



QHU 0 034 6792

ALAIN LIEURY

MANUEL DE PSYCHOLOGIE GÉNÉRALE



Alain LIEURY

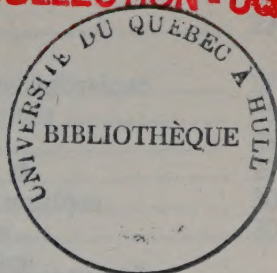
21333

23-10-90

SS.

MANUEL DE PSYCHOLOGIE GÉNÉRALE

RE TIRÉ DE LA
COLLECTION - UQAR



Dunod

BF
122
L53
1990

MANUEL DE PSYCHOLOGIE GÉNÉRALE

Document et maquette de couverture
Franco Novati

© BORDAS, Paris, 1990
ISBN 2-04-018891-6

«Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droits ou ayants-cause, est illicite (loi du 11 mars 1957), alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.»

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Chapitre 1	
La psychologie : Histoire et grands domaines.....	5
1. L'objet de la psychologie.....	7
1.1. La connaissance de l'âme.....	7
1.2. La science du comportement.....	8
1.3. La science des comportements et des structures mentales.....	13
2. Panorama des spécialisations de la psychologie et des sciences voisines	15
3. La méthode scientifique en psychologie.....	20
Chapitre 2	
La perception	23
1. Modalités sensorielles et notions de psychophysique.....	25
1.1. Sensibilités tactiles et seuils perceptifs	26
1.2. Le goût.....	28
1.3. L'odorat.....	29
1.4. Audition et psychophysique de la musique	30
1.4.1. Les mécanismes récepteurs	30
1.4.2. Psychophysique de l'audition et de la musique	32
2. Psychophysiologie de la vision	35
2.1. Description du système visuel.....	36
2.1.1. Le globe oculaire	36
2.1.2. La rétine.....	36
2.1.3. Les voies visuelles.....	38
2.2. Le traitement de la lumière	40

2.2.1.	La lumière	40
2.2.2.	Vision fovéale et vision périphéale	40
2.2.3.	Les mécanismes des contours et des contrastes	41
2.2.4.	Hypercolonnes et traits visuels élémentaires	44
2.3.	La vision des couleurs	44
3.	La perception des formes	49
3.1.	La forme : «atome» de la perception	49
3.2.	Les mouvements oculaires	50
3.2.1.	Les deux systèmes de la vision	51
3.2.2.	Les saccades et les fixations : la lecture	52
3.3.	Les stratégies d'exploration oculaire	53
3.4.	Traitement de l'information et perception	55
3.5.	Les illusions perceptives	57
4.	La perception de l'espace	60
4.1.	La perspective	60
4.2.	La constance perceptive	61
4.2.1.	La vision binoculaire	62
4.2.2.	La vision monoculaire	63

Chapitre 3

L'apprentissage	65
-----------------------	----

1.	Le conditionnement classique	68
1.1.	Acquisition du conditionnement	68
1.1.1.	Répétition	68
1.1.2.	Contiguïté temporelle	69
1.2.	Extinction, récupération et inhibition	70
1.3.	Généralisation et différenciation	71
1.4.	Conditionnement d'ordre supérieur	71
1.5.	Névrose expérimentale	72
2.	Le conditionnement opérant	72
2.1.	Le conditionnement opérant :	
	standard de l'apprentissage	73
2.1.1.	La boîte de Skinner	74
2.1.2.	Le conditionnement opérant discriminatif	74
2.1.3.	Conduites superstitieuses et contiguïté temporelle	75
2.2.	Conditionnement opérant et conditionnement classique	75
2.2.1.	Les points communs	76
2.2.2.	Les différences	76
2.2.3.	Les interactions	77
2.3.	Renforcements et programmes de renforcement	79
2.3.1.	Le renforcement	79

