

In Rondal, J.A. & Seron, X. (1999).
Troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation.
Liège: Mardaga.

LA RECONNAISSANCE DES MOTS ÉCRITS

Alain Content^{1,2} & Ronald Peereman³

¹Laboratoire de Psychologie Expérimentale, Université libre de Bruxelles

²Laboratoire de Psycholinguistique Expérimentale, Université de Genève

³Laboratoire d'Étude de l'Apprentissage et du Développement, Université de Bourgogne, Dijon.

LA RECONNAISSANCE DES MOTS ÉCRITS	1
1. LES RELATIONS ENTRE LANGAGE ÉCRIT ET LANGAGE PARLÉ	3
2. LA PRISE D'INFORMATION VISUELLE ET LE COMPORTEMENT OCULOMOTEUR	6
2.1. <i>Les mouvements oculaires</i>	6
2.2. <i>Estimation de l'empan perceptif</i>	7
2.3. <i>Nature de l'information prélevée en parafovée</i>	9
2.4. <i>Le contrôle des mouvements oculaires</i>	10
3. LA RECONNAISSANCE DES MOTS	12
3.1. <i>Cadre général</i>	12
3.2. <i>L'accès aux codes orthographiques</i>	16
3.3. <i>L'accès à la prononciation</i>	29
3.4. <i>L'accès à la signification</i>	36
4. EN GUISE DE CONCLUSION...	37
5. RÉFÉRENCES	38

La psychologie cognitive se donne pour but de décrire les mécanismes de traitement de l'information qui fondent les habiletés intellectuelles. Pour des activités sophistiquées comme la lecture, l'approche cognitive impose une décomposition de l'habileté en composantes fonctionnelles. Par exemple, lire implique des processus de prise d'information visuelle, qui mettent en jeu la perception visuelle et le contrôle moteur (mouvements des yeux); des mécanismes de traitement linguistique, pour identifier les mots, analyser les phrases, extraire les structures syntaxiques et interpréter les messages; des habiletés de mémoire, pour accéder aux connaissances associées au thème, pour stocker et organiser les informations nouvelles; des capacités de raisonnement, pour sélectionner les données pertinentes, les intégrer aux connaissances existantes, ou inférer les éléments d'information qui ne sont pas explicites dans le texte.

A la fois dans le champ de la recherche et dans l'activité clinique, de plus en plus, les praticiens souscrivent à l'idée qu'une telle analyse fonctionnelle, accompagnée de la compréhension fine des mécanismes de chacune des composantes et de leurs relations, constitue le donné de base sur lequel il faut s'appuyer pour évaluer les troubles, les classer, choisir et élaborer des stratégies d'intervention. Par rapport aux traditions plus anciennes de la psychologie, fondées sur l'évaluation des performances et les tests d'aptitude (approche psychométrique et psychologie différentielle), l'intérêt a progressivement dépassé les questions strictement évaluatives (telle personne est-elle forte ou faible pour telle habileté?) pour se porter sur les aspects explicatifs (comment le sujet humain effectue-t-il telle ou telle tâche cognitive?).

En ce qui concerne le langage écrit, le développement de la psycholinguistique expérimentale à partir de 1960 environ a conduit à envisager de manière approfondie l'influence des déterminants langagiers dans l'explication des troubles de la lecture. Le livre édité par Kavanagh et Mattingly (1972), dont le titre ("Language by ear and by eye") est annonciateur de la perspective adoptée, a constitué le point de départ d'un courant de recherche, devenu dominant à l'heure actuelle, qui met l'accent sur les relations entre le langage écrit et le langage parlé, et envisage l'activité de lecture comme un aspect des processus de langage. Par ailleurs, les recherches sur la lecture et la reconnaissance des mots dans le cadre cognitif et psycholinguistique ont conduit à une sophistication des perspectives théoriques et des méthodes d'investigation expérimentale, accompagnée d'une réflexion méthodologique critique.

Les sections du chapitre correspondent aux composantes du traitement, dans l'ordre conventionnel allant de l'information sensorielle jusqu'à la reconnaissance des mots : prise d'information visuelle, accès au lexique, obtention de la prononciation et de la signification. Cette organisation séquentielle, indispensable pour l'exposition, ne

signifie pas que ces composantes correspondent à des étapes successives et indépendantes dans le traitement et nous tenterons de mettre en évidence les influences réciproques entre des niveaux de traitement.

Nous n'abordons pas dans ce chapitre les étapes ultérieures de la lecture qui concernent le traitement syntaxique, l'interprétation des phrases, et les stratégies de compréhension des textes. Ce choix, partiellement déterminé par des contraintes d'espace, correspond aussi à une répartition des tâches généralement admise dans le champ de la psycholinguistique : d'une part, le traitement lexical, pour lequel la modalité de stimulation joue un rôle essentiel (cf. Frauenfelder et Nguyen, ce volume); d'autre part, l'analyse syntaxique et la compréhension, domaines où il est courant d'englober indifféremment les données provenant de la modalité orale et de la modalité écrite. L'idée que le traitement syntaxique et sémantique est indépendant de la modalité est sans aucun doute une simplification grossière —les caractéristiques du discours oral et du discours écrit diffèrent clairement— mais cette simplification reflète selon nous l'état des connaissances dans le domaine, et comme on le verra, elle rend bien compte de la pathologie. Nous renvoyons le lecteur intéressé par ces aspects à Baccino et Colé (1995) et Fayol, Gombert, Lecocq, Sprenger-Charolles, et Zagar (1992) pour une introduction, à Denhière et Baudet (1992) ou Schelstraete (1993) pour les recherches chez l'adulte, et à Lecocq (1996a; 1996b) pour une approche du développement.

Une des originalités du courant de recherche sur la lecture qui apparaît au début des années 70 est la réflexion, impliquant des psychologues et des linguistes, sur la nature des systèmes d'écriture à travers le monde. Parmi les contributions qui en ont émergé, deux sont particulièrement importantes: l'idée que les écritures ne constituent pas des systèmes linguistiques autonomes mais représentent le langage parlé, et l'idée que les écritures alphabétiques constituent des transcriptions du langage parlé au niveau de la forme phonologique.

1. Les relations entre langage écrit et langage parlé

Pour reprendre une expression célèbre du psycholinguiste Alvin Liberman, "l'écriture parasite la parole". La notion peut sembler évidente, et elle n'est pas nouvelle. Elle était présente dès Aristote, qui écrivait dans *De Interpretatione*: "Les mots parlés sont les symboles ou signes des états ou impressions de l'âme; les mots écrits sont les signes des mots parlés". La même notion apparaît dans les écrits de linguistes comme Saussure et Bloomfield. La distinction entre les systèmes d'écriture, qui sont basés sur les langues, et les autres systèmes de communication visuelle ou graphique (par exemple, les signaux routiers) permet de clarifier ce qu'on entend par cette notion

de code secondaire ou parasite: les signes graphiques non-linguistiques représentent des messages, des contenus de pensée, qu'on peut éventuellement traduire par une multitude de formes linguistiques différentes. C'est d'ailleurs ce qui leur procure un caractère universel. Par contre, les écritures représentent directement des formes linguistiques, à partir desquelles on peut extraire un message, une signification, moyennant une connaissance des conventions lexicales et syntaxiques de la langue.

L'idée que les notations écrites constituent des transcriptions de la langue parlée conduit à établir une distinction entre les troubles spécifiques du langage écrit, qu'on serait logiquement conduit à localiser au niveau des opérations mentales nécessaires pour évoquer des représentations linguistiques à partir d'un stimulus visuel, et les troubles du langage qui se manifestent à la fois au niveau de l'écrit et de l'oral, et qu'on attribuerait donc aux composantes du traitement du langage communes aux différentes modalités. Cette caractérisation est bien confirmée par les observations actuelles (Cf. Valdois et de Partz, ce volume).

On considère en général qu'il existe trois types de systèmes d'écriture: les systèmes logographiques, syllabiques et alphabétiques. L'idée ancienne d'une évolution progressive des systèmes d'écriture à partir de représentations idéographiques perdant progressivement leur valeur figurative et culminant dans l'invention de l'alphabet est largement abandonnée à l'heure actuelle. Les travaux récents tendent au contraire à montrer que l'évolution des systèmes d'écriture est déterminée par les caractéristiques particulières des différentes langues, et par l'histoire des contacts de cultures.

Les systèmes logographiques sont basés sur un principe de correspondance entre les signes visuels et les mots ou les morphèmes de la langue. Un exemple actuel qui se rapproche de ce principe est le système d'écriture traditionnel du chinois. Les syllabaires sont des systèmes d'écritures dont les éléments graphiques correspondent aux syllabes. L'exemple traditionnellement cité est celui du japonais, qui intègre deux systèmes de notation syllabique, le Katakana et le Hiragana. Enfin, dans les systèmes d'écriture alphabétiques, le principe général est que chaque caractère correspond à un phonème. La plupart des orthographes modernes qui utilisent l'alphabet ne respectent que partiellement ce principe, pour diverses raisons liées à l'histoire sociale et politique des langues.

L'existence de divergences par rapport au principe de correspondance terme à terme entre la chaîne de caractères et les segments phonémiques a conduit certains auteurs à nier la validité de cette analyse. L'écrivain Georges Bernard Shaw, partisan de la réforme de l'orthographe anglaise, a fait remarquer que le mot "fish" aurait aussi bien pu s'écrire GHOTI, puisque GH se prononce parfois "f" (TOUGH), O peut se prononcer

“i” (comme dans WOMEN), et TI correspond parfois au phonème “sh” (Cf. NATION). Cette boutade est évidemment excessive, et à l’heure actuelle, la plupart des analyses linguistiques s’accordent sur l’idée que les notations alphabétiques se caractérisent par un degré important de systématisme dans les relations entre éléments graphiques et phonèmes, à condition de prendre un certain nombre de précautions dans l’analyse des correspondances:

- les éléments orthographiques peuvent être des lettres ou des groupes de lettres (ex. AU, EAU, PH, SS). On utilise souvent le terme de graphème en référence aux groupes de lettres qui correspondent à chacun des phonèmes (ex. : CH/AN/T/EU/R comporte cinq graphèmes). Cette particularité s’explique assez bien par l’histoire de la langue : l’alphabet nous vient du latin, qui comportait une vingtaine de lettres seulement; l’évolution du français parlé à partir du latin a conduit à différencier un nombre plus important de phonèmes pour lequel on a “inventé” des graphies en combinant plusieurs lettres, plutôt que de créer de nouveaux symboles.

- les correspondances sont partiellement déterminées par le contexte orthographique et la position dans le mot. Ainsi, par exemple GH en anglais ne correspond jamais à “f” sauf dans certains mots où il apparaît en position finale, et TI ne correspond à “sh” que dans certains groupes (-TION, -TIOUS) particuliers.

- certaines variations s’expliquent par les particularités de la prononciation de la langue : par exemple les deux premiers A de CANADA (“kaneda”) et CANADIAN (“kenédiun”) n’ont pas la même prononciation. Cela correspond à une règle générale de la prononciation de l’anglais, dans lequel les voyelles de syllabes non accentuées sont neutralisées et réduites.

- les correspondances entre la chaîne écrite et la langue parlée ne sont pas bi-univoques. Il faut donc distinguer l’évaluation de la systématisme des correspondances selon le sens dans lequel on l’envisage : de l’écrit à la parole, ou de la parole à l’écrit.

Ces précautions étant admises, il reste vrai que le degré de systématisme des correspondances varie selon les langues. Par exemple, les correspondances sont très régulières en Espagnol et en Italien, moins en Français et encore moins en Anglais. Dans une analyse quantitative récente comparant l’ensemble des mots monosyllabiques du français et de l’anglais, nous avons établi la liste des correspondances orthographe - prononciation pour les consonnes initiales, les voyelles et les consonnes finales (ex. CH >/S/, CH>/k/,...). Nous avons ensuite estimé la consistance de chaque correspondance en calculant le rapport entre le nombre de mots contenant la lettre ou le groupe de lettres avec la même prononciation et le nombre total de mots contenant la lettre ou le groupe

de lettres, quelle que soit sa prononciation. D'après cette analyse, en moyenne sur l'ensemble des mots monosyllabiques, la consistance des trois unités (groupe des consonnes initiales, voyelle et groupe de consonnes finales) était respectivement de .95, .94 et .97 en français. Pour l'anglais, les estimations correspondances étaient .95, .48 et .96, reflétant le fait connu que c'est particulièrement l'assignation d'une prononciation à la voyelle qui est variable en anglais (Peereman & Content, 1997). Le français apparaît donc extrêmement systématique du point de vue de la lecture. Sa "mauvaise réputation" est essentiellement due à l'ambiguïté de l'orthographe. L'évaluation de la consistance des correspondances phonèmes - orthographe donnait des résultats moins élevés : .99, .68 et .58, respectivement pour C₁, V et C₂ (Content & Peereman, en préparation). Prédire l'orthographe à partir de la forme parlée apparaît donc plus ardu que l'opération inverse (Cf. Zesiger, ce volume).

2. La prise d'information visuelle et le comportement oculomoteur

2.1. Les mouvements oculaires

La lecture commence avec la prise d'information visuelle. On sait depuis les premiers travaux d'Emile Javal, un ophtalmologue français, en 1878, que les mouvements des yeux sur la page ne sont pas continus, mais procèdent par saccades et fixations. La durée des fixations varie entre 150 ms et 500 ms. Les saccades sont des mouvements balistiques rapides (entre 20 et 35 msec), d'une amplitude de 7 à 9 caractères en moyenne, et on admet généralement qu'il n'y a pas de prise d'information durant la saccade. Il existe également des saccades régressives, qui constituent entre 10 et 15% des mouvements oculaires.

