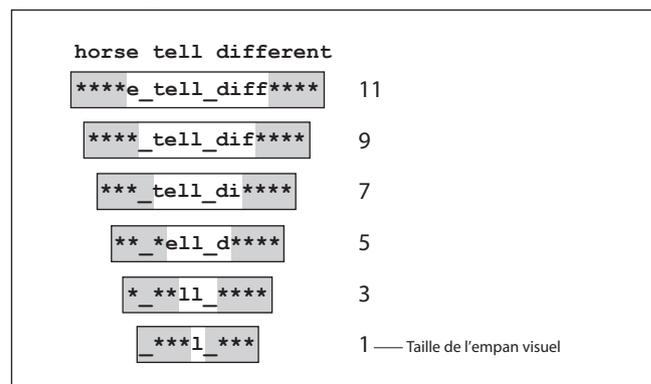


Fig.3 - Étude du champ visuel. Les croix représentent le masquage des lettres

Les deux schémas suivants montrent l'effet de la perte d'information due à une amputation d'une partie périphérique du champ visuel par comparaison avec un champ non perturbé.

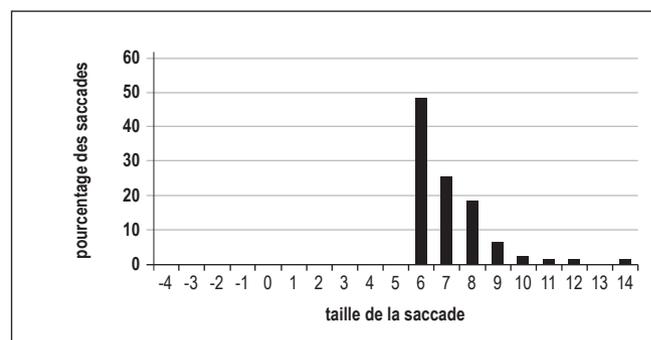


Fig. 4 - Saccades oculaires sans perturbation du champ visuel

La figure 4 montre la distribution des saccades oculaires quand le lecteur n'est pas perturbé par des masques. On remarque qu'il n'y a pas de retour en arrière et que la taille des saccades atteint 13 signes

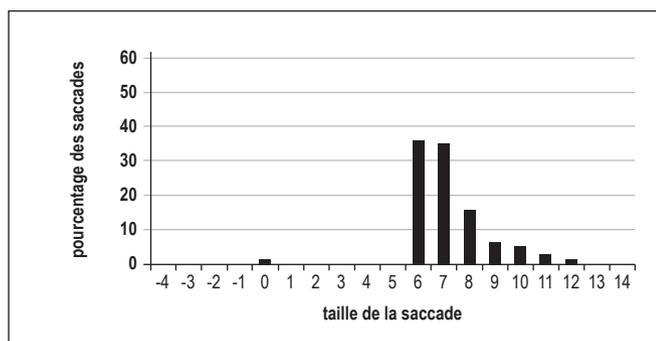


Fig. 5 - Saccades oculaires après retrait du champ visuel gauche

En figure 5, on a retiré le champ gauche. On remarque une légère diminution de la taille moyenne des saccades.

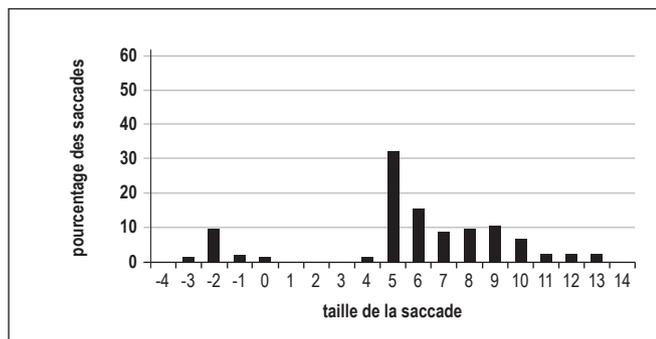


Fig. 6 - Saccades oculaires après retrait du champ visuel droit

La suppression du champ périphérique droit cause une sévère diminution de la taille moyenne des saccades, un plus grand nombre de régressions et une plus grande variabilité de la taille moyenne des saccades.

Ainsi, si la vision d'un empan de texte se limite à la zone centrale du champ visuel, les performances diminuent sensiblement et les mouvements des yeux deviennent erratiques (on constate un grand éparpillement des saccades). Les informations données par les zones périphériques jouent donc un rôle déterminant dans la fluidité de la lecture.

## ■ La saccade oculaire

### 1) Généralités

Il est régulièrement fait état de l'étude des saccades oculaires dans la lecture. Mais ce phénomène fait aussi l'objet d'études physiologiques ; on l'observe dans les différentes aires corticales et dans le cerveau profond. Son étude est d'une trop grande complexité pour être véritablement traitée ici, néanmoins nous allons rappeler quelques bases.

Le mécanisme neuronal de production des saccades est contrôlé au moins autant par des neurones excitateurs que par des neurones inhibiteurs. Ainsi, « la décision de faire un mouvement des yeux, accompagné ou non d'un mouvement de la tête est prise à travers une hiérarchie de mécanismes parallèles excitateurs et inhibiteurs » (Berthoz & Petit, 1996). Il semble que l'évolution ait amené dans le cerveau des primates un bien plus grand nombre de mécanismes inhibiteurs, ce qui a été utilisé pour « bloquer l'exécution d'un mouvement, de façon à permettre la simulation interne des mouvements planifiés et à tester de façon endogène ses conséquences potentielles » (Berthoz & Petit, 1996). Ces inhibitions permettent de faire des prédictions et de « sélectionner les stratégies motrices ». De plus, quelques données montrent même, dans certaines conditions, une capacité du cerveau à anticiper déjà sur la saccade qui suivra la saccade à venir.