2.3.2.	Les programmes de renforcement.....	80
2.4.	Les applications du conditionnement.....	81
3.	Les processus associatifs et cognitifs de l'apprentissage.....	82 ✓
3.1.	Les théories associatives	83
3.1.1.	Motivation et apprentissage.....	83
3.1.2.	Les réponses fractionnées.....	84
3.1.3.	Le gradient de but.....	84
3.2.	Les théories cognitives	85 ✓
3.2.1.	Apprentissage de lieu et apprentissage de réponse.....	85
3.2.2.	L'apprentissage latent	86
3.2.3.	La structure-signe	87
3.2.4.	La carte mentale	87
3.3.	Les processus cognitifs : ressources et limites chez l'animal	91
4.	L'apprentissage de symboles.....	92
4.1.	L'apprentissage social.....	92
4.1.1.	L'imitation chez l'animal.....	93
4.1.2.	L'apprentissage par observation.....	94
4.1.3.	L'imitation symbolique.....	95
4.2.	L'apprentissage d'un langage.....	96

Chapitre 4

La mémoire 99

1.	Mémoire à court terme et mémoire à long terme	101
1.1.	La capacité limitée : le nombre magique 7.....	102
1.2.	L'oubli à court terme	103
1.2.1.	La technique Brown-Peterson	103
1.2.2.	Les effets sériels	104
1.2.3.	L'amnésie de Korsakoff.....	105
2.	Les codes de la mémoire	106
2.1.	Le code lexical : interface de la mémoire.....	106
2.1.1.	Verbalisation et codes non verbaux.....	106
2.1.2.	Subvocalisation et lecture.....	107
2.1.3.	Lexique et mémoire sémantique	108
2.1.4.	L'alerte	108
2.2.	Le code imagé	109
2.2.1.	La supériorité des images sur les mots	109
2.2.2.	Le double codage.....	110
2.2.3.	Double codage et temps de dénomination.....	111
2.3.	Les modèles de la mémoire.....	112
3.	Organisation et mémoire	114
3.1.	Capacité et organisation	114

3.2.	Les modes d'organisation.....	117
3.2.1.	La catégorisation.....	117
3.2.2.	Image et organisation	118
3.3.	La mémoire sémantique	119
3.3.1.	Les effets de fréquence.....	119
3.3.2.	Hiérarchie catégorielle et économie cognitive.....	120
3.3.3.	Traits sémantiques et anomalies sémantiques..	122
4.	Les processus de récupération et l'oubli	123
4.1.	Les indices de récupération.....	123
4.2.	Capacité et rappel	124
4.3.	Reconnaissance et mémoire épisodique.....	126
4.4.	Oubli	129
4.4.1.	Les interférences.....	129
4.4.2.	Oubli et mécanismes de récupération	129

Chapitre 5

Langage et image	133
------------------------	-----

1.	Le langage	135
1.1.	Signe et symbole	135
1.2.	Associations et catégories du langage.....	137
1.3.	La théorie de l'information	138
1.4.	La grammaire générative.....	142
1.5.	La sémantique.....	145
2.	L'image	148
2.1.	Code alphanumérique et code analogique	148
2.2.	Langage, image et spécialisation hémisphérique.....	149
2.2.1.	L'aphasie	149
2.2.2.	Image et écriture idéographique.....	151

Chapitre 6

L'intelligence	153
----------------------	-----

1.	Le développement de l'intelligence	155
1.1.	Le niveau sensori-moteur de l'intelligence.....	156
1.2.	Le niveau symbolique de l'intelligence	156
2.	Les opérations intellectuelles.....	159
2.1.	Les invariants du monde physique.....	159
2.2.	Les opérations concrètes	162
2.3.	Les opérations formelles	163
3.	La mesure de l'intelligence	165
3.1.	Alfred Binet et l'échelle psychométrique	166
3.2.	La «standardisation» de l'intelligence	168
4.	L'analyse factorielle de l'intelligence	171