La plupart des mots de contenu sont effectivement fixés, et la plupart du temps les mots ne subissent qu'une seule fixation, bien que la durée des fixations, la longueur des saccades et le taux de régression varient avec le degré d'expertise et la difficulté des textes. Néanmoins même pour des textes faciles (articles de journaux, romans légers), la longueur des saccades est en moyenne de 9.2 caractères (Rayner & Pollatsek, 1989).

Les mouvements oculaires sont rendus nécessaires par les caractéristiques neuroanatomiques de l'œil et de la rétine. La fovéa, la zone de la rétine qui permet la discrimination la plus fine, a une étendue relativement limitée (deux degrés d'angle autour du point de fixation, soit environ 6-7 caractères à une distance normale de lecture, ou encore 4 cm à 1 m de distance). On appelle parafovéa la zone comprise entre un et cinq degrés d'angle de chaque côté du point de fixation. La zone périphérique

correspond à la partie la plus externe s'étendant de part et d'autre de la parafovéa. L'acuité visuelle décroît très rapidement au fur et à mesure qu'on s'écarte de la fovéa. Cette caractéristique est due à la distribution des deux types de cellules réceptrices, les cônes, présents en très grande concentration dans la fovéa, et les bâtonnets, présents de manière plus concentrée dans la zone parafovéale et périphérique. Les cônes sont responsables de la vision précise et de la vision des couleurs tandis que les bâtonnets permettent la détection des mouvements et la discrimination de brillance (ils jouent notamment un rôle important dans la vision de nuit). Les déplacements du point de fixation permettent donc de porter l'information visuelle dans la zone de la rétine où l'acuité est optimale. On peut facilement montrer que cette acuité est nécessaire pour la reconnaissance des lettres et des mots : si on présente des lettres à une distance croissante du point de fixation, la performance décroît très rapidement, pour atteindre le niveau du hasard (choix forcé entre deux lettres) pour une excentricité de 4 à 5 degrés.

Chez le lecteur normal, l'information est prélevée sur une ligne de texte à la fois. Comme on le verra, la prise d'information visuelle dans la lecture s'explique à la fois par les caractéristiques anatomo-physiologiques du système visuel, mais également par des processus perceptifs et attentionnels, dont certains aspects sont spécifiques au traitement de l'écriture. D'un point de vue pratique, les caractéristiques anatomiques de l'œil conduisent à mettre en doute le sérieux et la validité des méthodes d'entraînement à la lecture rapide, en tout cas lorsqu'elles prétendent permettre le balayage sélectif et rapide d'une page entière en quelques fixations.

2.2. Estimation de l'empan perceptif

Combien de caractères autour du point de fixation le lecteur moyen est-il capable de reconnaître au cours d'une fixation? On appelle empan perceptif l'étendue de texte à partir de laquelle de l'information utile peut être extraite en une fixation. L'empan perceptif dans la lecture est en général estimé en nombre de caractères, plutôt qu'en distances angulaires. On a montré que cette approximation était valide, l'empan en caractères étant peu modifié par les variations de distance ou de taille des caractères.

La technique principale actuelle d'estimation de l'empan perceptif est basée sur l'enregistrement des mouvements oculaires durant la lecture. Cette technique est peu intrusive puisque la tâche correspond à l'activité naturelle de lecture. Les participants lisent un texte présenté ligne par ligne sur un écran d'ordinateur, et répondent ensuite à des questions de compréhension. La mesure principale est le temps total de lecture (estimé en nombre de mots par minute). Le dispositif permet de contrôler à chaque instant la position du point de fixation sur la ligne, et de manipuler l'information

visuelle présentée en fonction de la position du regard. Dans la technique de la fenêtre mobile, introduite par McConkie et Rayner en 1975, la manipulation consiste à délimiter une zone d'une certaine étendue autour du point de fixation dans laquelle le texte est préservé, et à remplacer le restant de la ligne par des symboles ou des lettres au hasard. La modification de l'affichage s'effectue durant les saccades, de sorte que le lecteur n'en a pas conscience. L'idée sous-jacente à cette manipulation est que remplacer les lettres correctes par d'autres caractères ne devrait pas ralentir la lecture si l'information n'est normalement pas prélevée à l'emplacement des lettres modifiées. Avec cette technique, on observe qu'il n'y a aucun ralentissement de la lecture si la fenêtre s'étend sur 15 caractères à gauche et à droite du point de fixation. On peut donc conclure qu'aucune information au-delà de 15 caractères n'est enregistrée.

Dans des études ultérieures (Cf. Rayner & Pollatsek, 1989), les auteurs ont varié indépendamment les bornes gauche et droite de la fenêtre, et les résultats montrent une asymétrie. On observe que la vitesse de lecture normale est atteinte pour une fenêtre s'étendant de 4 caractères ou espacements à gauche et 15 environ à droite du point de fixation. En outre, il semble que les limites gauche et droite de l'empan sont déterminées par des caractéristiques différentes. En comparant des situations dans lesquelles l'étendue de la fenêtre est déterminée par le nombre de lettres visibles ou par le nombre de mots visibles, on a pu montrer que le facteur déterminant pour la limite à gauche est le début du mot en cours de fixation. A droite par contre, c'est le nombre de lettres visibles qui détermine la vitesse de lecture, et non pas les frontières de mots.

L'asymétrie de l'empan est liée aux caractéristiques de l'écriture : on a ainsi montré une asymétrie inverse pour la lecture en Hébreu, qui se lit de droite à gauche. De plus, avec des bilingues Anglais-Hébreu, le patron d'asymétrie semble varier systématiquement selon la langue utilisée; l'asymétrie est donc liée à des propriétés attentionnelles et perceptives du traitement, et non à des caractéristiques pré-cablées du système visuel.

En résumé, l'empan perceptif est la région de texte de laquelle de l'information utile est prélevée durant une fixation. Il s'étend jusqu'à un maximum d'environ 4 caractères à gauche du caractère fixé, et jusqu'à un maximum de 15 caractères vers la droite. Ces chiffres correspondent à un empan couvrant le mot en vision fovéale, ainsi que le mot ou les deux mots suivants. Il est déterminé à la fois par les caractéristiques anatomiques de l'œil et par l'orientation de l'attention visuelle.

2.3. Nature de l'information prélevée en parafovée

Le fait que l'empan perceptif est plus grand que la zone fovéale (environ 2°, soit 3-4 caractères de part et d'autre du point de fixation) implique que l'information parafovéale contribue à la perception. On peut se demander de quelle façon. Une autre technique inventée par Rayner, appelée technique de la frontière, permet d'examiner la nature de l'information extraite dans la zone parafovéale. La manipulation expérimentale consiste à remplacer un mot situé à une position critique de la ligne par une autre suite de lettres (amorce) tant que cette position critique n'est pas amenée en vision fovéale. Au moment où le regard croise une frontière (invisible) située quelques caractères avant la position critique, le stimulus correct est rétabli. On mesure le temps de fixation sur le mot situé à la position critique. Si une information est extraite de l'amorce en vision parafovéale, elle pourra conduire à un raccourcissement ou à un allongement de la fixation sur le mot critique.

Par exemple, Pollatsek, Rayner et Balota (1986) ont montré que les durées de fixations du mot à la position critique (exemple : "ribbon") sont allongées lorsque l'amorce est visuellement dissimilaire ("flouon"). Il n'y a par contre pas de différence sensible entre la condition où l'amorce est un nonmot visuellement similaire ("ribham") et la situation contrôle dans laquelle l'amorce est déjà le mot cible. D'autres études indiquent que cet effet de similarité visuelle n'est pas dû à l'utilisation d'indices sur la forme générale du mot en position parafovéale. Dans une étude plus ancienne et influente, McConkie et Zola (1979) ont utilisé des textes présentés en TyPoGrApHiE aLtErNéE, et ils ont comparé une situation dans laquelle la typographie s'inversait au passage de la frontière (TyPoGrApHiE ⇨ tYpOgRaPhIe) avec une situation où il n'y avait pas de changement. Les lecteurs ne détectaient pas le changement, et leur vitesse de lecture n'était pas affectée. Ces résultats démontrent que le bénéfice de l'amorce parafovéale ne peut pas être attribué à la forme générale des mots (contour, hampes) mais bien à l'identification des lettres.

En résumé, l'information utilisée lors d'une fixation concerne le mot sur lequel porte la fixation et, au moins lorsqu'il se trouve à une distance inférieure à une dizaine de caractères, le mot suivant. Une information partielle sur l'identité des lettres peut être extraite à partir de la zone parafovéale. Le traitement parafovéal explique également qu'une proportion non négligeable de mots courts (particulièrement des mots de fonction) ne fassent pas l'objet d'une fixation et soient sautés. Le bénéfice de la vision parafovéale est partiellement conditionné par le traitement du mot en cours. On a ainsi montré que le bénéfice parafovéal ne s'observait pas lorsque le mot sur laquelle porte la

fixation précédente présentait une difficulté, par exemple s'il s'agit d'un mot particulièrement rare (Henderson & Ferreira, 1990).

2.4. Le contrôle des mouvements oculaires

Comment le lecteur programme-t-il la longueur d'une saccade, et le moment de son déclenchement? On peut considérer trois conceptions générales du contrôle des mouvements oculaires. Une première possibilité est ce que Rayner & Pollatsek (1989) appellent le contrôle global. Le déclenchement des saccades serait conditionné par une "horloge" interne, et la longueur des fixations serait également pré-spécifiée. Dans ce cas, les degrés de liberté disponibles permettraient l'adaptation globale des paramètres, par exemple, en fonction de la difficulté du texte ou des intentions du lecteur; les variations locales seraient aléatoires. Un mécanisme supplémentaire devrait cependant être envisagé pour expliquer l'occurrence de régressions.

L'hypothèse opposée est la notion de contrôle direct. Dans ce cas, le déclenchement de la saccade est déterminé par le traitement du mot en cours de fixation, et la cible (spatiale) de la saccade est également calculée sur base de l'information extraite durant la fixation en cours. La notion de contrôle direct concorde avec le cadre théorique défendu par Frank Smith dans les années 70 (Smith, 1971). Selon cette conception le lecteur serait susceptible de choisir à chaque instant les indices qu'il va prélever en fonction de l'ensemble des informations (lexicales, syntaxiques, textuelles, et contextuelles) dont il dispose. Une conception radicale du contrôle direct a été défendue par Just & Carpenter (1980; 1987). Elle est basée sur deux hypothèses conjointes : l'hypothèse d'immédiateté, selon laquelle le lecteur essaye d'interpréter chaque mot plein et de l'intégrer immédiatement à la représentation syntaxique et sémantique de la phrase, et l'hypothèse de "dépendance œil-esprit", selon laquelle les mouvements oculaires ne sont lancés que lorsque tout le traitement du mot en cours de fixation est effectué. Selon ces hypothèses, les temps de fixation constitueraient une mesure directe du traitement —lexical et syntaxique— effectué.

Plusieurs arguments vont clairement à l'encontre de l'hypothèse d'un contrôle direct. L'influence de l'information parafovéale concernant le mot à droite de la fixation est démontrée par la technique de la frontière. Elle indique qu'une part du traitement porte sur l'information au-delà du mot fixé. En outre, l'existence d'effets de "débordement" montre que la difficulté liée à un mot peut se marquer non seulement sur la durée de la fixation portée sur ce mot, mais également sur la durée de la fixation suivante, ce qui laisse penser que le traitement du mot n'a pas été parachevé durant la fixation. Enfin, des expériences dans lesquelles on masque très brièvement le mot sur

lequel la saccade aboutit montrent une augmentation de la durée de la fixation qui dépend de la durée du masquage, ce qui suggère que le déclenchement de la saccade est partiellement déterminé par le traitement de l'information visuelle. Mais contrairement à ce que l'hypothèse de contrôle direct laisserait attendre, l'augmentation ne reflète pas fidèlement les variations de durée du masque.

Une troisième possibilité, que Rayner & Pollatsek (1989) appellent le contrôle cognitif, est intermédiaire entre ces deux extrêmes. Elle admet que les mouvements oculaires sont déterminés par le traitement de l'information extraite récemment du texte, mais pas nécessairement ni uniquement par l'information extraite lors de la fixation en cours. Par ailleurs, il reste, à l'intérieur de l'hypothèse de contrôle cognitif, à déterminer quel type d'indice détermine les variations. Un débat actuel important concerne la question de savoir dans quelle mesure le contrôle est lié aux caractéristiques visuelles de surface ou au contraire aux caractéristiques linguistiques de la stimulation.

On ne dispose pas actuellement de théories complètes pour expliquer les variations des mouvements oculaires (mais voir Reichle, Pollatsek, Fisher, & Rayner, 1998). Les données disponibles montrent cependant l'influence systématique de divers facteurs, qui indiquent l'existence d'un certain contrôle cognitif. Par rapport aux années 1970, on assiste à une reconnaissance progressive du contrôle cognitif: il semblait à l'époque inconcevable que le traitement du mot fixé soit suffisamment avancé au cours des 100 à 150 premières millisecondes pour influencer le déclenchement de la saccade. Cet argument est actuellement abandonné dans la mesure où il y a un large assentiment sur l'idée que les phases importantes de l'identification des mots se déroulent au cours de cette période. Par ailleurs il semble qu'il faille dissocier le contrôle de l'amplitude des saccades et celui de leur déclenchement.

Ainsi des études ont montré que la performance variait en fonction de la position du point de fixation par rapport à la suite de lettres. Typiquement, on observe une courbe en U, dans laquelle la position située environ au premier tiers du mot (appelée "Optimal Viewing Position") donne lieu aux fixations les plus brèves. L'amplitude des saccades est sensible à la longueur des mots. Ceci est appuyé notamment par l'observation que les fixations tombant sur un espace sont exceptionnelles. Il semble par contre moins clair que les variables linguistiques influencent la détermination de l'amplitude des saccades.