Ce qui est important, c'est cette capacité du cerveau à simuler les actions à effectuer, dont les saccades oculaires, et à les piloter en fonction du résultat qu'il pense en obtenir. On n'est plus du tout dans une conception mécanique de la saccade, comme une suite de mouvements servant à accumuler de l'information, on est bien dans un mouvement dont les conséquences ont déjà été anticipées. La perception n'est plus seulement préparatoire à l'action, c'est d'abord l'action qui définit la perception dont elle a besoin. Berthoz a résumé ce nouveau modèle en écrivant que « le cerveau n'est pas une machine réactive, c'est une machine proactive qui projette sur le monde ses interrogations » (Berthoz & Petit, 1996).

### 2) Où fixer et quand partir ?

Un important domaine de recherche s'est développé depuis deux ou trois décennies concernant l'étude des mouvements des yeux chez les lecteurs experts (Rayner, 1998). La question qui sous-tend nombre de travaux est de distinguer, pour mieux en comprendre leur relation, le moment

du déclenchement du mouvement des yeux et l'endroit où ils vont se poser. De nombreux travaux empiriques laissent envisager une relative indépendance entre le « quand » et le « où » (Rayner, Sereno, & Raney, 1996; Rayner, Fischer, & Pollatsek, 1998). La décision sur le moment auquel déclencher la saccade semble être principalement due à des contraintes cognitives, telles que la complexité du matériau linguistique à traiter pendant la fixation, alors que celle de l'endroit où la prochaine fixation doit se situer semble être influencée par des informations de bas-niveau, telles que l'environnement visuel perçu par la vision parafovéale.

Pour ce qui est de la durée de la fixation, deux grands phénomènes peuvent être signalés :

- À taille égale, les lecteurs font des fixations plus longues sur les mots rares que sur les mots fréquents (Hyönä & Olson, 1995 ; Inhoff & Rayner, 1986 ; Rayner & Duffy, 1986 ; Vitu, 1991).
- Les mots contextuellement imprévisibles sont le siège de plus longues fixations que les mots anticipables (Ehrlich & Rayner, 1981 ; Balota, Pollatsek, & Rayner, 1985 ; Schustack, Ehrlich, & Rayner, 1987 ; Rayner & Well, 1996).

Quant à la décision de l'impact de la prochaine fixation, une observation de la littérature révèle l'importance du contexte visuel de la fixation en cours, traitée par l'intermédiaire de la vision parafovéale. On peut relater deux grands types d'observations :

- Quand on enlève les espaces entre les mots, les saccades oculaires des lecteurs sont plus courtes (Pollatsek & Rayner, 1982 ; Morris, Rayner, & Pollatsek, 1990 ; Rayner et al., 1998).
- La longueur du mot situé à droite de la fixation influence le lieu où les yeux vont se poser sur lui, donc la taille de la saccade (O'Regan, 1979 ; O'Regan & Jacobs, 1992 ; O'Regan, 1992 ; Rayner & Pollatsek, 1989). Cette position d'arrivée est quasi systématique et se situe entre le début et le milieu du mot (McConkie, Kerr, Reddix, & Zola, 1988 ; O'Regan & Jacobs, 1992 ; O'Regan, 1992 ; Rayner, 1979 ; Vitu, O'Regan, & Mittau, 1990 ; Vitu, O'Regan, Inhoff, & Topolski, 1995). Elle a été nommée position préférée du regard (Rayner, 1979). Notons cependant que cette position est une moyenne et que, par exemple, environ 10% des points de fixations sont des espaces.

Ce champ de recherche n'est pas homogène : il oppose deux conceptions du fonctionnement de la saccade oculaire. Leurs divergences reposent avant tout sur la définition des contraintes qui commandent aux saccades. Pour la première, ce serait des contraintes purement oculomotrices et visuo-spatiales qui présideraient aux saccades, tandis que pour la seconde, différentes contraintes les affectent, comme, par exemple, le contexte linguistique dans lequel se trouve le lecteur. En fonction des protocoles expérimentaux, les recherches sont susceptibles d'apporter des résultats opposés sur des tâches similaires. En comparant les caractéristiques des mouvements des yeux selon qu'on est en lecture normale ou en recherche dans du texte modifié (remplacement de lettres) ou encore en simple recherche visuelle (rechercher une lettre dans un texte), deux conclusions très différentes sont apportées :

- L'équipe de Françoise Vitu observe que les caractéristiques générales du mouvement des yeux, comme la taille des saccades et la durée des fixations ne varient quasiment pas d'une condition expérimentale à une autre. Idem pour les caractéristiques plus locales tel que le taux de mots sautés, la zone d'arrivée dans les mots, la probabilité et la position des re-fixations. Elle en conclut que les yeux sont capables de générer une stratégie de recherche indépendante des informations à traiter (des informations linguistiques) et généralise en postulant que ces stratégies purement oculomotrices seraient à la base des mouvements des yeux dans la lecture (Vitu et al., 1995).
- Rayner ajoute dans son protocole expérimental la prise en compte de la fréquence du mot fixé. À l'inverse de Vitu, il observe qu'en situation normale de lecture, les temps de fixations sont plus courts, les saccades plus amples, les sauts moins fréquents et les re-fixations (les retours en arrière) plus fréquentes. Cette différence de fréquence affecte la durée de fixation du mot cible pendant la lecture, mais pas pendant les recherches. Il en conclut que, contrairement aux observations apportées par Vitu, les mouvements des yeux ne seraient pas guidés par une stratégie globale et une tactique locale mais par la réponse immédiate aux contraintes locales (Rayner & Fischer, 1996).