4.1.	Notions sur l'analyse factorielle.....	171
4.2.	Le facteur G de l'intelligence.....	173
4.3.	Les aptitudes primaires.....	174
4.4.	Les théories hiérarchiques.....	176
5.	Hérédité et milieu	177
5.1.	Le déterminisme génétique	179
5.1.1.	Les anomalies génétiques.....	179
5.1.2.	La sélection animale.....	179
5.1.3.	Degré de parenté et intelligence : le cas des jumeaux.....	180
5.1.4.	Les adoptions.....	184
5.2.	Le rôle de l'environnement.....	186
5.2.1.	L'évolution historique des connaissances.....	186
5.2.2.	Les enfants sauvages	187
5.2.3.	Milieu et stimulations précoces.....	188
5.2.4.	L'environnement culturel : la famille et l'école.....	190
5.3.	L'interaction hérédité-milieu	194

Chapitre 7

Motivation, émotion et personnalité.....	197
--	-----

1.	Les motivations.....	199
1.1.	La motivation : instinct ou apprentissage	199
1.1.1.	Les mécanismes innés de déclenchement.....	200
1.1.2.	Les composantes innées et acquises : l'exemple des migrations d'oiseaux.....	201
1.2.	Les bases physiologiques	202
1.2.1.	Les hormones.....	202
1.2.2.	L'hypothalamus : «cerveau végétatif»	203
1.2.3.	Les systèmes de récompense : le centre du plaisir	205
1.3.	L'apprentissage dans les motivations.....	205
1.3.1.	Les besoins conditionnés.....	206
1.3.2.	L'effet placebo	207
1.3.3.	L'amour est-il un besoin conditionné ?.....	208
1.3.4.	Les processus symboliques	209
1.4.	La régulation des besoins.....	210
1.4.1.	Le modèle de l'homéostasie.....	210
1.4.2.	Frustration et mécanismes de dérivation.....	211
1.4.3.	Le conflit.....	212
1.5.	Les motivations humaines.....	216
2.	Les émotions	218
2.1.	Les systèmes de commande des émotions.....	218

2.1.1.	Le plaisir	220
2.1.2.	La colère	220
2.1.3.	La peur	221
2.1.4.	La détresse	222
2.2.	Conditionnement et émotions	222
2.2.1.	Le conditionnement des émotions.....	223
2.2.2.	Conditionnement et troubles psychosomatiques.....	223
2.2.3.	L'aspect cognitif des émotions : les sentiments	225
3.	La personnalité.....	226
3.1.	L'analyse factorielle de la personnalité : les traits.....	227
3.1.1.	Les inventaires de personnalité	227
3.1.2.	Les traits de la personnalité.....	230
3.2.	Tempérament ou situation ?	234
3.2.1.	Constance des traits et inconstance des comportements.....	234
3.2.2.	Les déterminants de la situation.....	237
	Cent questions pour tester vos connaissances.....	241
	Bibliographie	257
	Lexique	277

INTRODUCTION

Plus de deux millénaires séparent la psychologie des penseurs grecs de la psychologie d'aujourd'hui. Dans cet intervalle, l'homme est passé de l'écriture sur une tablette de cire au traitement de texte sur ordinateur. Dans cette longue histoire, la psychologie scientifique n'occupe qu'une très faible place, juste le dernier siècle. Non seulement il a fallu vaincre les barrières religieuses comme pour toutes les sciences (ex : interdiction de disséquer des morts, pour la médecine), mais du temps supplémentaire fut nécessaire pour considérer l'homme, c'est-à-dire soi-même, comme un objet d'étude, ou plutôt, un animal d'étude. Il a fallu des génies à la forte personnalité comme Darwin, Freud, Watson, pour imposer contre vents et marées un regard objectif sur l'esprit humain et pour appliquer à cette étude les méthodes scientifiques de la chimie et de la physiologie...