En ce qui concerne la durée des fixations, un argument qui indique une dépendance des mouvements oculaires vis-à-vis du traitement est l'observation que la durée des fixations augmente pour des mots de basse fréquence dans la langue. De plus, la durée des fixations varie également selon la fonction grammaticale des mots, et elle

est sensible à la présence d'une ambiguïté syntaxique ou sémantique (homographes). Enfin, la durée des fixations est également révélatrice des processus de traitement syntaxique: par exemple, les fixations sont sensibles à la distance dans le texte entre une référence anaphorique et son antécédent. L'influence systématique de caractéristiques lexicales et syntaxiques sur la durée de fixation appuie donc clairement l'hypothèse de contrôle cognitif partiel. Elle a conduit à faire de la mesure des mouvements oculaires la technique prédominante pour l'étude du traitement syntaxique.

3. La reconnaissance des mots

3.1. Cadre général

A chaque fixation, le lecteur enregistre des informations sensorielles détaillées pour une zone couvrant une dizaine de caractères. Si cette information inclut plus d'un mot, des mécanismes attentionnels permettent de focaliser le traitement sur un mot à la fois. La question centrale de cette section est de décrire les mécanismes par lesquels l'information visuelle enregistrée lors d'une fixation est interprétée et conduit à l'évocation de concepts et de connaissances.

3.1.1. La notion de lexique mental

On sait qu'une caractéristique fondamentale des langues naturelles est que la relation entre les formes linguistiques¹ et les concepts qu'elles désignent est arbitraire et conventionnelle. Le locuteur doit donc nécessairement conserver en mémoire un ensemble d'associations entre les caractéristiques formelles des mots et les concepts qu'ils dénotent. Linguistes et psycholinguistes utilisent le terme de lexique mental, pour désigner le système de mémoire qui fournit les formes langagières pour les concepts, et permet de retrouver les concepts à partir des formes langagières. La composante de la lecture qui nous intéresse à présent est donc le mécanisme d'accès lexical, qui permet de retrouver l'information en mémoire à partir du donné sensoriel².

¹ On utilise ici le terme de "forme" dans son acception générale (par opposition à "substance") pour désigner les propriétés physiques des signes linguistiques, et non pour désigner spécifiquement les caractéristiques visuelles (la silhouette).

² Les termes de "reconnaissance", "identification" et "accès lexical" sont donc ambigus puisqu'ils ne spécifient pas le *type* d'information atteint dans le système lexical. Comme on le verra, les perspectives actuelles envisagent généralement le traitement de manière parallèle, continue et graduelle, de sorte qu'il n'est pas possible de spécifier le moment précis d'identification des différentes informations.

On peut concevoir le lexique mental comme un stock d'associations mémorisées entre les caractéristiques sémantiques des concepts et les spécifications de la forme des mots correspondants. Pour le langage parlé, les spécifications de forme doivent permettre la reconnaissance du mot à travers les variations de prononciation, de débit, de caractéristiques vocales des locuteurs; elles sont donc nécessairement plus abstraites que le donné sensoriel (Cf. Frauenfelder et Nguyen, ce volume). Inversement, l'information lexicale doit aussi permettre de retrouver les spécifications nécessaires à la production du mot. On utilise le terme générique de représentation phonologique pour faire référence aux codes mentaux abstraits mis en œuvre pour reconnaître et produire les mots parlés.

La situation est un peu plus complexe pour le langage écrit. En effet deux types de mécanismes d'accès au lexique peuvent être envisagés, tout au moins pour des orthographes alphabétiques. Le premier suppose l'ajout au système lexical de représentations de la forme orthographique des mots, associées à la fois aux informations syntaxiques et sémantiques et aux représentations phonologiques correspondantes. Ces représentations orthographiques doivent logiquement être spécifiées sous une forme suffisamment abstraite pour en permettre la reconnaissance quelles que soient les caractéristiques particulières de typographie, taille, ou couleur. L'autre mécanisme consiste à tirer parti des régularités dans les correspondances entre la chaîne écrite et la chaîne parlée pour "calculer" une représentation phonologique qui permet d'accéder au lexique par un processus analogue à celui qui concerne la reconnaissance des mots parlés. L'hypothèse d'une médiation phonologique dans l'identification des mots écrits a polarisé une partie importante des débats sur le traitement lexical et constitue encore une des problématiques centrales de la recherche dans le domaine (Cf. Frost, 1998; Van Orden, Pennington, & Stone, 1990 pour discussion).

La fonction même du lexique est de mettre en relation toutes les informations relatives au mot —les caractéristiques morphologiques et syntaxiques, la signification, l'orthographe, la prononciation. Cette fonction peut être envisagée de différentes manières, dont la plus simple est un système formé de représentations orthographiques, phonologiques et syntaxico-sémantiques associées entre elles deux à deux. Cette conception triadique est probablement trop simple, mais nous l'adoptons dans le cadre du présent exposé. Elle supposerait par exemple que les mêmes représentations mentales abstraites soutiennent la reconnaissance des mots dans la lecture et leur production écrite. Or certaines observations provenant principalement de la littérature neuropsychologique suggèrent que des codes mentaux distincts pourraient intervenir pour la reconnaissance et la production.

3.1.2. Efficiencia y rapidez de l'accès lexical

Nous sommes capables de reconnaître une suite de lettres parmi un nombre énorme de mots possibles —de l'ordre de 50.000 à 100.000 pour un lecteur monolingue— et à travers des variations infinies de taille, de couleur, d'espacement et de forme. A l'introspection, cette opération semble simple et rapide. Comment peut-on estimer objectivement le temps nécessaire à l'accès au lexique?

Les mesures comportementales ne permettent pas des estimations précises du temps d'accès mais indiquent une borne supérieure. Toute tâche de lecture implique en effet des composantes supplémentaires de décision et d'exécution d'une réponse. Ainsi par exemple, dans la tâche de décision lexicale qui consiste à catégoriser des suites de lettres comme étant des mots ou non, les temps moyens sont de l'ordre de 600-700 millisecondes pour les réponses positives. Ce délai inclut non seulement l'accès à l'information lexicale, mais également la prise de décision et son exécution motrice.

Dans la tâche de dénomination de mots, le temps moyen entre l'affichage du stimulus à l'écran et le début de l'émission vocale est d'environ 500 millisecondes. Mais cette mesure est également une surestimation du temps nécessaire à évoquer mentalement le code phonologique, puisqu'elle inclut les étapes d'exécution de la réponse: obtention du programme moteur, envoi des commandes aux muscles, exécution motrice. Lorsque les participants ont eu un temps largement suffisant pour préparer mentalement la prononciation et doivent seulement lancer l'exécution suite à un signal de réponse, les temps sont encore d'environ 300 millisecondes. La différence entre dénomination directe et dénomination préparée, soit 200 msec, fournit probablement une estimation plus correcte du délai nécessaire pour évoquer mentalement la prononciation à partir du stimulus visuel. Reste cependant à déterminer si l'évocation de la prononciation précède ou suit l'accès au sens.

Les données provenant d'autres techniques convergent assez bien avec cette estimation. Ainsi des observations de potentiels évoqués sur des mots isolés montrent des différences dans les tracés liées à la classe grammaticale (mots de fonction versus mots de contenu) dès 200 msec environ. De même, la vitesse moyenne de lecture silencieuse d'un texte de difficulté moyenne, mesure qui inclut non seulement le traitement des mots mais aussi les processus d'analyse syntaxique, de compréhension et de mémorisation de l'information est de 300 mots par minute, soit 200 msec par mot en admettant pour simplifier que chaque mot est traité individuellement.

Malgré leurs limites et leur imprécision, ces différentes observations suggèrent qu'un lecteur habile est capable d'évoquer l'information lexicale en un laps de temps de l'ordre de deux dixièmes de seconde au maximum. Les opérations d'identification des

mots sont donc extrêmement rapides et automatisées. Le lecteur n'est pas conscient d'effectuer une série complexe d'opérations mentales, il ne contrôle pas volontairement ces opérations, et ces opérations mobilisent très peu de ressources mentales. On considère actuellement que l'efficacité des processus lexicaux laisse disponibles une part importante du temps de lecture et des ressources cognitives pour le traitement syntaxique et la compréhension.

3.1.3. L'accès aux représentations lexicales

La conception triadique du lexique mental comme un système d'associations entre représentations orthographiques, phonologiques, et syntaxiques/sémantiques servira de base à l'organisation de l'exposé. Nous examinerons donc séparément l'accès aux formes orthographiques, à la phonologie et à la signification, mais il faut se garder de voir ces processus comme des étapes distinctes et successives du traitement. Il est très probable que ces différents processus se déroulent simultanément et que les résultats, mêmes partiels, atteints par chacun d'entre eux sont susceptibles d'influencer chacun des autres. Dans chaque section, nous examinons donc à la fois l'influence de l'information sensorielle spécifique (le stimulus), et les indications éventuelles d'influence des autres registres lexicaux.

Une première question concerne la reconnaissance des mots en tant que formes visuelles (de chat à <CHAT>). Le problème est de comprendre comment s'établit le contact entre l'information sensorielle —les lignes et courbes qui sont enregistrées par les récepteurs de la rétine— et le stock de représentations mentales de l'orthographe des mots dans le lexique. Il peut être décomposé en deux aspects : la nature des codes perceptifs utilisés pour établir le contact avec le stock lexical, et la spécification du mécanisme d'appariement ou de comparaison entre l'information sensorielle et les représentations lexicales.

La deuxième question concerne l'obtention de la phonologie (de chat à /ʃa/). Comment le lecteur habile obtient-il la prononciation des suites de lettres? On a signalé précédemment que deux possibilités pouvaient être envisagées, selon que le système tire parti de connaissances analytiques sur les relations entre lettres et groupes de lettres et leur prononciation habituelle, ou se base sur les associations lexicales mémorisées entre forme écrite et forme parlée des mots.

Une troisième question porte sur le rôle des codes orthographiques et phonologiques dans l'accès à la signification (de chat à [nom; masculin; singulier; animal; petit; domestique; félin; ...]). L'évocation des concepts est-elle déterminée par

la récupération des formes orthographiques ou les codes phonologiques constituent-ils un passage obligé?

Enfin, une quatrième question concerne les relations entre l'accès lexical et les autres composantes du traitement, et en particulier l'influence de l'information extraite précédemment sur le traitement du mot en cours. Il n'est pas toujours possible de lire (ou de déterminer la prononciation appropriée) sans tenir compte du contexte syntaxique ou sémantique (ex. Nous portions les portions; Les poules du couvent couvent). Les théoriciens divergent cependant sur la nature de cette influence. Certains considèrent que l'information contextuelle contraint de manière précoce la recherche lexicale. D'autres considèrent au contraire que les processus d'accès lexical sont autonomes, et que l'information contextuelle intervient tardivement pour résoudre les ambiguïtés éventuelles. Ce débat renvoie à la question générale de la modularité des processus mentaux, qui dépasse le cadre du présent exposé. Nous ne discuterons donc pas la question plus avant. La plupart des chercheurs admettent actuellement, au moins en première approximation, que le traitement lexical est suffisamment rapide et efficace pour laisser peu de place à une influence directe de l'information contextuelle. Mais le débat théorique reste actif.

3.2. L'accès aux codes orthographiques: de chat à <CHAT>

Quel sens y a-t-il à parler d'un "accès à l'orthographe" à partir de l'orthographe ? La tautologie est levée si on note que ces deux "orthographe" constituent deux objets bien différents: d'une part, le stimulus visuel externe, les marques sur le papier, et d'autre part, une représentation mentale. L'objet de cette section est donc d'examiner comment les codes mentaux relatifs à la forme orthographique des mots sont évoqués. Après tout, reconnaître un mot (ou un objet, une image, un visage), ce n'est rien d'autre que mettre l'objet externe en relation avec une représentation interne qui permet ensuite d'évoquer de nombreuses connaissances associées.

3.2.1. Identification visuelle des mots : principes généraux

Trois solutions générales sont envisagées pour rendre compte de l'appariement entre l'information sensorielle et le stock lexical. La première est comparable à une recherche séquentielle dans un répertoire. Le principe (appelé principe de recherche sérielle) est de comparer la représentation prélexicale successivement aux éléments du stock lexical. La taille du lexique rend évidemment implausible une recherche sérielle exhaustive dans le lexique. Forster (1976) a proposé un principe d'organisation par série ("bin", boîte) qui répond à cette difficulté. Les séries sont définies par les premières

lettres, et dans chaque série, les mots sont classés par ordre de fréquence d'usage décroissante. Selon cette proposition, le mécanisme d'appariement consisterait donc à sélectionner une série et à comparer ensuite successivement l'information perceptive avec chacun des éléments de la série. Ce principe simple fournit une explication élégante de la reconnaissance plus rapide pour les mots de fréquence d'usage élevée, mais il n'a jamais été élaboré d'une manière suffisamment détaillée, notamment en ce qui concerne l'organisation en séries, et les données empiriques n'appuient pas l'idée d'un statut particulier des premières lettres. L'hypothèse d'une recherche strictement sérielle ne constitue plus une option valide dans les théories actuelles.