## ■ Une fixation par mot ?

La plupart des expériences citées s'intéressent à la reconnaissance de mots isolés, dans des dispositifs expérimentaux nécessairement réducteurs. Il importe pour ces recherches que l'œil fasse une fixation sur chacun des mots présentés. Affirmer avec Gombert, maintenant que l'on sait enregistrer des mouvements extrêmement rapides, que l'œil se pose pratiquement sur tous les mots du texte (Gombert, 1996) est donc une extrapolation audacieuse des travaux de recherche en cours. Ces travaux sont à examiner avec attention.

Tout d'abord, on sait que le pourcentage de mots courts sautés (en situation de lecture de textes) dans la vision fovéale est relativement élevé.

| Taille des mots             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7-10 |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|------|
| Pourcentages de mots sautés | 75 | 58 | 42 | 35 | 20 | 10   |

Tableau 1 - Pourcentages de mots sautés en fonction de leur taille. D'après (Vitu et al., 1995)

Le tableau précédent montre que si les mots courts (souvent fonctionnels) sont très fréquemment sautés, les mots de plus de 4 lettres, pour la plupart à contenu sémantique, présentent un pourcentage de non-fixation encore important. Qui plus est, bien peu de ces observations intègrent la « *vitesse de compréhension* » du lecteur. Il semble toutefois qu'un accord existe sur la durée des deux événements repérables : en moyenne, 250 millièmes de seconde pour une fixation et 50 ms pour une saccade de déplacement (Vitu et al., 1990). Si on tient compte des retours en arrière et des passages à la ligne, on peut considérer qu'il y a, lors d'une lecture libre, environ 13 000 paires fixation+déplacement à l'heure. S'il était exact que chaque mot donne « *pratiquement* » lieu à une fixation, on ne dépasserait pas une vitesse de lecture de 13 000 mots/heure, à comparer à la vitesse de la parole ou à rapporter aux conditions expérimentales (par exemple en auto présentation segmentée, mot à mot). Pour autant, les bons lecteurs, sans recourir à « *l'écrémage* »<sup>3</sup>, comprennent aisément un texte ordinaire à plus de 20 000 mots/heure, donc en lecture intégrale. Il semble impossible d'affirmer aujourd'hui que l'œil s'arrête sur tous les mots.

Bien au contraire, une recherche conduite dès 1991 à l'INSERM U305 de Toulouse sur la coordination binoculaire

chez de jeunes lecteurs apporte des précisions complémentaires. Ces chercheurs tiennent notamment compte de la vitesse de lecture des sujets. « *L'amplitude de la saccade de progression détermine la plage de lecture. Plus celle-ci est étendue, plus le nombre de fixations est réduit et plus la lecture est rapide. Les lecteurs lents (vitesse de lecture inférieure à 9000 mots/heure) font des saccades de progression de faible amplitude par rapport aux lecteurs rapides (2°39' contre 4°23').* » Cette amplitude est donnée ici en degrés d'arc mesurant l'angle visuel. Dans leur protocole de recherche, une ligne de texte est vue sous un angle de 21°10' et, par exemple, le mot « les » affiché à l'écran est vu sous un angle de 1°08'. Si une saccade moyenne chez un lecteur lent (2°39') dépasse déjà la longueur moyenne d'un mot (entre 5 et 6 caractères en français), c'est déjà plus du double chez un enfant de 10 ans, bon lecteur, soit en moyenne 3 mots, ce qui ne signifie pas non plus une amplitude régulière et mécanique des empans mais invalide complètement l'existence d'une fixation sur chacun des mots. Notons que les meilleurs lecteurs que nous avons pu observer lisaient à des vitesses voisines de 60 000 mots/heure, soit environ 100 signes par seconde. À cette vitesse-là, ils utilisent des empans moyens de 25 signes soit environ 6 mots. De ce rapide calcul, nous pourrions déduire que la taille de l'empan de lecture pour un lecteur véritablement expert est d'environ 10°, soit approximativement la moitié d'une ligne (Pugh, Bassou, Granié, & Morucci, 1991).

Le recrutement, par les laboratoires de recherche, des sujets d'expérience se fait, le plus souvent, parmi les étudiants de l'université, sans jamais mesurer leur performance en lecture. Nos propres observations, portant sur des populations de professeurs, montrent une vitesse moyenne de lecture de l'ordre de 12 000 mots par heure. Il est donc probable que les études de psychologie ne tiennent pas assez compte de ce qui se passe ordinairement chez un lecteur expert en situation réelle de lecture. Si l'empan de lecture augmente de façon aussi considérable, peut-on alors se dispenser de s'interroger sur les performances intrinsèques de l'œil ? Nous verrons un peu plus loin que l'examen des « *experts perceptifs* » enrichit notre propre connaissance de la perception.

<sup>3</sup> Technique de lecture rapide qui consiste à prélever des informations dans un texte par survol ou « *lecture en diagonale* ».

## ■ La zone de traitement de la forme des mots

Depuis quelques années, l'équipe française de l'INSERM U334 s'efforce de préciser le rôle et la fonction d'une petite zone cérébrale qu'elle a nommée la Zone de Traitement de la Forme des Mots<sup>4</sup> (ZTMF). Quelques articles publiés précisent sa spatialité et son fonctionnement présumé (Cohen et al., 2000; Cohen et al., 2002; Dehaene, Le Clec'H, Poline, Le Bihan, & Cohen, 2002). Pour la neurologie, discipline scientifique des auteurs, il est important de déterminer avec exactitude la géographie de l'aire cérébrale concernée, ainsi que la temporalité de son activité. La zone concernée semble s'activer de manière ultra rapide après le stimulus visuel. Les auteurs ont montré que cette zone s'activait chez tous les adultes lettrés en réponse à la présentation visuelle de mots quelle que soit leur localisation sur la rétine et quelles que soient la typographie, la couleur ou la casse (majuscule vs. minuscule) utilisées. Les auteurs rapportent que cette zone semble être lésée chez les patients souffrant d'alexie pure, c'est-à-dire incapables de lire des mots, mais capables de les écrire et de les comprendre oralement.