La révolution informatique a, plus récemment, transformé profondément notre vision du fonctionnement psychologique comme, au temps de Descartes, la mécanique avait suggéré l'automate comme modèle de la machine humaine. Le cerveau, siège de l'esprit, moteur des comportements, est vu dorénavant comme un ordinateur. Certes, il n'est pas fabriqué de composants électroniques, mais l'ordinateur a beaucoup évolué lui-même en passant des diodes aux microprocesseurs. Avec ses

cent milliards de neurones, le cerveau humain fonctionne comme un ordinateur, il capte l'information et l'interprète (perception), il code l'information venue de l'extérieur comme de l'intérieur (langage et image), il stocke des informations pour adapter le comportement aux variations de l'environnement (apprentissage, mémoire, intelligence). L'analogie cerveau/ordinateur concrétise bien la dualité de la psychologie déjà présente chez Descartes avec la cohabitation entre la machine et l'âme. Ainsi, la dichotomie fondamentale de l'ordinateur entre composants électroniques (*hardware*, littéralement «quincaillerie») et logiciels (*software*) s'accorde bien à la dualité du fonctionnement psychologique à la fois basé sur des mécanismes biologiques et produisant des mécanismes «logiques» d'élaboration des connaissances que l'on appelle les mécanismes cognitifs. Quoique tout le fonctionnement soit lié à la fois au biologique et au cognitif, certaines fonctions reposent plus ou moins sur l'un ou l'autre. Ainsi est-il indispensable de connaître de nombreux mécanismes physiologiques des voies sensorielles pour comprendre la perception, par exemple les découvertes en micro-électrophysiologie sur la vision. À l'inverse, certaines fonctions apparaissent comme des logiciels purs, comme l'intelligence ou le langage : à l'instar de l'ordinateur qui peut traiter du basic ou du pascal, le cerveau peut générer du français ou du chinois. La religion, puis la biologie, avait montré que dans l'homme, on trouvait à la fois l'ange et la bête, l'ordinateur nous montre que le neurobiologique et le cognitif sont le *hardware* et le *software* de l'esprit humain.

La psychologie est aujourd'hui une discipline scientifique très populaire et son public d'étudiants à l'université est très varié ; si certains souhaitent se préparer effectivement à un métier de psychologue, d'autres se destinent aux carrières paramédicales ou aux métiers de formateur et d'instituteur ; d'autres enfin attendent de la psychologie une meilleure compréhension d'eux-mêmes... Les études de psychologie à l'université comportent trois cycles : le 1^{er} cycle se prépare en deux ans et permet d'obtenir un DEUG (diplôme d'études universitaires générales) ; le 2^e cycle, avec la licence et la maîtrise, est la première période de spécialisation à l'intérieur des sous-disciplines de la psychologie ; enfin, le 3^e cycle prépare directement à une profession de psychologue, grâce au DESS (diplôme d'études supérieures spécialisées : du travail, de pathologie,

de l'enfant, etc.), ou grâce au DEA (diplôme d'études approfondies) qui ouvre sur la thèse de recherche et prépare aux métiers de l'enseignement supérieur (maître de conférence, professeur), de chercheurs (CNRS, INSERM, Centre national d'études en télécommunication, etc.).

Le DEUG a une fonction de «formation générale et d'orientation» (décret n° 73-227 du 27.02.73). La vocation du DEUG est pluridisciplinaire et comprend des matières obligatoires et des matières optionnelles, dont la linguistique, la sociologie, etc. Les matières obligatoires comprennent les «aspects fondamentaux de la psychologie», appelés dans ce manuel «psychologie générale», et les principales spécialisations de la psychologie : sociale, génétique, pathologique, ainsi que deux disciplines inséparables de la psychologie, la biologie et les statistiques. Dans cette perspective d'études générales, ce livre est conçu comme un manuel. Aux côtés d'ouvrages plus encyclopédiques ou spécialisés, l'objectif de ce manuel est de correspondre le plus exactement possible au programme traité dans le cadre d'un cours de psychologie générale en 1re et 2e années de DEUG de psychologie.