La seconde solution est basée sur le principe opposé de comparaisons multiples simultanées. Les éléments du stock lexical sont conçus comme des détecteurs indépendants qui réagissent passivement à l'information sensorielle. Dans la conception proposée par Morton (1969; voir aussi Morton, 1980; 1983), chaque mot du lexique correspond à un détecteur mental, appelé logogène, dont la fonction est d'estimer la quantité d'information sensorielle disponible pour le mot correspondant. Plus la stimulation sensorielle fournit d'indices compatibles avec un mot, plus le logogène correspondant sera actif. Typiquement, lors de la présentation d'une suite de lettres, plusieurs logogènes seront excités à des degrés divers, selon leur compatibilité avec le stimulus. L'avantage de cette conception est que l'appariement ne dépend pas de la taille du lexique, puisqu'il s'effectue simultanément sur tous les candidats possibles (d'où l'appellation de recherche en parallèle). Reste cependant le problème de sélectionner un vainqueur parmi l'ensemble des logogènes partiellement excités. La proposition avancée par Morton est que chaque logogène possède une caractéristique interne, appelée seuil de réponse. La reconnaissance est déterminée par le fait que le niveau d'excitation d'un logogène dépasse son seuil. Le principe des logogènes apporte également une explication simple de l'influence de la fréquence des mots, en supposant que les logogènes correspondant aux mots plus familiers ont des seuils de reconnaissance moins élevés, de sorte qu'une moindre quantité d'information sensorielle est nécessaire pour que l'excitation dépasse le seuil de reconnaissance.

Bien qu'il semble fournir un cadre théorique séduisant, le principe d'excitation parallèle n'est pas sans difficulté. Par exemple, certains commentateurs ont fait observer que si le seuil des mots fréquents est bas, leurs "voisins" lexicaux moins fréquents seraient généralement confondus (ex. CHAS vs CHAT). La validité du modèle des logogènes est donc difficile à estimer par rapport aux performances du locuteur humain, faute d'une mise en œuvre concrète de la théorie. Cette difficulté est cependant levée dans le modèle d'activation interactive proposé par McClelland & Rumelhart (1981). Le modèle d'activation interactive est un dérivé direct du modèle des logogènes. Il a été

réalisé sous la forme d'un programme informatique, et on peut donc le comparer aux observations empiriques et le mettre à l'épreuve d'une manière beaucoup plus précise que les modèles verbaux. Le modèle initial comprend trois niveaux de représentation, correspondant aux traits distinctifs (cf. infra), aux lettres et aux mots. A chaque niveau, les propriétés sont représentées par des unités dont l'état interne (appelé activation) varie graduellement au cours du temps. L'activation d'une unité indique l'estimation de l'évidence en faveur de la propriété correspondante. Par exemple, la détection de la présence d'un C en position initiale se traduit par l'augmentation de l'activation de l'unité correspondante, et l'activation des unités codant pour C, H, A, T respectivement aux positions 1 à 4 conduira à l'activation de l'unité mot correspondant au mot CHAT. Le modèle d'activation interactive diffère du modèle des logogènes par deux caractéristiques principales. Une première concerne l'interactivité du système: au flux montant d'information s'ajoute un flux descendant de telle sorte que l'activation des unités lettres est non seulement fonction de l'activation des unités traits (flux montant) mais également de l'activation rétroactive des unités mots (flux descendant). Une seconde différence est l'existence de liens d'inhibition entre les unités représentant les mots, de sorte que les détecteurs de mots ne sont plus complètement indépendants, mais sont en compétition : plus un détecteur est actif, plus il inhibe les autres. La fonction essentielle de ces liens de compétition est de permettre la sélection d'un candidat unique parmi l'ensemble recruté sur base de l'information sensorielle.

D'autres auteurs ont avancé des propositions hybrides qui combinent certaines caractéristiques des modèles d'activation parallèle et des modèles de recherche sérielle. La plus connue est le modèle d'activation et vérification (Paap, Newsome, McDonald, & Schvaneveldt, 1982), qui a également été réalisé sous forme informatique. Le modèle distingue deux étapes, qui correspondent au recrutement d'une série de candidats potentiels et à la sélection parmi les candidats. Le recrutement est réalisé par un mécanisme d'activation en parallèle, similaire à celui du modèle des logogènes. Les candidats lexicaux recrutés sont ceux dont l'activation dépasse une certaine valeur seuil. La seconde étape, dite de sélection, est basée sur la vérification successive des candidats retenus, selon l'ordre de fréquence décroissante.

Un troisième type de principe est basé sur la notion de traitement parallèle et distribué. Ces systèmes (aussi dénommés parfois réseaux de neurones artificiels) s'apparentent aux modèles d'activation interactive dont ils constituent les "descendants" récents. Ils comportent plusieurs couches d'unités représentant divers types de propriétés, caractérisées par leur état d'activation, et communiquant entre elles par des connexions variant en polarité (excitatrice ou inhibitrice) et en intensité. Toutefois la représentation mentale de chaque mot ne correspond pas à une et une seule unité. Au

lieu d'une relation biunivoque entre mots et unités, chaque mot est représenté par une configuration particulière d'unités, de sorte que chaque unité est susceptible de contribuer à l'encodage de plusieurs mots. Ce principe élimine la notion "classique" du lexique, vu comme un ensemble d'associations entre des détecteurs spécifiques, ou entre chaque élément d'une liste de formes orthographiques, et ses correspondants phonologiques et conceptuels. Elle est remplacée par des espaces de représentations (orthographiques, phonologiques, sémantiques) formés d'ensembles d'unités, et le transcodage entre domaines est assuré par les connexions entre les divers ensembles d'unités. En d'autres termes, la caractéristique principale des systèmes distribués est de remplacer le concept de détecteur de mot par la notion d'un ensemble de détecteurs de micro-propriétés ou de traits caractéristiques; l'évocation d'un mot correspond dès lors à l'activation de l'ensemble de détecteurs appropriés.

Une autre propriété importante des systèmes distribués est leur capacité d'apprentissage. De nombreux algorithmes d'apprentissage ont été développés au cours des dix dernières années, le plus connu étant l'algorithme de rétro-propagation de l'erreur. Le principe général consiste à modifier graduellement l'ensemble des connexions du réseau lors des stimulations successives, selon des règles de calcul bien établies. L'utilisation de ces possibilités permet que le système développe de manière autonome des représentations optimales par rapport aux régularités présentes dans le langage. De plus elle offre l'intérêt d'inclure dans un même cadre théorique les questions de traitement et le développement des habiletés.

Le principe de traitement parallèle et distribué a eu un retentissement important sur les conceptions du transcodage entre orthographe et phonologie (Cf. Content, 1991b pour une présentation des premiers travaux). Ce cadre de pensée exerce depuis quelques années une influence croissante sur les conceptions de l'ensemble des aspects (traitement normal, troubles du développement, troubles acquis) de la lecture.

3.2.2. Codes prélexicaux et unités d'accès

Un des problèmes centraux de la reconnaissance visuelle des mots est la variabilité du donné sensoriel : du point de vue physique, les lettres apparaissent sous une multitude d'aspects différents (de taille, de couleur, de forme,...), et le problème consiste à catégoriser les multiples réalisations possibles comme des exemplaires d'une classe. Ainsi, pour la lecture, un a est un *a* est un *À* est un *a* est un *α*... Lorsque le nombre de catégories est limité comme c'est le cas pour les symboles de l'écriture, la solution généralement envisagée est l'extraction de traits distinctifs. Par exemple, le trait "segment curviligne" distingue les lettres B, C, D, G, J, O, P, Q, R, S, U des autres, et le trait "pas de segment vertical" distingue C, O, Q, S des autres. Le principe est donc de

déterminer l'appartenance à une catégorie par discriminations multiples de propriétés caractéristiques. Chaque catégorie est ainsi définie par la spécification d'une liste de traits (segment curviligne, pas de segment vertical, ouvert à droite, pas ouvert à gauche, pas d'oblique, pas d'angle...).

Le principe d'analyse par traits est appuyé par des observations neurophysiologiques, et présente l'avantage d'être économique. Cinq détecteurs binaires (trait présent ou absent) suffiraient logiquement pour catégoriser les 26 lettres de l'alphabet, et 10 traits permettraient de distinguer plus de mille catégories. Le fait que des formes visuelles très différentes (a, **a** et A) peuvent appartenir à une même catégorie d'identité abstraite de lettre peut être pris en compte en associant plusieurs listes de traits à une même catégorie. La difficulté majeure concerne l'application du principe. Aucune méthode jusqu'à présent ne permet de déterminer la nature exacte des discriminations utilisées par le système visuel pour la reconnaissance des lettres et il suffit d'imaginer les très nombreuses variantes potentielles de chaque lettre pour réaliser que les traits distinctifs ne sont pas faciles à trouver. L'utilisation de modèles connexionnistes équipés de mécanismes d'apprentissage autonome offre une perspective nouvelle pour répondre à ces questions.

L'identification des mots a fasciné les psychologues de la perception depuis les débuts de la psychologie expérimentale (Cf. Henderson, 1982; 1987 pour une présentation historique), en partie parce que son étude semblait ouvrir une fenêtre sur les mécanismes de la perception visuelle. Une question qui a intrigué les premiers psychologues expérimentaux était de déterminer la nature des unités perceptives utilisées pour identifier les mots. Dès la fin du siècle passé, Cattell avait observé que lors de présentations visuelles brèves, un lecteur est capable d'identifier quatre à cinq lettres dans une séquence aléatoire de lettres, mais environ deux mots (soit 10-12 lettres) dans une suite de mots au hasard, et quatre à cinq mots (donc ± 25 lettres) lorsque les mots forment une phrase. De même, Erdmann et Dodge avaient montré qu'on parvenait à identifier des mots dans des conditions de visibilité (durée, excentricité, distance) telles que les lettres constitutives ne pouvaient être reconnues. Ces observations fournissent une démonstration (parmi beaucoup d'autres) que la perception visuelle ne se limite pas à l'enregistrement du donné sensoriel mais constitue une activité de construction ou d'élaboration qui combine l'information sensorielle et les connaissances en mémoire.

Le rôle des lettres dans la reconnaissance des mots

Les études décrites ci-dessus sont à l'origine d'un débat sur les relations entre identification des lettres et identification des mots. Elles ont conduit à affirmer que les

mots sont “perçus globalement”. Mais une telle affirmation est ambiguë parce qu’elle ne distingue pas entre la notion de perception comme expérience consciente et perception comme processus d’extraction d’information. L’idée que le processus de perception des mots est “global” a elle-même reçu différentes interprétations que cinquante ans de recherche nous ont appris à distinguer. L’hypothèse attribuée à Cattell est que les mots seraient reconnus comme des configurations visuelles particulières, par l’intermédiaire de traits distinctifs qui leur sont propres et indépendants des lettres constitutives. Dans ce cadre, l’identification des lettres est non-pertinente pour l’identification des mots, et une importance particulière est attribuée aux traits “globaux” ou “holistiques” comme la longueur, la forme générale, la présence et la disposition de hampes montantes ou descendantes. Une autre hypothèse envisagée plus récemment est que les différentes lettres d’un mot (pour autant que sa longueur ne dépasse pas l’empan perceptif) sont analysées en traits et identifiées simultanément par des canaux de traitement indépendants. A l’heure actuelle on parlera dans ce cas de traitement parallèle des lettres, plutôt que de traitement global.

En dépit de l’influence qu’elles ont eue, les observations de Cattell et Erdmann et Dodge ne constituent pas des démonstrations convaincantes d’un effet de supériorité des mots au niveau du traitement perceptif. Ainsi par exemple, dans les études de Cattell, l’avantage pourrait être dû à la différence de charge en mémoire (il est plus facile de retenir quelques mots ou une phrase qu’une série de lettres au hasard) et dans celle de Erdmann et Dodge, l’effet pourrait résulter d’une activité volontaire de devinement plutôt que des mécanismes perceptifs naturels.

Une démonstration plus convaincante et très influente du phénomène de supériorité perceptive des mots a été réalisée par Reicher en 1969. La situation expérimentale consistait à présenter des mots, des séquences de lettres, ou des lettres isolées (ex. ROSE, OESR, --S-) pendant une durée brève (de l’ordre de 50 msec), suivis d’un masque destiné à éliminer les effets de persistance rétinienne. Deux lettres étaient présentées avec le masque, et la tâche du sujet était de choisir parmi les deux alternatives (S ou B) celle qui appartenait au stimulus. Le résultat important est que la performance est meilleure pour les mots que pour les non-mots et les lettres isolées, un phénomène robuste qui a reçu le nom d’effet de supériorité des mots. La situation expérimentale rend le devinement impossible parce que, lorsque le stimulus est un mot, l’alternative incorrecte (ROBE) est également un mot. Le rôle de la mémoire est également mieux contrôlé puisque dans chaque condition le sujet doit réaliser un choix forcé entre deux alternatives.

Plusieurs théories peuvent expliquer l'effet de supériorité des mots. Elles présupposent que les lettres sont traitées simultanément et que l'information sur les lettres, même si elle n'est que très partielle, est transmise immédiatement et de manière continue au niveau lexical. Lorsque le stimulus est un mot (ou une séquence de lettres similaire à un mot), l'information partielle sur l'identité des lettres se combine avec l'information partielle évoquée dans le lexique. Par contre, lorsque le stimulus est une lettre isolée ou une séquence de lettres au hasard (qui n'évoque donc aucun mot dans le lexique), la décision est basée uniquement sur l'information disponible au niveau des lettres.

Au-delà du principe général, les théories divergent sur le mécanisme par lequel l'information relative aux lettres et l'information orthographique lexicale sont intégrées. Dans le modèle d'activation interactive (McClelland & Rumelhart, 1981), l'activation des détecteurs de lettres est directement modifiée par les candidats lexicaux activés. L'influence des connaissances lexicales est déterminée par les connexions en retour entre les unités qui correspondent aux mots et celles des lettres. Grâce à ce mécanisme d'influence en retour, l'information partielle disponible au niveau des lettres sera complétée par les connaissances lexicales. Ainsi, si l'information sensorielle est brouillée, l'activation de l'unité correspondant au mot ROSE déterminera progressivement une activation plus élevée du détecteur pour S. Par contre, dans d'autres théories (notamment, le modèle d'activation et vérification, Paap et al., 1982), la combinaison de l'information sur les lettres et des informations fournies par les candidats lexicaux compatibles s'effectue lors du processus de décision et l'information perceptive n'est donc pas directement modifiée par les connaissances lexicales. La question de savoir si les connaissances lexicales modifient directement les représentations perceptives par le biais d'une influence rétroactive ou si les codes prélexicaux et lexicaux font l'objet d'une intégration ultérieure n'est pas résolue, et continue à faire l'objet d'un débat.