Les expériences menées conduisent les auteurs à envisager que cette zone cérébrale est engagée au début de l'activation du réseau neuronal à l'œuvre dans le processus de lecture. Son rôle se situe juste après celui des aires visuelles et juste avant les aires plus spécifiquement engagées dans les traitements syntaxiques et/ou sémantiques. Les auteurs postulent que cette zone cérébrale a pour fonction principale de construire une représentation pré-lexicale des chaînes de caractères et de décider si cette chaîne respecte les règles orthographiques ou si elle n'est qu'une simple suite de lettres inorganisées (par rapport aux configurations réelles de lettres dans la langue du lecteur). Il est utile de préciser le protocole expérimental des auteurs : le sujet doit fixer un point central et le mot apparaît soit à gauche, soit à droite de ce point de fixation. Quand le mot est présenté à gauche du point de fixation, les lettres qui en sont le plus éloignées font un angle de 6° par rapport au centre, alors que les lettres les plus proches ne font qu'un angle de 2°. Si on se rapporte à la figure 2 du présent chapitre, on voit que les informations présentes à 6° du point de fixation sont déjà très dégradées (seulement 30% de la vision nette) ; on se

trouve assurément en vision parafovéale. Ce qui revient à dire que la ZTMF traite des informations qui proviennent à la fois des zones fovéales et parafovéales<sup>5</sup>, et que c'est à partir de l'une et de l'autre zone qu'elle prendra sa décision sur l'existence orthographique de la chaîne projetée.

Une question, épistémologiquement intéressante, se pose quant à l'émergence de cette zone et qui renvoie à l'innéité des processus langagiers. Comment se fait-il qu'une zone se soit spécialisée dans le traitement de la forme des mots écrits alors que, d'une part l'invention de l'écriture n'est qu'une conquête récente de l'humanité et que, d'autre part, sa maîtrise ne se manifeste pas avant quelques années chez le jeune enfant ? Les auteurs n'en sont encore qu'au stade des hypothèses et des analogies avec d'autres processus, mais il semble déjà que cette région est particulièrement sensible à la topologie des inputs visuels, à leur forme générale : sa position spécifique à l'intersection des zones visuelles et des zones du langage lui confère sa spécificité.

## ■ Les experts en perception visuelle

Il est intéressant de s'arrêter un instant sur le cas des « experts » dans des activités de perception, c'est-à-dire sur des personnes capables de percevoir ce que des novices ne remarquent pas : ce sont les observateurs des oiseaux, les radiologistes, les experts dans l'interprétation des photos aériennes, certains sportifs, les champions d'échecs, les aviateurs, etc<sup>6</sup>. On ne sait pas grand chose sur les mécanismes de perception mis en place par ces experts, même si ce qui les caractérise, c'est d'être très rapides, et très précis et, le plus souvent, de manière totalement inconsciente. Quand on leur demande comment ils procèdent, on obtient des réponses évasives, où il semblerait qu'il suffise d'ouvrir les yeux et de regarder. Néanmoins, les rares recherches disponibles suggèrent que les experts auraient appris à combiner ce vers où (et quoi) il faut diriger l'attention avec la connaissance des différents facteurs qui caractérisent la tâche perceptive à mener (Haber, 1966).

<sup>4</sup> Visual Word Form Area

<sup>5</sup> Ce qui est tout à fait congruent avec le fait que la ZTMF se situe après les aires visuelles.

<sup>6</sup> L'essentiel de cette partie est issu de la revue de la littérature faite en 1999 par (Pylyshyn, 1999)

À l'appui de cette hypothèse, les travaux de Chase et Simon montrent que ce qui transparaît chez un maître des échecs à la fois comme une analyse visuelle ultra-rapide des positions et une mémoire prodigieuse des situations ne se manifestait jamais quand les pièces étaient placées au hasard sur l'échiquier (Chase & Simon, 1973 ; Gobet & Simon, 1998). Pour ces auteurs, tout se passe comme si les champions d'échecs avaient appris un répertoire très large de patrons d'échiquier qui leur permet de classer et d'encoder tout nouvel échiquier, à partir du moment où ils respectent les règles de classification. Ce qui est donc particulier dans la vision experte des champions d'échecs, c'est ce système de classification qu'ils ont construit, qui leur permet de reconnaître instantanément tout nouvel échiquier comme plausible et de le mémoriser (probablement en l'intégrant au système de classification).

L'observation de certains sportifs de haut niveau offre aussi l'occasion d'étudier la perception visuelle experte. Il est banal de rappeler qu'une perception rapide et une réaction adaptée sont gages de réussite. Cependant, bien peu de travaux ont envisagé d'observer un grand nombre d'experts pour en extraire une généralisation des processus de traitement rapide de l'information (Starkes, Allard, Lindley, & O'Reilly, 1994 ; Abernethy, Neil, & Koning, 1994). Dans la plupart des cas, l'étude des différences entre novices et experts reste confinée dans des domaines spécifiques où les experts excellent. Malgré tout, on attribue généralement l'expertise à l'habileté d'anticiper les éléments clés de l'activité. Cette anticipation est basée sur l'observation des gestes de l'adversaire qui, à l'intérieur d'un cadre connu par l'expert, doivent orienter la balle de tel ou tel côté (par exemple pour la trajectoire du coup droit au tennis) (Abernethy, 1991). L'expertise visuelle en sport, comme l'expertise du joueur d'échecs, semble reposer en fait sur une expertise non-visuelle pour prévoir, attendre et identifier les seuls événements significatifs. Il s'agit donc d'une capacité acquise à orienter son attention (Nougier, Ripoll, & Stein, 1989 ; Castiello & Umilta, 1992b ; Castiello & Umilta, 1992a ; Greenfield, deWinstanley, Kilpatrick, & Kaye, 1994). Notamment, les travaux de Castiello précisent que les athlètes de haut niveau sont capables de séparer des cibles et de les manipuler simultanément dans des hémisphères séparés. Cet aspect de la

perception visuelle (plurimodale ou unimodale) est l'enjeu de différents travaux contradictoires (McCormick, Klein, & Johnston, 1998) ; cependant, même dans le cas où on suppose que l'attention ne se situe que dans un seul hémisphère, il semble maintenant avéré que le cerveau est susceptible de traiter simultanément l'information de manière très performante dans au moins deux espaces différents.

Le niveau perceptif d'un expert diffère souvent de celui d'un novice par le fait que l'expert a appris où se situaient les informations critiques dans le patron général des stimulus. Dans ces conditions, l'expert peut diriger son attention sur les lieux ou les événements critiques. Biederman & Shiffrar ont réalisé une étude sur les personnes classant les jeunes poulets âgés de quelques jours selon leur sexe. Cette classification semble particulièrement difficile, tellement difficile d'ailleurs qu'il faut des années d'entraînement (consistant à répéter les essais) pour devenir un de ces rares experts. En les étudiant soigneusement, les auteurs ont trouvé que ce qui les distingue, c'est l'habileté qu'ils manifestent concernant d'une part le lieu de la fixation oculaire et d'autre part les éléments saillants qu'ils recherchent. La plupart des experts ne sont en rien conscients de ce qu'ils ont appris durant les années d'entraînement. Biederman et Shiffrar ont montré qu'en disant aux novices où se situaient les informations décisives pour leur activité de différenciation, on leur faisait gagner beaucoup de temps vers l'expertise (Biederman & Shiffrar, 1987). Ce que les experts ont appris tacitement par l'expérience et que les novices ont plus rapidement maîtrisé par la transmission des quelques éléments topiques, c'est comment amener le système visuel à la position spatiale exacte et quel type d'informations doit être encodé, ces deux aspects se trouvant en dehors du système visuel lui-même.

---

## ■ Apprentissage perceptif

Il existe une littérature assez abondante sur cette notion d'apprentissage perceptif. Dans une revue de la question, Goldstone caractérise cette notion par les changements à long terme d'un système perceptif, ce qui lui permet d'augmenter la qualité de ses réponses à l'environnement (Gold-

tone, 1998). Quatre grands mécanismes sous-tendent cet apprentissage perceptif, qui améliorent la perception à l'intérieur d'une tâche :

1. Une plus grande attention apportée aux formes discriminantes.
2. Un développement de récepteurs sensoriels spécialisés dans des sous-partie du stimulus.
3. Une capacité à séparer psychologiquement des stimuli jusqu'alors indistinguables.
4. Une habileté à détecter une construction unique représentant une configuration complexe, en lieu et place d'une multitude de parties juxtaposées.

Dans les expériences menées sur l'expertise visuelle spatiale (Poggio, Fahle, & Edelman, 1992 ; Fahle, Edelman, & Poggio, 1995), l'observation de l'apprentissage perceptif<sup>7</sup> montre qu'il ne nécessite que relativement peu d'essais pour être opérationnel. Cependant, les effets de l'apprentissage ne se transfèrent pas entre différentes tâches requérant de l'hyperacuité visuelle.

Dans une tâche visuelle de détection de certaines figures (par exemple de courtes barres obliques dans un environnement de barres verticales), on mesure la précision, la vitesse et l'insensibilité à la distraction. Ahissar et Hochstein ont étudié l'amélioration par l'entraînement de cette pratique. Comme souvent, ils constatent l'amélioration par la pratique, mais ce qui semble important, c'est que l'amélioration ne se produit que lorsque l'ensemble de la tâche est entraîné, lorsque le rapport entre les cibles est possible : si on entraîne séparément à la détection de deux formes (donc indépendamment de la discrimination de l'une avec l'autre), on n'observe que peu d'amélioration dans la tâche de départ. Même pour des tâches qui pourraient paraître ne nécessiter que peu de charges cognitives, ces observations confirment le rôle primordial joué par le modèle dans lequel s'intègrent les observations : ce qu'on entraîne, c'est la détection « systémique » des modalités visuelles qui invalident ou corroborent les traitements cognitifs engagés.

## ■ Le traitement inconscient des informations visuelles

Différents domaines de recherches font plus ou moins explicitement appel au traitement inconscient des données visuelles pendant la lecture. On peut les regrouper en trois catégories :

- La 1<sup>ère</sup> travaille sur la simultanéité des informations perçues dans le champ visuel. On citera, parce qu'elle est spectaculaire, l'expérimentation menée par Andreewsky : on projette au tachyroscope des couples de mots espacés l'un de l'autre et suffisamment rapidement pour que le lecteur n'ait le temps d'en lire qu'un. On demande au sujet de dire à haute voix le mot vu. Parmi les couples de mots, on trouve, par exemple, [FILS, AIGUILLE] et [FILS, PERES]. Lorsque le mot vu est FILS, on observe s'il va être, de manière significative, prononcé [fil] ou [fis] en fonction de l'autre mot du couple (AIGUILLES ou PERE) qui, lui, n'a pas été vu, tout au moins dont le lecteur n'a pas conscience. (Andreewsky, 1980). Pour Andreewsky, l'accès au lexique est, dans ce cas, tributaire des propriétés sémantiques de mots non-identifiés consciemment. Ce traitement inconscient de différentes zones du champ visuel est tout à fait congruent avec ce que nous rappelions des experts au paragraphe précédent.