L'effet de supériorité des mots ne nécessite donc pas de supposer l'existence de traits holistiques ou configuraux. Il peut s'expliquer par la combinaison entre le traitement parallèle des lettres et les connaissances lexicales. Plusieurs résultats vont à l'encontre de l'explication basée sur la notion de traitement holistique. Un premier argument est l'observation d'un effet de supériorité des pseudomots: des séquences de lettres prononçables et conformes aux régularités de la langue donnent lieu à un avantage (généralement plus faible que celui des mots) par rapport à des lettres isolées ou à des séquences aléatoires. Dans la mesure où les pseudomots ne constituent pas des configurations familières, leur supériorité ne peut s'expliquer par des traits globaux. Un second argument provient d'études dans lesquelles l'effet de supériorité des mots est

observé pour des stimuli dont on a détruit les traits globaux en variant la typographie (Adams, 1979; McClelland, 1976). Ce résultat concorde avec l'observation que le bénéfice parafovéal n'est pas influencé par l'alternance de typographie (Cf. Section 2.3), et avec de nombreux travaux plus récents, qui démontrent l'existence d'effets d'amorçage orthographique (notamment Ferrand & Grainger, 1992; 1993; Forster, 1987; Forster & Davis, 1991; Forster & Taft, 1994) qui s'expliquent par l'activation d'un niveau de représentation prélexical correspondant à l'identité abstraite des lettres.

Unités et format des représentations prélexicales

L'identité des lettres composant le stimulus n'est cependant pas suffisante. A défaut d'une indication sur la position ou l'organisation séquentielle des lettres, l'information reste ambiguë (elle ne permet pas de distinguer entre des mots comme SAC et CAS par exemple). Dans le modèle d'activation interactive, le codage de la position est réalisé en dupliquant les détecteurs de traits et de lettres pour chaque position spatiale. Ainsi le S de SAC et celui de CAS correspondent dans le modèle à des détecteurs totalement différents. L'idée de codes positionnels est soutenue par des observations indiquant que les performances sont sensibles à la fréquence positionnelle des lettres —ainsi par exemple, l'importance des effets d'amorçage orthographique semble bien prédite par la fréquence positionnelle des lettres communes à l'amorce et à la cible (ex. TA%LE - table, Grainger & Jacobs, 1993). Le codage strict de la position spatiale est cependant contesté, notamment du fait de l'observation d'effets d'amorçage orthographique dans des conditions où les lettres de l'amorce et celle de la cible ne sont pas strictement alignées (ex. blk - BLACK, Humphreys, Evett, & Quinlan, 1990). De même, l'existence d'erreurs de transposition de lettres voisines semble plus compatible avec un codage positionnel flexible (Andrews, 1996).

Certains auteurs (voir notamment Taft, 1991) ont tenté de mettre en évidence l'existence d'unités de codage orthographique de taille intermédiaire entre les lettres isolées et les mots entiers. Pour les mots monosyllabiques, il existe quelques indications en faveur de codes orthographiques correspondant à la rime (soit toutes les lettres à partir de la voyelle). Par exemple, Treiman et Chafetz (1987; voir aussi Treiman, 1994; Treiman, Fowler, Gross, Berch, & Weatherston, 1995a) ont observé que les temps de décision lexicale étaient particulièrement ralentis par une présentation segmentée qui ne respecte pas l'intégrité de la rime (Cfr. SPO#RT vs SP#ORT). Une interprétation possible de ces résultats consiste à supposer l'existence d'unités de codage d'ordre supérieur à la lettre, par exemple pour les groupes de lettres correspondant à la rime. Ces unités ne seraient pas actives lorsque la segmentation imposée partage le groupe de lettres (SPO#RT). L'idée que la distinction attaque/rime est pertinente pour le traitement

de l'écrit est appuyée par d'autres données descriptives et comportementales (Peereman & Content, 1997; Treiman, Mullennix, Bijeljac-Babic, & Richmond-Welty, 1995b). Les données actuelles ne permettent cependant pas d'établir clairement s'il s'agit d'unités de codage orthographique ou si ces effets résultent de la conversion phonologique.

Pour les mots plus longs, deux types d'unités fonctionnelles ont été suggérés, les syllabes et les morphèmes. La décomposition de la chaîne orthographique en fonction de la structure syllabique ou de la structure morphologique joue probablement un rôle, mais les données actuelles n'indiquent pas clairement si cette décomposition relève de l'accès au lexique orthographique ou de phases ultérieures du traitement lexical.

La tâche consiste à détecter la présence d'une lettre cible prédésignée dans le mot et en rapporter sa couleur (p. ex. L dans XXXXX ou XXXXX). Lorsque la lettre cible est présente dans le mot, elle correspond toujours à la lettre centrale et sa couleur est identique soit à celle des lettres qui précèdent, soit à celle des lettres qui suivent. Le résultat intéressant, qui suggère une structuration de l'information perceptive en syllabes, est que les erreurs de perception de la couleur sont moins fréquentes lorsque le changement de couleur correspond à la frontière syllabique, c'est-à-dire lorsque la couleur de la lettre centrale est identique à celle des autres lettres de sa propre syllabe (XXXXX), que lorsque la lettre centrale est de couleur identique aux lettres de l'autre

Les données les plus convaincantes sur cette question proviennent d'une technique (Prinzmetal, Treiman, & Rho, 1986) qui consiste à présenter brièvement des mots bisyllabiques dont les lettres sont de couleurs différentes. La tâche consiste à détecter la présence d'une lettre cible prédésignée dans le mot et à en rapporter la couleur (par exemple L dans **BALAI** ou **BALAI**). Lorsque la lettre cible est présente dans le mot, elle se trouve toujours en position centrale et sa couleur est identique soit à celle des lettres qui précèdent, soit à celle des lettres qui suivent. Le changement de couleur peut donc correspondre ou pas à la frontière syllabique selon que la couleur de la lettre centrale est celle des autres lettres de sa propre syllabe (**BALAI**) ou de l'autre syllabe (**BALAI**). Le résultat intéressant, qui suggère une structuration de l'information perceptive en syllabes, est que les erreurs de perception de la couleur sont moins fréquentes lorsque le changement de couleur correspond à la frontière syllabique. De plus, des études ultérieures suggèrent que ce phénomène ne s'explique complètement ni par l'influence de la phonologie ni par les variations locales de fréquence des groupes de lettres, ni par la contribution des connaissances morphologiques (Prinzmetal, Hoffman, & Vest, 1991; Rapp, 1992; Seidenberg, 1987).

Le rôle des morphèmes dans l'identification des mots constitue une question un peu différente, puisque les morphèmes sont également, par définition, des unités de

signification. On pourrait donc imaginer que ce sont les morphèmes et non les mots qui sont stockés dans le lexique. Les propriétés syntaxiques et sémantiques des mots morphologiquement complexes seraient donc calculées à partir des informations évoquées par chaque morphème.

L'hypothèse qui a suscité la majeure partie des travaux est l'idée que les différents segments morphologiques des mots constituent des unités d'accès orthographique. L'hypothèse, formulée d'abord dans le cadre des modèles de recherche sérielle (Taft & Forster, 1976) supposait que la recherche lexicale est basée sur la racine, après élimination des préfixes. Plus récemment, Taft (1994) a reformulé son hypothèse dans le cadre des théories d'activation interactive, en insérant dans le système un niveau de représentation intermédiaire correspondant aux morphèmes entre les unités lettres et les unités mots. Les observations n'ont pas jusqu'à présent conduit à une formulation claire et acceptée du rôle de la morphologie. Un argument qui semble soutenir l'hypothèse d'une décomposition morphologique prélexicale est que les temps de décision lexicale pour des mots pseudopréfixés sont plus longs que pour des mots appariés (Pillon, 1998).

Faut-il en conclure que ce seraient les morphèmes et non les mots qui constituent les éléments du stock lexical? Dans des langues caractérisées par une morphologie inflexionnelle riche et une morphologie dérivationnelle productive, on peut en effet considérer que toutes les formes fléchies ou dérivées ne sont pas stockées lexicalement, mais reconstruites sur base de l'identification des éléments composants. C'est nécessairement le cas lors de la rencontre de formes nouvelles (REDÉGAGER). Mais d'autre part, le degré de transparence des mots morphologiquement complexes varie dans une large mesure (REPARTIR, RÉAGIR). En outre, plusieurs auteurs ont fait observer que la décomposition morphologique ne constitue pas nécessairement une stratégie optimale, étant donné l'existence de mots "pseudo-préfixés" (ex. RECULER, RELATER). La plupart des modèles actuels admettent que les morphèmes séparés et les formes complexes pourraient être stockés dans le lexique selon leur fréquence et leur productivité.

3.2.3. Recrutement et sélection lexicale

Alors que les travaux sur les effets de supériorité perceptive concernent surtout les unités prélexicales, une autre direction de recherche se développe à partir de la fin des années 60, qui aborde plus spécifiquement l'analyse des mécanismes d'accès au lexique mental. La "découverte" de cette problématique tient principalement à deux facteurs: l'apparition d'un cadre théorique approprié, le modèle des logogènes, et l'invention d'un nouvel outil qui apparaissait comme le moyen de prédilection pour étudier les processus d'accès au lexique mental en temps réel. Cet outil, c'est la tâche de décision

lexicale, qui comme l'écrit Henderson (1987), a été initialement considérée comme une "micro-électrode psycholinguistique, permettant au chercheur de sonder le contact entre stimulus et mémoire". La tâche de décision lexicale semblait constituer un moyen simple et direct de mesurer le temps d'accès au lexique. C'est essentiellement l'analyse des performances dans cette tâche en fonction des caractéristiques des stimuli qui constitue le matériau de base des discussions sur les mécanismes d'accès.

L'idée initiale selon laquelle la tâche de décision lexicale constituait une mesure directe des processus d'identification des mots a été remise en question à la suite d'une série d'études de Balota & Chumbley (1984), qui montraient, paradoxalement, que l'effet de fréquence observé en décision lexicale disparaissait dans une tâche de catégorisation sémantique, tandis qu'inversement, les temps de décision lexicale étaient sensibles à des caractéristiques sémantiques des mots utilisés. D'autres études ont montré que les effets observés dans la tâche de décision lexicale varient selon la composition des listes expérimentales, par exemple, selon que les pseudomots utilisés sont plus ou moins similaires à des mots de la langue. Ces observations ont conduit à admettre l'existence de composantes stratégiques et décisionnelles propres à la tâche et à chercher en conséquence les caractéristiques du traitement naturel des mots par la confrontation de plusieurs tâches et l'analyse de leurs composantes communes et spécifiques (Grainger & Jacobs, 1996).

Mis à part les recherches portant sur le rôle des codes phonologiques (Cf. Section 3.3) et sur l'influence du contexte de phrase sur le traitement lexical, deux facteurs ont fait l'objet d'une attention particulière, la fréquence d'usage et le voisinage orthographique. L'existence de différence de performance selon la fréquence d'usage des mots est connue depuis longtemps. Le fait que le seuil d'identification en présentation tachistoscopique est moins élevé pour des mots fréquents que pour des mots rares a été observé dès 1950 environ, et l'effet de la fréquence a été démontré en décision lexicale dès les premières études (Rubenstein, Garfield, & Millikan, 1970; Rubenstein, Lewis, & Rubenstein, 1971). Les différentes conceptions théoriques présentées précédemment fournissent toutes une explication de l'influence de la fréquence des mots, soit (dans les modèles de recherche sérielle) en supposant que la recherche lexicale est organisée par ordre de fréquence décroissante, soit (dans les modèles d'activation) en supposant que le niveau d'activation de base, ou le seuil de reconnaissance varie selon la fréquence, soit (dans les modèles parallèles et distribués), en considérant que les effets de fréquence reflètent le degré d'apprentissage.

La démonstration d'une influence du voisinage lexical est plus récente. Conceptuellement, le voisinage orthographique correspond à l'ensemble des mots

orthographiquement similaires au stimulus. Opérationnellement, on considère en général que les voisins orthographiques sont tous les mots qui divergent de la cible par une et une seule lettre (DOSE, POSE, ROBE, RASE, et RUSE sont des voisins orthographiques de ROSE).

L'importance de cette notion apparaît clairement lorsqu'on examine les modèles théoriques de l'accès lexical: tous prédisent des influences du voisinage orthographique sur le temps de reconnaissance. Ainsi, dans le modèle d'activation et vérification et le modèle d'activation interactive, les voisins correspondent aux candidats recrutés. Dans le premier, le facteur critique est le nombre de voisins plus fréquents; plus ils sont nombreux, plus il y aurait de vérifications successives. Dans le second, le principe d'inhibition réciproque (compétition) devrait conduire à une identification plus difficile des mots qui ont beaucoup de voisins, et en particulier des voisins plus fréquents puisque ceux-ci sont conçus comme des compétiteurs.

Les observations empiriques ne sont pas totalement conformes à cette attente. Ainsi, plusieurs études ont examiné l'influence du nombre de voisins, sans tenir compte de leur fréquence, et ont observé des effets facilitateurs, à la fois en DL et en nomination. Par contre d'autres recherches examinant l'influence des voisins plus fréquents ont montré des effets d'interférence, mais ces effets inhibiteurs n'ont pas été reproduits systématiquement par d'autres équipes (Forster & Shen, 1996; Sears, Hino, & Lupker, 1995) et la nature exacte des influences du voisinage orthographique fait l'objet d'une controverse qui n'est pas résolue (Cf. Andrews, 1997 pour une revue récente). Il est surprenant que les effets d'interférence prédits par la plupart des théories soient si difficiles à mettre en évidence.