- Une 2<sup>ème</sup> catégorie d'expérimentation repose sur ce qu'on nomme la technique d'amorçage et qui a été utilisée très fréquemment pour l'étude des processus automatiques et inconscients. Le paradigme expérimental classique repose sur la présentation d'une chaîne de caractères en minuscule pendant un temps très court (environ 30-60 ms), suivie d'un masque (par exemple #####) suivie de la cible en majuscule. Ce qui permet de parler d'amorçage, c'est le temps d'identification plus court d'un mot quand l'amorce, pourtant non vue consciemment, entretient un rapport avec lui. L'effet maximum est obtenu quand la cible et l'amorce sont identiques, mais on observe également des effets quand le mot diffère d'une lettre ou avec des amorces faisant varier les aspects morphologiques des mots. La littérature est contradictoire sur le fait de savoir s'il existe des effets d'amorçages dans les épreuves de décision lexicale (décision sur l'appartenance de la chaîne présentée à

<sup>7</sup> Dans plusieurs tâches de discrimination spatiale, on observe que le système visuel humain est capable de traiter des relations spatiales avec une précision de l'ordre d'une fraction d'un diamètre de photorécepteur (Fahle et al., 1995)

l'ensemble des mots) et dans les épreuves de dénomination de mot (Bowers, Vigliocco, & Haan, 1998 ; Perea & Gotor, 1996 ; Perea & Gotor, 1997). Malgré tout, il semble qu'il existe un accès inconscient au lexique par les amorçages (Ferrand, Grainger, & Segui, 1994 ; Draine & Greenwald, 1998 ; Luck, Vohel, & Shapiro, 1996). Sereno montre comment une amorce sémantique peut aussi être activée par une phrase entière (Sereno & Rayner, 1992), et rappelle des études antérieures allant dans ce sens (Schuberth & Eimas, 1977).

● La 3<sup>ème</sup> catégorie de traitement inconscient se réfère à des expériences dont les premières publications sont encore récentes. Le propos n'est plus cette fois de préciser les modalités d'accès aux informations, mais de savoir si ces informations peuvent être manipulées de manière inconsciente. Les travaux récents de l'équipe de Stanilas Dehaene montrent que, non seulement, les informations peuvent être perçues inconsciemment et permettre un accès à d'autres informations, mais encore qu'elles sont susceptibles de servir de support à des manipulations, des constructions sémantiques inconscientes (Dehaene et al., 1998 ; Naccache & Dehaene, 2001). Ainsi, à partir de leur paradigme expérimental observant le rôle d'un amorçage sur la classification de nombres en deux ensembles (supérieur ou inférieur à 5), ils ont montré que plus l'amorce était numériquement proche de la cible, plus l'effet était fort, illustrant par-là non seulement un effet de proximité sémantique entre amorce et cible, mais aussi une nécessaire manipulation de l'amorce.

## ■ Conclusion

L'exposé de ces différents domaines de recherches illustre bien la complexité des processus qui sous-tendent la perception visuelle. Bien des entrées sont manifestement justifiées pour l'analyser et, pour chacune d'entre elles, un débat quant aux observations et à leurs analyses est en cours. Cependant, nous pouvons essayer d'extraire quelques idées forces qui aident à mieux comprendre les contraintes et les effets de ce système perceptif sur la lecture :

1. *L'information se prend à l'aide de deux zones : fovéale et parafovéale. Ces deux zones ont des caractéristiques différentes, la zone fovéale, réduite dans sa taille, apporte des informations très détaillées, alors que la zone parafovéale semble performante dans l'exploitation de zones floues, plus*

*en rapport avec les formes globales de mots sans distinction précise des lettres.*

2. *Dans le cas du traitement d'un matériau écrit, ces deux zones activent une petite zone cérébrale située avant les aires du langage, laquelle travaille la forme du mot et l'adéquation de la chaîne avec les règles de construction orthographique.*

3. *Sans information parafovéale, la lecture de phrases devient plus erratique, on observe davantage de retours en arrière, comme si les informations n'avaient pas de cadres où s'intégrer.*

4. *Les experts perceptifs sont le plus souvent inconscients des processus qui fondent leur expertise. Il semble qu'ils soient capables d'organiser les informations sur une grille interprétative construite par l'expérience. Elle leur permet également de savoir vers quels endroits diriger l'attention, voire les différents centres d'attention.*

5. *Cette expertise visuelle est susceptible de s'entraîner pour améliorer plus rapidement l'habileté des sujets.*

6. *La non-conscience observée chez les experts se retrouve dans des situations normales de lecture où le lecteur peut extraire de l'information d'inputs non perçus.*

Pour revenir quelque peu au propos général de ce travail sur le rôle de la syntaxe dans les processus de lecture, nous voudrions terminer par le rapide rappel des tous derniers travaux de Shapiro et Caramazza. Ils se demandent comment les connaissances sur les différentes catégories des mots sont stockées dans le cerveau et, surtout, comment le cerveau y accède (Shapiro & Caramazza, 2003). Reprenant de nombreux travaux de neuropsychologie, d'électrophysiologie et d'imagerie cérébrale, ils suggèrent que l'information sur la catégorie grammaticale des mots pourrait être représentée indépendamment de celle sur sa signification, et qu'elle serait associée au niveau du traitement de la forme des mots et des informations morphologiques. Dans ces conditions, si l'information sur la catégorie est située au niveau de la forme des mots, tout porte à croire qu'elle est perceptible par la vision parafovéale et, de ce fait, de manière inconsciente.