En ce qui concerne l'effet facilitateur de la densité du voisinage, une interprétation possible est qu'il indique l'influence (positive) de la familiarité : des configurations de lettres plus courantes seraient mieux discriminées et traitées plus rapidement. Dans la tâche de dénomination, l'effet facilitateur associé au nombre de voisins orthographiques pourrait résulter de la contribution des voisins lexicaux au calcul de la représentation phonologique (Cf. section 3.3). Nos propres travaux (Peereman & Content, 1995, 1997) appuient cette conception. En décision lexicale, les interprétations divergent: selon certains auteurs (Andrews, 1997), l'effet de facilitation reflète l'influence naturelle des similarités lexicales; selon d'autres (Grainger & Jacobs, 1996), l'effet de facilitation est considéré comme un artefact résultant d'une stratégie de décision dans laquelle le sujet parie sur base de la familiarité de la suite de lettres, sans attendre son identification unique. Le modèle de simulation de Grainger et Jacobs (1996), dérivé du modèle d'activation interactive, semble rendre compte de l'essentiel des résultats en supposant

que les réponses positives (le stimulus est un mot) peuvent être basées sur deux mécanismes de décision distincts (identification unique ou jugement de familiarité de la suite de lettres).

Enfin, si l'observation d'effets d'inhibition dus à l'existence de voisins orthographiques plus fréquents se vérifie, elle conduit à préférer les modèles d'activation en parallèle. La particularité des modèles de recherche sérielle et d'activation et vérification est que l'effet de la fréquence est expliqué par le nombre de comparaisons/vérifications requises, dans une série particulière ou dans l'ensemble des candidats recrutés. Une conséquence de cette explication est que ce n'est pas la fréquence intrinsèque des mots dans la langue qui détermine les variations de performances, mais leur rang dans la série, autrement dit, le nombre de mots plus fréquents qui apparaissent dans la même série. Deux observations vont à l'encontre de cette interprétation. D'une part, l'effet de fréquence subsiste si on compare des mots qui ne possèdent pas de voisins plus fréquents. D'autre part, l'effet d'interférence du voisinage ne semble généralement pas augmenter avec le nombre de voisins plus fréquents. Il semble donc que l'explication de l'effet de fréquence sur base du rang dans la série ne soit pas correcte.

3.2.4. Autres influences sur le traitement orthographique

Plusieurs études récentes ont mis l'accent sur le rôle possible de codes phonologiques. Ces observations suggèrent l'existence de liens réciproques entre représentations orthographiques et représentations phonologiques. Elles conduisent à concevoir l'ensemble du système lexical comme un mécanisme de résonance dans lequel les différents codes se construisent graduellement, s'influencent réciproquement et se renforcent (ou se déforcent) selon leur compatibilité.

Ziegler et Jacobs (1995) ont ainsi montré, dans une tâche de détection de lettres (une lettre, est présentée d'abord et le sujet doit décider si elle est présente ou pas dans le stimulus) que la performance est sensible aux propriétés phonologiques. La détection d'une lettre présente est plus difficile dans un pseudomot homophone d'un mot qui ne contient pas la cible (ex. détecter N dans PLON, cf. PLOMB) que dans un pseudomot non-homophone (ex. GLON). Ces résultats ont été confirmés récemment (Ziegler, Van Orden, & Jacobs, 1997b) et étendus (Hooper & Paap, 1997) dans la situation expérimentale standard de Reicher.

D'autres travaux (Stone, Vanhoy, & Van Orden, 1997; Ziegler, Montant, & Jacobs, 1997a) ont suggéré que les performances dans la tâche de décision lexicale seraient sensibles à la consistance des correspondances entre phonologie et orthographe.

Ainsi des mots présentant une orthographe atypique donneraient lieu à des temps de réponse plus longs. Cette observation, s'il elle était vérifiée, fournirait un autre argument fort en faveur du principe de résonance. Cependant, nous n'avons pas réussi à reproduire ce phénomène et nos données suggèrent que les observations antérieures pourraient résulter d'un biais de fréquence dans la sélection des stimuli (Peereman, Content, & Bonin, 1998). La question de l'influence en retour de l'activation phonologique sur l'évocation des codes orthographiques, et l'interprétation des différences potentielles entre l'effet d'homophonie sur la détection de lettres, et l'influence de la consistance entre phonologie et orthographe restent donc actuellement ouvertes.

De manière analogue, l'évocation graduelle de codes sémantiques pourrait elle aussi avoir une influence en retour sur le traitement orthographique. L'effet de variables sémantiques (degré d'imageabilité, degré d'abstraction, nombre de significations, ambiguïté) a fait l'objet d'investigations utilisant les tâches "classiques" (décision lexicale et dénomination rapide). Il est bien établi que ces variables ont une influence sur les performances. La difficulté porte sur l'interprétation : dans la tâche de décision lexicale, ces influences pourraient refléter l'intégration de critères sémantiques aux processus de décision plutôt qu'à l'accès orthographique; en dénomination (cf. infra), elles pourraient résulter de l'influence des codes sémantiques sur l'évocation de la prononciation. Il existe aussi quelques indications qui suggèrent que les codes sémantiques pourraient avoir une influence sur les performances dans des tâches d'identification perceptive (Cf. Balota, 1990 pour discussion).

3.3. L'accès à la prononciation

Deux mécanismes différents peuvent rendre compte de l'obtention de la prononciation. L'un consiste à tirer parti des relations systématiques existant dans les écritures alphabétiques entre les lettres ou groupes de lettres et les éléments de la chaîne parlée. Il a généralement été conçu comme un système non-lexical de règles de conversion entre graphèmes et phonèmes (CGP). L'autre mécanisme suppose que le contact avec le stock des représentations orthographiques lexicales permet d'obtenir les propriétés associées (à savoir, la forme phonologique, les caractéristiques syntaxiques, et la signification).

Pris isolément, aucun des deux mécanismes ne fournit une solution complètement satisfaisante. Dans la mesure où il existe des mots dont la prononciation ne correspond pas exactement à ce que les correspondances graphèmes-phonèmes permettraient de prédire (par exemple, OIGNON, MONSIEUR, DOT, CROC,...), l'utilisation de règles

CGP devrait parfois aboutir à des prononciations erronées. Inversement, l'hypothèse selon laquelle l'accès à la phonologie est subséquent à l'accès aux formes orthographiques lexicales ne rend pas compte de la capacité de dériver une prononciation appropriée pour des suites de lettres qui ne constituent pas des mots de la langue et ne figurent donc pas dans le lexique. La solution proposée au cours des années 70 (notamment Coltheart, 1978; Forster & Chambers, 1973) a consisté à combiner les deux mécanismes, en considérant que les forces de l'un compensent les faiblesses de l'autre. Cette conception, connue sous le nom de théorie des deux voies, a constitué le cadre principal des recherches sur la prononciation et l'accès à la signification jusque 1990 environ.

3.3.1. La théorie des deux voies

L'hypothèse des deux voies conduit à distinguer entre les mots réguliers, pour lesquels les relations entre l'orthographe et la phonologie est conforme aux règles de correspondance, et les autres, irréguliers ou exceptions, pour lesquels l'application de la conversion graphèmes-phonèmes fournit une prononciation inexacte. En effet, alors que les deux procédures concordent dans le cas des mots réguliers, elles génèrent des codes phonologiques discordants pour les mots irréguliers. L'observation de différences de performances entre des mots réguliers et irréguliers a donc constitué un argument de poids en faveur de la théorie. L'effet de régularité constitue un phénomène robuste, observé dans plusieurs langues (Frost, 1998).

De plus, un autre argument important, provenant de la pathologie, semblait appuyer la théorie des deux voies. L'analyse des erreurs de lecture de sujets cérébro-lésés présentant des troubles de la lecture suggérait l'existence de patrons de perturbation distincts et interprétables en termes de perte spécifique de l'une ou l'autre procédure (Marshall & Newcombe, 1973). Cette contribution de la neuropsychologie clinique aux théories cognitives constitue d'ailleurs un événement de première importance dans l'histoire de la neuropsychologie moderne, puisqu'il a conduit à la reconnaissance de la portée théorique des observations neuropsychologiques et à l'avènement d'une approche neuropsychologique clinique en prise directe sur les théories cognitives.

La théorie des deux voies proposée par Coltheart (1978) a fait l'objet de nombreuses critiques, tant sur le plan conceptuel que sur le plan empirique. Les arguments essentiels portent sur l'interprétation des dyslexies acquises et sur la validité de la distinction entre mots réguliers et irréguliers. Plusieurs auteurs ont fait remarquer que les erreurs de lecture des patients dyslexiques ne semblent pas refléter de manière pure le fonctionnement isolé de chacune des deux procédures (Humphreys & Evett,

1985; Marcel, 1980). Une autre critique provient de contributions empiriques qui remettent en question la validité de la distinction entre mots réguliers et irréguliers. La démonstration la plus connue est celle produite par Glushko (1979). L'auteur montrait que la performance de prononciation est affectée par l'existence de prononciations alternatives pour la rime orthographique (ex. en français la rime -ILLE, cf. FILLE vs VILLE), même lorsque la prononciation du mot est régulière du point de vue des correspondances graphèmes-phonèmes. Le modèle à deux voies tel que spécifié par Coltheart (1978) ne pouvait expliquer cet effet.

Ces critiques ont conduit à diverses modifications de la théorie qui maintenaient toutes le postulat fondamental de deux mécanismes distincts. Les multiples variantes peuvent être classées en deux groupes. Dans un type de variante, on enrichit la procédure de conversion graphèmes-phonèmes d'une multiplicité de correspondances à différents niveaux de segmentation du mot (Norris, 1994; Patterson & Morton, 1985; Shallice & McCarthy, 1985; Taft, 1991). Les effets observés par Glushko (1979) s'expliqueraient alors par l'existence de correspondances entre unités orthographiques et phonologiques portant sur la rime qui varient par leur degré de consistance. La notion de consistance est actuellement utilisée de manière générale pour caractériser le degré de systématisme des relations entre unités orthographiques et phonologiques. Ainsi la rime -ELLE est parfaitement consistante puisque tous les mots qui partagent la finale -ELLE évoquent la même prononciation (TELLE, QUELLE, PELLE, BIELLE,...). La rime -ILLE est moins consistante puisque deux prononciations alternatives existent.

Dans l'autre type de variante, on suppose que les informations générées par les deux processus (activation lexicale et conversion non-lexicale) sont combinées dans une mémoire temporaire phonologique (notamment Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993). Les effets de consistance sont alors attribués à la contribution de la voie lexicale. Puisque tous les mots orthographiquement proches du stimulus sont activés et contribuent à la formation de codes phonologiques, l'existence de mots orthographiquement similaires mais phonologiquement dissimilaires devrait altérer la performance.

D'autres observations empiriques confirment l'existence de contributions lexicales à la génération de la représentation phonologique. Par exemple, Peereman (1991b) a analysé les erreurs de prononciation sur des pseudomots qui contenaient la lettre G. Les résultats montraient qu'une part importante des participants avaient tendance à prononcer erronément le G dans des pseudomots lorsque ceux-ci étaient similaires à un mot favorisant une autre prononciation du G. Ainsi la lettre G du pseudomot GIRNIR (ressemblant au mot GARNIR) recevait souvent la prononciation du G « dur », et ces

erreurs étaient plus nombreuses que pour des pseudomots contrôles (ex. GIRTOL) qui ne présentaient pas de similarité directe avec des mots comportant la lettre G. Plus récemment, nous avons montré que l'influence facilitatrice du voisinage orthographique observée dans la tâche de dénomination (les mots qui ont beaucoup de voisins orthographiques donnent lieu à des latences de dénomination plus courtes que ceux qui en ont peu, toutes autres choses étant égales) était déterminée par le sous-ensemble des voisins orthographiques qui sont aussi phonologiquement proches de la cible, et en particulier par les voisins qui partagent la rime, à la fois sur le plan orthographique et phonologique (Peereman et Content, 1997).

La théorie des deux voies reste un repère essentiel pour une partie des travaux actuels, bien qu'elle ait fait l'objet de critiques multiples et d'aménagements divers. Comme c'est généralement le cas, les propositions théoriques ne sont pas abandonnées parce qu'elles sont falsifiées par des données empiriques, mais par l'apparition d'une théorie concurrente qui fournit une meilleure explication. La théorie concurrente est la proposition d'un modèle parallèle et distribué (Seidenberg & McClelland, 1989; Van Orden et al., 1990). L'intérêt suscité par cette nouvelle approche est en partie motivé par sa mise en oeuvre sous forme d'un programme informatique, permettant la simulation des données expérimentales. Pour l'essentiel, les multiples variantes de la théorie des deux voies jusque 1990 étaient présentées uniquement sous forme de descriptions verbales, généralement trop vagues que pour permettre de les mettre à l'épreuve de manière fine.

3.3.2. Modèles parallèles distribués

On a longtemps considéré que la seule manière possible de concevoir la conversion phonologique indépendamment du lexique était par l'intermédiaire d'un ensemble de règles générales de conversion. Récemment, plusieurs équipes ont publié des travaux décrivant des modèles de simulation du traitement des mots écrits basés sur le formalisme des réseaux neuronaux artificiels à représentations distribuées, dans lesquels la distinction entre règles générales et connaissances spécifiques est complètement éliminée. La contribution qui a eu le plus d'écho est celle de Seidenberg et McClelland (1989). Pour l'essentiel, l'étude a consisté à entraîner un réseau à convertir des formes orthographiques en formes phonologiques, en l'exposant à un corpus constitué d'environ 3000 mots anglais soit la plupart des mots monosyllabiques de la langue. La probabilité de présentation des mots était fonction de la fréquence dans la langue, et la technique d'apprentissage était basée sur le principe de rétro-propagation de l'erreur. La performance du système sur les mots à la fin de l'apprentissage montrait une série de caractéristiques directement comparables aux observations expérimentales

en nomination chez le lecteur habile : par exemple, les mots plus fréquents donnaient lieu à des performances meilleures que les mots rares; la conversion des mots réguliers (du point de vue des correspondances graphèmes-phonèmes) était mieux réussie que celle des mots irréguliers, particulièrement pour les mots de faible fréquence d'usage.