Nous voudrions également insister sur le fait que l'intention semble bien être la base de l'action. Les neurophysiologistes les plus avertis considèrent le cycle perception-action comme indissociable. « *L'exploration du monde visuel par un sujet serait définie par des schèmes anticipatoires définis comme des plans pour l'action perceptive.* » (Berthoz & Petit, 1996). Cette grande place accordée à l'anticipation semble bien souvent exclue des recherches sur la lecture, déconnectant ainsi la perception de toute anticipation.

Denis FOUCAMBERT ■■■

## Bibliographie

- Abernethy B.** (1991). Visual search strategies and decision-making in sport. Special issue : Information processing and decision making in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 189-210.
- Abernethy B., Neil R.J. & Koning P.** (1994). Visual-perceptual and cognitive differences between expert, intermediate and novice snooker players. *Applied Cognitive Psychology*, 8, 185-211.
- Adams M.** (1979). Models of word recognition. *Cognitive Psychology*, 11, 133-179.
- Andrewsky E.** (1980). Pathologie alexique. Les troubles de la lecture survenant chez les lecteurs confirmés. In *Cinq contributions pour comprendre la lecture* (pp. 73-83). Paris : AFL.
- Balota D.A., Pollatsek A. & Rayner K.** (1985). The interaction of contextual constraint and parafoveal visual information during reading. *Cognitive Psychology*, 17, 364-390.
- Berthoz A. & Petit L.** (1996). Les mouvements du regard : une affaire de saccades. *La Recherche*, 289, 58-65.
- Biederman I. & Shiffrar M.S.** (1987). Sexing day-old chicks : A case study and expert systems analysis of a difficult perceptual-learning task. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 13, 640-645.
- Bowers J.S., Vigliocco G. & Haan R.** (1998). Orthographic, phonological, and articulatory contributions to masked letter and word priming. *J.Exp.Psychol.Hum.Percept.Perform.*, 24, 1705-1719.
- Castiello U. & Umilta C.** (1992a). Orienting attention in volleyball players. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 301-310.
- Castiello, U. & Umilta, C.** (1992b). Splitting focal attention. *J.Exp.Psychol.Hum.Percept.Perform.*, 18, 837-848.
- Chase W.G. & Simon H.A.** (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 5, 55-81.
- Cohen L., Dehaene S., Naccache L., Lehericy S., Dehaene-Lambertz G., Henaff M.A. et al.** (2000). The visual word form area : spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123 (Pt 2), 291-307.
- Cohen L., Lehericy S., Chocron F., Lemer C., Rivaud S. & Dehaene S.** (2002). Language-specific tuning of visual cortex ? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain*, 125, 1054-1069.
- Dehaene S., Le Clec'H G., Poline J.B., Le Bihan D. & Cohen L.** (2002). The visual word form area : a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, 13, 321-325.
- Dehaene S., Naccache L., Le Clec'H G., Koechlin E., Mueller M., Dehaene-Lambertz G. et al.** (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597-600.
- Draine S.C. & Greenwald A.G.** (1998). Replicable unconscious semantic priming. *Journal of Experimental Psychology : General*, 127, 286-303.
- Ehrlich, S.F. & Rayner K.** (1981). Contextual effects on word perception and eye movements during reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 641-655.
- Fahle M., Edelman S. & Poggio T.** (1995). Fast perceptual learning in hyperacuity. *Vision Res.*, 35, 3003-3013.
- Ferrand L., Grainger J. & Segui J.** (1994). A study of masked form priming in picture and word naming. *Memory & Cognition*, 22, 431-441.
- Frith U.** (1986). A developmental framework for developmental dyslexia, 69-81, 1986. *Annals of Dyslexia*, 69-81.
- Gobet F. & Simon H.A.** (1998). Expert chess memory : revisiting the chunking hypothesis. *Memory*, 6, 225-255.
- Goldstone R.L.** (1998). Perceptual learning. *Annu.Rev.Psychol.*, 49, 585-612.
- Gombert J.E.** (1996). Les activités cognitives en œuvre dans la lecture et son acquisition. In *Illettrisme : Quels chemins vers l'écrit*. (Magnard ed., pp. 129-144).
- Greenfield P.M., deWinstanley P., Kilpatrick H. & Kaye D.** (1994). Action video games and informal education : effects on strategies for dividing visual attention. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15, 105-123.
- Haber R.N.** (1966). Nature of the effect of set on perception. *Psychol.Rev.*, 73, 335-351.
- Hyönä J. & Olson R.K.** (1995). Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers : effects of word length and word frequency. *J.Exp.Psychol.Learn.Mem.Cogn.*, 21, 1430-1440.
- Inhoff A.W.** (1989). Lexical access during eye fixations in reading : are word access codes used to integrate lexical information across interword fixations ? 28 : 444-461, 1989. *Journal of Memory and Language*, 28, 444-461.
- Inhoff A.W.** (1982). Parafoveal word perception : a further case against semantic preprocessing. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 8, 137-145.
- Inhoff A.W. & Rayner K.** (1986). Parafoveal word processing during eye fixations in reading : effects of word frequency. *Perception and Psychophysics*, 40, 431-439.
- Kennedy A.** (2000). Parafoveal processing in word recognition. *Q.J.Exp.Psychol.A*, 53, 429-455.
- Luck S.J., Vohel E.K. & Shapiro K.** (1996). Word meanings can be accessed but not reported during the attentional blink. *Nature*, 383, 616-618.
- McClelland J.L. & Rumelhart D. E.** (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception : I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- McConkie G.W., Kerr P.W., Reddix M.D. & Zola D.** (1988). Eye movement control during reading : I. The location of initial eye fixations in words. *Vision Research*, 28, 1107-1118.