Une thèse importante défendue par les auteurs était que le système invalidait le postulat fondateur du modèle à deux voies, la nécessité de deux sources distinctes de connaissance, les régularités analytiques et les connaissances lexicales. Dans le réseau, la connaissance des relations entre l'orthographe et la phonologie est représentée par un ensemble d'associations entre patrons orthographiques et patrons phonologiques de tailles diverses, et de nombreuses unités contribuent à des degrés variables au calcul de la prononciation des mots réguliers et des exceptions. Au niveau du fonctionnement du système, il n'est pas possible de distinguer entre les deux processus.

La contribution de Seidenberg et McClelland a suscité des polémiques intenses, et a fait l'objet de plusieurs critiques. L'une est qu'un examen plus détaillé indique que les performances pour des pseudomots sont insatisfaisantes (Besner, Twilley, McCann, & Seergobin, 1990). La lecture de pseudomots constitue un test primordial de la procédure d'assemblage et également une estimation des capacités de tels systèmes à généraliser à de nouveaux stimuli les connaissances acquises à partir des exemples d'apprentissage. La critique remet directement en cause la thèse d'un seul mécanisme. Néanmoins les versions plus récentes du modèle (Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson, 1996), utilisant des représentations de l'orthographe et de la phonologie différentes, ont conduit à des résultats bien meilleurs et très proches des observations expérimentales. Une conclusion de la comparaison de ces différentes simulations est que la capacité de généralisation du système dépend directement de la nature des représentations orthographiques et phonologiques utilisées; ceci devrait conduire les chercheurs à porter plus d'intérêt à la nature des représentations mentales des formes orthographiques et phonologiques et à leur développement.

3.3.3. L'état actuel du débat

Une réaction suscitée par le travail de simulation de Seidenberg et McClelland (1989) est la réalisation d'une version informatique du modèle à deux voies. Coltheart et ses collaborateurs (1993) ont créé un système, appelé DRC (Dual Route Cascade Model). Il s'agit d'un système hybride, combinant un système lexical explicitement inspiré du modèle d'activation interactive, avec une procédure de conversion phonologique par règles. Dans la mesure où l'information résultant de la conversion par CGP et celle résultant de l'activation lexicale se combinent dans une mémoire tampon (Buffer phonémique), tous les effets lexicaux décrits précédemment devraient être

observés. Toutefois, la possibilité d'influence lexicale n'implique évidemment pas que les codes phonologiques calculés par le modèle soient identiques à ceux produits par les modèles distribués. Une question importante est donc de déterminer dans quelle mesure la nature des codes générés par ces modèles informatiques pour des pseudomots correspond aux prononciations effectivement observées chez des lecteurs (Andrews et Scarratt, sous presse).

Une particularité du modèle est que la conversion graphème-phonème s'effectue de manière séquentielle, les graphèmes étant traités successivement de gauche à droite. Cette propriété conduit à des prédictions nouvelles, liées au fait que le résultat de la procédure de conversion s'accumule progressivement. Du coup, le risque d'obtenir des informations phonologiques conflictuelles entre les deux procédures est plus grand lorsque le segment irrégulier se trouve au début du mot que lorsqu'il se trouve plus loin dans le mot (Cf. OIGNON vs. ABDOMEN). En effet, lorsque l'irrégularité est tardive, on peut supposer que l'information fournie par la voie lexicale est suffisante pour déterminer la réponse, avant que la contribution divergente de la conversion soit disponible. Quelques observations récentes (Coltheart & Rastle, 1994; Content, 1991a; Content & Peereman, 1992) semblent appuyer cette prédiction, mais elles n'emportent pas la conviction. Par exemple, dans les données en français, les irrégularités finales concernent souvent des segments non prononcés (ex. CROC); de plus, pour démontrer que l'effet dépend de la procédure de conversion, il faudrait vérifier que les stimuli comparés ne diffèrent pas du point de vue de leur voisinage lexical. Il reste que l'hypothèse de séquentialité de l'assemblage constitue actuellement l'un des moyens empiriques de distinguer entre modèles à deux voies et modèles parallèles distribués.

D'autres observations suggèrent que le lecteur est capable de moduler de manière stratégique le recours aux connaissances lexicales ou aux connaissances analytiques. Par exemple, l'effet de régularité est plus marqué, et l'effet de la fréquence moins marqué, lorsque les listes expérimentales incluent des pseudomots, que lorsqu'elles ne comportent que des mots (Content & Peereman, 1992; Monsell, Patterson, Graham, Hughes, & Milroy, 1992; Peereman & Content, 1995). Ces données semblent impliquer un certain degré de séparabilité entre les deux types de connaissances, mais il n'est pas établi qu'elles soient incompatibles avec le cadre théorique fourni par le connexionnisme (Cf. Zorzi, Houghton, & Butterworth, 1997). De plus certains auteurs (Lupker, Brown, & Colombo, 1997) ont suggéré que les variations stratégiques observées reflètent des modifications dans les critères d'exécution de la réponse orale, plutôt que dans les procédures de calcul phonologique.

En conclusion, si l'architecture du système et la nature des mécanismes qui permettent d'obtenir la forme phonologique des mots écrits restent un sujet de controverse, on observe également une convergence progressive entre les théories. La plupart d'entre elles ont recours au formalisme des réseaux. Les différences essentielles portent sur la nature des représentations (représentations locales ou distribuées pour les unités lexicales), sur la connectivité entre les différents niveaux de représentation (influences interactives), sur la séparabilité des connaissances globales (associations spécifiques des mots) et analytiques (correspondances graphèmes-phonèmes ou à des niveaux intermédiaires, comme la rime par exemple), et sur les mécanismes d'utilisation des correspondances (règles de conversion vs. associations graduelles).

3.3.4. Autres influences sur le traitement phonologique

Il existe en anglais des mots homographes qui peuvent avoir deux prononciations (et deux significations) différentes (ex. TO LEAD, diriger vs THE LEAD, plomb). Des cas similaires, peu nombreux, se rencontrent en français (COUVENT, PORTIONS). L'existence même de ces ambiguïtés suggère que parfois, l'information orthographique seule ne suffit pas à déterminer la prononciation et donc que l'information contextuelle (syntaxique et sémantique) est utilisée pour lever l'ambiguïté. De plus, l'observation d'effets d'amorçage sémantique en dénomination (Tabossi, 1992; Rosson, 1983) indique que l'information sémantique peut, au moins dans certaines conditions, contraindre le traitement phonologique.

Curieusement, très peu d'études ont examiné l'influence éventuelle de caractéristiques sémantiques sur l'évocation de la prononciation, l'essentiel des recherches ayant porté sur la question opposée de la médiation phonologique dans l'accès sémantique. C'est probablement la formulation du modèle triadique dans le cadre du traitement parallèle et distribué qui a fait apparaître cette possibilité. En effet, si l'activation de la représentation phonologique et l'activation de la représentation sémantique constituent deux processus parallèles, soumis à des influences réciproques, il est concevable que les codes sémantiques partiels évoqués affectent le traitement phonologique.

La démonstration la plus convaincante d'une influence sémantique provient d'une étude récente en anglais (Strain, Patterson, & Seidenberg, 1995). Les auteurs ont comparé les performances de dénomination pour des mots choisis selon trois dimensions, la fréquence d'usage, la régularité (conformité aux règles CGP), et le degré d'imagerie. Les résultats montrent des différences de performance selon le degré d'imagerie pour les mots irréguliers de basse fréquence. Ce résultat est conforme aux

attentes puisque c'est précisément pour cette classe de mots que les associations directes entre orthographe et phonologie sont les moins efficaces.

3.4. L'accès à la signification

De même qu'on peut envisager deux manières d'obtenir la prononciation, deux procédures sont concevables pour obtenir la signification si on admet que les codes lexicaux orthographiques, phonologiques et sémantiques sont tous associés deux à deux. L'accès à la signification peut donc se réaliser par le biais de deux processus, accès direct (associations orthographe-sémantique) ou indirect (associations orthographe-phonologie-sémantique). La question qui a suscité une attention particulière porte sur le rôle de la médiation phonologique.

Jusque 1990 environ la position dominante supposait que des codes de parole sont effectivement évoqués dans le cours des processus d'identification des mots, mais que ces codes ne jouent pas un rôle important dans l'accès à la signification (Cf. Peereman, 1991a pour une discussion). La médiation phonologique était considérée comme un mécanisme de secours, relativement lent, et servant essentiellement à décrypter des mots dont la forme écrite n'est pas familière. Pour l'essentiel de l'activité de lecture courante, le codage phonologique n'interviendrait pas. Les arguments principaux invoqués à l'appui de cette conception sont l'absence d'effet de la régularité en décision lexicale et dans la tâche de catégorisation sémantique et l'absence d'effet d'homophonie pour les mots en décision lexicale.

Des études empiriques nouvelles ont remis en question l'hypothèse que la phonologie est obtenue trop tardivement pour influencer l'accès à la signification. L'une de ces contributions (Van Orden, 1987; Van Orden, Johnston, & Hale, 1988) consistait à mettre en évidence l'existence de confusions homophoniques dans une situation de catégorisation sémantique. Les sujets devaient décider si les mots présentés constituaient des exemplaires de catégories sémantiques indiquées au préalable (fleurs, légumes, mammifères, etc.). Dans cette situation, les auteurs ont observé une proportion élevée de réponses positives erronées pour des mots correspondant à des homophones de membres de la catégorie (SAIN, homophone de SEIN, pour la catégorie "partie du corps"). Le taux d'erreurs était nettement plus important que pour des distracteurs non-homophones (SOIN) comparables du point de vue de leur similarité orthographique avec l'élément de la catégorie.

D'autres observations semblent confirmer l'hypothèse de médiation phonologique. Ainsi par exemple, plusieurs études ont montré des effets de facilitation

lorsque les mots cibles (ex. BEURRE) sont précédés d'un mot (PIN) ou un pseudomot homophone (PEIN) d'un associé sémantique (PAIN). Cet effet d'amorçage sémantique indirect semble aussi important que lorsque l'amorce est l'associé sémantique lui-même, tout au moins pour des amorces présentées très brièvement (Lukatela & Turvey, 1994).

4. En guise de conclusion...

Dans le cadre que nous avons adopté, la reconnaissance des mots est conçue comme l'activité conjointe des composantes orthographique, phonologique et sémantique du système lexical. Une des caractéristiques centrales qui différencient cette conception des théories plus anciennes est la continuité de la propagation de l'activation entre les unités. L'adoption du principe de propagation continue amène à envisager que les différentes informations lexicales sont évoquées simultanément et graduellement. Elle conduit à abandonner la notion de reconnaissance des mots conçue comme un "moment magique" (Balota, 1990) correspondant à l'instant précis de l'identification de la forme orthographique à partir duquel les autres informations lexicales peuvent être recouvrées.

Une autre caractéristique de la plupart des théories contemporaines est l'emphasis sur les interactions entre les différentes composantes du système lexical. Cette propriété est liée à l'adoption du principe de propagation continue, puisque le caractère simultané et graduel du traitement est une condition nécessaire à l'existence d'interactions. Nous avons signalé les observations empiriques principales qui semblent appuyer cette conception. Les données disponibles sont parcellaires et des investigations plus systématiques sont requises pour évaluer précisément l'importance des interactions entre les différents niveaux du système.

Une autre élément de démarcation entre les théories "classiques" et celles inspirées par le cadre connexionniste concerne la notion de voies multiples dans le traitement lexical. On peut considérer que les modèles connexionnistes constituent aussi des systèmes à plusieurs voies. En effet deux processus (O-S et O-P-S) sont susceptibles de contribuer à l'évocation de la signification et de même, deux processus —O-P et O-S-P— peuvent contribuer à générer le code phonologique. La différence essentielle est que les deux processus ne sont pas indépendants et rivaux, mais au contraire qu'ils se complètent et fonctionnent en synergie. La question n'est plus seulement de savoir si l'un est plus rapide que l'autre, mais plutôt comment ils sont susceptibles de coopérer et quelle est la part de responsabilité de chacun.

Dans cette perspective, la question de la médiation phonologique change de statut. Dans les formulations classiques, il s'agissait de savoir si la signification est atteinte par la voie directe ou la voie indirecte et de déterminer laquelle des deux serait la plus rapide. La prédominance de la voie indirecte semblait paradoxale puisqu'elle comporte une étape de traitement supplémentaire, à savoir la conversion phonologique. Par contre, dans les conceptions connexionnistes, le débat porte sur le poids respectif des deux processus dans l'élaboration graduelle du patron d'activation correspondant à la signification. Plus précisément, la condition requise pour déterminer une influence phonologique est que les codes phonologiques aient atteint un niveau d'activation suffisant avant que la sémantique soit complètement élaborée. L'activation phonologique est déterminée par la force des connexions entre orthographe et phonologie qui est fonction de la fréquence des associations et des régularités entre les domaines associés. Dans les systèmes d'écriture alphabétique, les relations entre l'orthographe et la phonologie sont beaucoup plus systématiques que les relations entre l'orthographe et la signification. Il en résulte que l'accès aux caractéristiques phonologiques des mots à partir de l'information orthographique devrait être plus rapide que l'accès aux caractéristiques sémantiques.

Si la conception triadique fournit un cadre général séduisant pour appréhender la reconnaissance des mots, de nombreuses questions restent ouvertes. Outre le débat sur l'interactivité du système évoqué précédemment, la nature des unités de représentation aux différents niveaux de traitement, l'existence d'un système de correspondances grapho-phonologiques distinct du lexique, et les modulations stratégiques de la performance constituent des thèmes de recherche actuels du traitement lexical.