- McCormick P.A., Klein R.M. & Johnston S.** (1998). Splitting versus sharing focal attention : comment on Castiello and Umilta (1992). *J.Exp.Psychol.Hum.Percept.Perform.*, 24, 350-357.
- Morris R.K., Rayner K. & Pollatsek A.** (1990). Eye movement guidance in reading : The role of parafoveal letter and space information. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 16, 501-509.
- Naccache L. & Dehaene S.** (2001). Unconscious semantic priming extends to novel unseen stimuli. *Cognition*, 80, 215-229.
- Nougier V., Ripoll H. & Stein J.-F.** (1989). Orienting of attention with highly skilled athletes. *International Journal of Sport Psychology*, 20, 205-223.
- O'Regan J.K.** (1979). Saccade size control in reading : Evidence for the linguistic control hypothesis. *Perception and Psychophysics*, 25, 501-509.
- O'Regan J.K.** (1992). Facteurs sensoriels et moteurs dans la lecture : la position optimale du regard. In P.Lecocq (Ed.), *La lecture. Processus, apprentissage, troubles*. (Lille : Presses universitaires de Lille).
- O'Regan J.K. & Jacobs A.M.** (1992). Optimal viewing position effect in word recognition : a challenge to current theory. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 18, 185-197.
- Perea M. & Gotor A.** (1996). Effects of masked repetition priming and orthographic neighborhood in visual recognition of words. *Percept.Mot.Skills*, 83, 179-186.
- Perea M. & Gotor A.** (1997). Associative and semantic priming effects occur at very short stimulus-onset asynchronies in lexical decision and naming. *Cognition*, 62, 223-240.
- Poggio T., Fahle M. & Edelman S.** (1992). Fast perceptual learning in visual hyperacuity. *Science*, 256, 1018-1021.
- Pollatsek A. & Rayner K.** (1982). Eye movement control in reading : the role of word boundaries. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 8, 817-833.
- Pugh A.K., Bassou L., Granié M. & Morucci J.-P.** (1991). Binocular Vision and Reading Performance. In F.Satow & B. Gatherer (Eds.), *Literacy without Frontiers* (pp. 182-190). Edinburgh : United Kingdom Reading Association.
- Pylshyn Z.** (1999). Is vision continuous with cognition ? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behav.Brain Sci.*, 22, 341-365.
- Rayner K.** (1979). Eye guidance in reading : Fixation locations in words. *Perceptions*, 8, 21-30.
- Rayner K.** (1984). Visual selection in reading picture perception and visual search : a tutorial review. In H.Bouma & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance*, X (pp. 67-96). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Rayner K.** (1998). Eye movements in reading and information processing : 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372-422.
- Rayner K. & Duffy S.A.** (1986). Lexical complexity and fixation times in reading : Effect of word frequency, verb complexity and lexical ambiguity. *Mem.Cognit.*, 14, 191-201.
- Rayner K. & Fischer M.H.** (1996). Mindless reading revisited : eye movements during reading and scanning are different. *Percept.Psychophys.*, 58, 734-747.
- Rayner K., Fischer M.H. & Pollatsek A.** (1998). Unspaced text interferes with both word identification and eye movement control. *Vision Research*, 38, 829-837.
- Rayner K. & Pollatsek A.** (1989). *The psychology of Reading*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- Rayner K., Sereno S.C. & Raney, G.E.** (1996). Eye movement control in reading : A comparison of two types of models. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 22, 1188-1200.
- Rayner K. & Well A.D.** (1996). Effect of contextual constraint on eye movements in reading : a further examination. *Psychon.Bull.Rev.*, 3, 504-509.
- Reichter G.M.** (1969). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, 274-280.
- Schuberth R.E. & Eimas P.D.** (1977). Effects of context on the classification of words and nonwords. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 3, 27-36.
- Schustack M.W., Ehrlich S.F. & Rayner K.** (1987). The complexity of contextual facilitation in reading : Local and global factors. *Journal of Memory and Language*, 26, 322-340.
- Sereno S.C. & Rayner K.** (1992). Fast priming during eye fixation in reading. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 18, 173-184.
- Shapiro K. & Caramazza A.** (2003). The representation of grammatical categories in the brain. *Trends Cogn Sci.*, 7, 201-206.
- Sprenger-Charolles L.** (1992). L'évolution des mécanismes d'identification des mots. In M.Fayol, J. E. Gombert, P. Lecoq, L. Sprenger-Charolles, & D. Zagar (Eds.), *Psychologie cognitive de la lecture*. (pp.141-194). Paris : PUF.
- Starkes J., Allard F., Lindley S. & O'Reilly K.** (1994). Abilities and skill in basketball. Special issue : expert-novice differences in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 25, 265.
- Stuart M. & Coltheart M.** (1988). Does reading develop in a sequence of stage ? *Cognition*, 30, 139-181.
- Taft M. & Forster K.I.** (1976). Lexical storage and retrieval of polymorphemic and polysyllabic words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 607-620.
- Vitu F.** (1991). The influence of parafoveal processing in linguistic context on the optimal landing position effect. *Percept.Psychophys.*, 50, 58-75.
- Vitu F., O'Regan J.K., Inhoff A.W. & Topolski R.** (1995). Mindless reading : eye-movement characteristics are similar in scanning letter strings and reading texts. *Percept.Psychophys.*, 57, 352-364.
- Vitu F., O'Regan J.K. & Mittau M.** (1990). Optimal landing position in reading isolated words and continuous text. *Perception and Psychophysics*, 47, 583-600.
- Zagar D.** (1992). L'approche cognitive de la lecture : de l'accès au lexique au calcul syntaxique. In M.Fayol, J. E. Gombert, P. Lecoq, L. Sprenger-Charolles, & D. Zagar (Eds.), *Psychologie cognitive de la lecture* (pp.15-72). Paris : PUF.