L'intégration de ces travaux avec l'étude du développement et celle des altérations de l'habileté, de plus en plus courante dans les recherches actuelles, l'avancement des techniques d'imagerie cérébrale (Voir Price, 1998 pour une discussion récente dans un cadre théorique similaire au nôtre) et l'analyse fine des propriétés statistiques des langues naturelles permettront d'améliorer encore notre compréhension des processus de la lecture.

5. Références

- Adams, M. J. (1979). Models of word recognition. *Cognitive Psychology*, 11, 133-176.
- Andrews, S. (1996). Lexical retrieval and selection processes: effects of transposed-letter confusability. *Journal of Memory and Language*, 35, 775-800.
- Andrews, S. (1997). The effect of orthographic similarity on lexical retrieval: resolving neighborhood conflicts. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 439-461.
- Andrews, S., & Scarratt, D. R. (1998). Rule and analogy mechanisms in reading nonwords: hough dou peapel rede gnew wirds? *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, sous presse.

- Baccino, T., & Colé, P. (1995). *La lecture experte*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Balota, D. A. (1990). The role of meaning in word recognition. In D. A. Balota, G. B. Flores d'Arcais, & K. Rayner (Eds.), *Comprehension processes in reading* (pp. 9-31). London: Erlbaum.
- Balota, D. A., & Chumbley, J. I. (1984). Are lexical decisions a good measure of lexical access? The role of word frequency in the neglected decision stage. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 10, 340-357.
- Besner, D., Twilley, L., McCann, R. S., & Seergobin, K. (1990). On the association between connectionism and data: Are a few words necessary? *Psychological Review*, 97, 432-446.
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), *Strategies in information processing* (pp. 151-216). London: Academic Press.
- Coltheart, M., Curtis, A., Atkins, B., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100, 589-608.
- Coltheart, M., & Rastle, K. (1994). Serial processing in reading aloud: Evidence for dual-route models of reading. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 20, 1197-1211.
- Content, A. (1991a). The effect of spelling-to-sound regularity on naming in French. *Psychological Research*, 53, 3-12.
- Content, A. (1991b). La reconnaissance des mots écrits : approche connexionniste. In R. Kolinsky, J. Morais, & J. Segui (Eds.), *La reconnaissance des mots dans différentes modalités sensorielles. Données et modèles en psycholinguistique cognitive* (pp. 237-277). Paris: P.U.F.
- Content, A., & Peereman, R. (1992). Single and multiple process models of print to speech conversion. In J. Alegria, D. Holender, J. Morais, & M. Radeau (Eds.), *Analytic approaches to human cognition* (pp. 213-236). Amsterdam: North Holland.
- Denhière, G., & Baudet, S. (1992). *Lecture, compréhension de texte et science cognitive*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Fayol, M., Gombert, J. E., Lecocq, P., Sprenger-Charolles, L., & Zagar, D. (Eds.). (1992). *Psychologie cognitive de la lecture*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Ferrand, L., & Grainger, J. (1992). Phonology and orthography in visual word recognition: evidence from masked nonword priming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 353-372.
- Ferrand, L., & Grainger, J. (1993). The time course of orthographic and phonological code activation in the early phases of visual word recognition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31, 119-122.
- Forster, K. I. (1976). Accessing the mental lexicon. In R. J. Wales & E. C. T. Walker (Eds.), *New approaches to language mechanisms* (pp. 257-287). Amsterdam: North Holland.
- Forster, K. I. (1987). Form-priming with masked primes: The best match hypothesis. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance : The Psychology of Reading* (Vol. XII, pp. 127-146). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Forster, K. I., & Chambers, S. M. (1973). Lexical access and naming time. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 627-635.
- Forster, K. I., & Davis, C. (1991). The density constraint on form-priming in the naming task: interference effects from a masked prime. *Journal of Memory and Language*, 30, 1-25.
- Forster, K. I., & Shen, D. (1996). No enemies in the neighborhood: absence of inhibitory neighborhood effects in lexical decision and semantic categorization. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 22, 696-713.
- Forster, K. I., & Taft, M. (1994). Bodies, antibodies and neighborhood-density effects in masked form priming. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 20, 844-863.
- Frost, R. (1998). Toward a strong phonological theory of visual word recognition: true issues and false trails. *Psychological Bulletin*, 123, 71-99.
- Glushko, R. J. (1979). The organization and activation of orthographic knowledge in reading aloud. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 5, 674-691.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1993). Masked partial-word priming in visual word recognition: effects of positional letter frequency. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 19, 951-964.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: a multiple read-out model. *Psychological Review*, 103, 518-565.
- Henderson, L. (1982). *Orthography and word recognition in reading*. London: Academic Press.

- Henderson, L. (1987). Word recognition: A tutorial review. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance : The Psychology of Reading* (Vol. XII, pp. 171-199). London: Erlbaum.
- Hooper, D. A., & Paap, K. R. (1997). The use of assembled phonology during performance of a letter recognition task and its dependence on the presence and proportion of word stimuli. *Journal of Memory and Language*, 37, 167-187.
- Humphreys, G. W., & Evett, L. J. (1985). Are there independent lexical and non-lexical routes in word processing ? An evaluation of the dual-route theory of reading. *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 689-740.
- Humphreys, G. W., Evett, L. J., & Quinlan, P. T. (1990). Orthographic processing in visual word identification. *Cognitive Psychology*, 22, 517-560.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329-354.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1987). *The psychology of reading and language comprehension*. Boston: Allyn and Bacon.
- Kavanagh, J. F., & Mattingly, I. G. (1972). *Language by ear and by eye*. Cambridge, Ma: M.I.T. Press.
- Lecocq, P., Leuwers, C., Casalis, S., & Watteau, N. (1996a). *Apprentissage de la lecture et compréhension d'énoncés*. Lille: Presses universitaires du Septentrion.
- Lecocq, P. (1996b). *L'ÉCOSSE: une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique*. Lille: Presses universitaires du Septentrion.
- Lukatela, G., & Turvey, M. T. (1994). Visual lexical access is initially phonological: 1. Evidence from associative priming by words, homophones, and pseudohomophones. *Journal of Experimental Psychology : General*, 123, 107-128.
- Lupker, S. J., Brown, P., & Colombo, L. (1997). Strategic control in a naming task: Changing routes or changing deadlines? *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 23, 570-590.
- Marcel, T. (1980). Surface dyslexia and beginning reading: A revised hypothesis of the pronunciation of print and its impairments. In M. Coltheart, K. E. Patterson, & J. C. Marshall (Eds.), *Deep Dyslexia* (pp. 227-258). London: Routledge and Kegan Paul.
- Marshall, J. C., & Newcombe, F. (1973). Patterns of paralexia: a psycholinguistic approach. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2, 175-199.
- McClelland, J. L. (1976). Preliminary letter identification in the perception of words and non-words. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 2, 80-91.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-405.
- McConkie, G. W., & Zola, D. (1979). Is visual information integrated across successive fixations in reading? *Perception and Psychophysics*, 25, 221-224.
- Monsell, S., Patterson, K. E., Graham, A., Hughes, C. H., & Milroy, R. (1992). Lexical and sublexical translation of spelling to sound: Strategic anticipation of lexical status. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 18, 452-467.
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76, 165-178.
- Morton, J. (1980). The logogen model and orthographic structure. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling* (pp. 117-135). London: Academic Press.
- Morton, J. (1983). Le lexique interne. *La Recherche*, 14, 474-481.
- Norris, D. (1994). A quantitative multiple-levels model of reading aloud. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 20, 1212-1232.
- Paap, K. R., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An activation-verification model for letter and word recognition: The word-superiority effect. *Psychological Review*, 89, 573-594.
- Patterson, K. E., & Morton, J. (1985). From orthography to phonology: An attempt at an old interpretation. In K. E. Patterson, J. C. Marshall, & M. Coltheart (Eds.), *Surface Dyslexia. Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading* (pp. 335-359). Hillsdale: Erlbaum.
- Peereman, R. (1991a). La médiation phonologique dans la reconnaissance des mots écrits. In R. Kolinsky, J. Morais, & J. Segui (Eds.), *La reconnaissance des mots dans différentes modalités sensorielles. Données et modèles en psycholinguistique cognitive* (pp. 119-163). Paris: P.U.F.
- Peereman, R. (1991b). Phonological assembly in reading: Lexical contribution leads to violation of graphophonological rules. *Memory and Cognition*, 19, 568-578.

- Peereman, R., & Content, A. (1995). The neighborhood size effect in naming: Lexical activation or sublexical correspondences? *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 21, 409-421.
- Peereman, R., & Content, A. (1997). Orthographic and phonological neighborhoods in naming: not all neighbors are equally influential in orthographic space. *Journal of Memory and Language*, 37, 382-410.
- Peereman, R., Content, A., & Bonin, P. (1998). Is perception a two-way street? The case of feedback consistency in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*, 39, 151-174.
- Pillon, A. (1998). The pseudoprefixation effect in visual word recognition: A true —neither strategic nor orthographic— morphemic effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 85-120.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 56-115.
- Pollatsek, A., Rayner, K., & Balota, D. A. (1986). Inferences about eye movement control from the perceptual span in reading. *Perception and Psychophysics*, 40, 123-130.
- Price, C. J. (1998). The functional anatomy of word comprehension and production. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 281-288.
- Prinzmetal, W., Hoffman, H., & Vest, K. (1991). Automatic processes in word perception : an analysis from illusory conjunctions. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 17, 902-923.
- Prinzmetal, W., Treiman, R., & Rho, S. H. (1986). How to see a reading unit. *Journal of Memory and Language*, 25, 461-475.
- Rapp, B. C. (1992). The nature of sublexical orthographic organization : The bigram trough hypothesis examined. *Journal of Memory and Language*, 33, 33-53.
- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of reading*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Reichle, E., Pollatsek, A., Fisher, D., & Rayner, K. (1998). Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review*, 105, 125-157.
- Rubenstein, H., Garfield, L., & Millikan, J. A. (1970). Homographic entries in the internal lexicon. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 487-494.
- Rubenstein, H., Lewis, S. S., & Rubenstein, M. A. (1971). Evidence for phonemic recoding in visual word recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10, 645-657.
- Schelstraete, M. A. (1993). La conception du traitement syntaxique en compréhension de phrases. *Année Psychologique*, 93, 543-582.
- Sears, C. R., Hino, Y., & Lupker, S. J. (1995). Neighborhood Size and Neighborhood Frequency Effects in Word Recognition. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 21, 876-900.
- Seidenberg, M. S. (1987). Sublexical structures in visual word recognition: access units or orthographic redundancy? In M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance : The Psychology of reading* (Vol. XII, pp. 245-263). Hillsdale: Erlbaum.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523-568.
- Shallice, T., & McCarthy, R. (1985). Phonological reading: From patterns of impairment to possible procedures. In K. Patterson, J. C. Marshall, & M. Coltheart (Eds.), *Surface Dyslexia: Neuropsychological and Cognitive Studies of Phonological Reading* (pp. 361-397). Hillsdale: Erlbaum.
- Smith, F. (1971). *Understanding reading*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Stone, G. O., Vanhoy, M., & Van Orden, G. C. (1997). Perception is a two-way street: feedforward and feedback phonology in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*, 36, 337-359.
- Strain, E., Patterson, K., & Seidenberg, M. S. (1995). Semantic effects in single-word naming. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 21, 1140-1154.
- Taft, M. (1991). *Reading and the mental lexicon*. Hillsdale: Erlbaum.
- Taft, M. (1994). Interactive-Activation as a framework for understanding morphological processing. *Language and Cognitive Processes*, 9, 271-294.
- 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.
- Treiman, R. (1994). To what extent do orthographic units in print mirror phonological units in speech? *Journal of Psycholinguistic Research*, 23, 91-110.

- Treiman, R., & Chafetz, J. (1987). Are there onset- and rime- like units in printed words? In M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance : The Psychology of reading* (Vol. XII, pp. 281-298). Hillsdale: Erlbaum.
- Treiman, R., Fowler, C. A., Gross, J., Berch, D., & Weatherston, S. (1995a). Syllable structure or word structure? Evidence for onset and rime units with disyllabic and trisyllabic stimuli. *Journal of Memory and Language*, 34, 132-155.
- Treiman, R., Mullennix, J., Bijeljac-Babic, R., & Richmond-Welty, E. D. (1995b). The special role of rimes in the description, use, and acquisition of English orthography. *Journal of Experimental Psychology : General*, 124, 107-136.
- Van Orden, G. C. (1987). A ROWS is a ROSE: Spelling, sound, and reading. *Memory and Cognition*, 10, 434-442.
- Van Orden, G. C., Johnston, J. C., & Hale, B. L. (1988). Word identification in reading proceeds from spelling to sound to meaning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 14, 371-386.
- Van Orden, G. C., Pennington, B. F., & Stone, G. O. (1990). Word identification in reading and the promise of subsymbolic psycholinguistics. *Psychological Review*, 97, 488-522.
- Ziegler, J. C., & Jacobs, A. M. (1995). Phonological information provides early sources of constraint in the processing of letter strings. *Journal of Memory and Language*, 34, 567-593.
- Ziegler, J. C., Montant, M., & Jacobs, A. M. (1997a). The feedback consistency effect in lexical decision and naming. *Journal of Memory and Language*, 37, 533-554.
- Ziegler, J. C., Van Orden, G. C., & Jacobs, A. M. (1997b). Phonology can help or hurt the perception of print. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 23, 845-860.
- Zorzi, M., Houghton, G., & Butterworth, B. (1998). Two routes or one in reading aloud? A connectionist dual-process model. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, in press.

* *
*