De même que chaque science est structurée en grands chapitres, (par exemple en physique, la mécanique, l'électricité, etc.), la psychologie générale a pour grands chapitres des thèmes ayant parfois un long passé historique, la perception, la mémoire, le langage, l'intelligence... Ce sont ces concepts traditionnels et familiers qui ont été utilisés comme titres de chapitres plutôt que de nouveaux concepts issus de la perspective actuelle du traitement de l'information, comme codage de l'information, stockage, etc. En effet, malgré la puissance de cette perspective théorique, l'histoire de la psychologie a connu, par exemple avec le behaviorisme, des changements radicaux de concepts ; mais l'expérience montre (que reste-t-il après 200 ans, du calendrier de la Révolution française, avec les nouveaux mois de vendémiaire, pluviôse ?...) qu'il faut de longues périodes pour que se cristallisent des notions durables. Les chapitres ont donc volontairement été intitulés de la manière la plus classique, afin d'intégrer des résultats et des notions provenant de multiples sources théoriques.

Les différentes mises au point de ce cours ont été faites en fonction de mon expérience d'enseignant dans les universités de Paris-V, de Strasbourg-I et de Rennes-II, et c'est l'occasion

pour moi de citer quelques-uns des collègues dont les connaissances dans d'autres spécialités de recherche que la mienne ont permis d'élargir ou de concrétiser certains thèmes. En tout premier lieu, Maurice Reuchlin, qui a développé la psychologie différentielle en France et dont l'érudition scientifique est remarquable ; Paul Fraisse, qui fut longtemps le directeur du laboratoire de psychologie expérimentale à Paris ; Jean-Pierre Rossi, spécialiste de la perception ; Juan Segui, psycholinguiste ; Marc Blancheteau, spécialiste de l'apprentissage animal ; Henri Rouanet, statisticien ; Pierre Roubertoux, chercheur en génétique des comportements ; Michel Denis, de l'université d'Orsay, spécialiste de l'image mentale ; mes collègues neurophysiologistes de Strasbourg, Pierre Karli, Philippe Ropartz, Bruno Will, Nicole Bonaventure ; et enfin, à Rennes, mes collègues, Jean-Yves Gauthier, éthologiste, Jean-Pierre Martinet, psychiatre, Hervé Allain, neuropharmacologiste, et bien d'autres. Ce livre doit beaucoup aux milliers d'étudiants à qui j'ai fait cours et qui m'ont aidé, en dépit de leur anonymat, par leurs mimiques d'étonnement, d'intérêt ou d'incompréhension, à améliorer mon enseignement au cours d'un long apprentissage par essais et par erreurs. Mes remerciements enfin à mes amis, collaborateurs et étudiants avancés, dont l'amitié m'a tenu compagnie lors des longs mois de rédaction, en particulier Mohammed Bernoussi pour sa collaboration en informatique, et Olivier Coldefy qui a réalisé les figures.

Il n'y a pas d'enseignement sans validation des connaissances, c'est pourquoi j'ai placé, en fin de ce manuel, un QCM (questionnaire à choix multiples) au moyen duquel l'étudiant pourra évaluer son niveau.

Chapitre 1

LA
PSYCHOLOGIE :
HISTOIRE
ET
GRANDS DOMAINES

1 L'OBJET DE LA PSYCHOLOGIE

La psychologie est un domaine de connaissance qui a subi de profondes transformations au cours de l'histoire de la pensée humaine ; on peut distinguer trois périodes historiques essentielles durant lesquelles l'objet même de la psychologie fut différent.

1.1. La connaissance de l'âme

Le mot «psychologie» n'apparaît qu'au XVIII^e siècle. Il est introduit par le philosophe allemand Wolff (1679-1754) pour désigner la science de l'âme. Néanmoins, le passé de la psychologie remonte très loin dans l'histoire, car il est lié à celui de la philosophie, dont l'origine est attribuée à Pythagore (IV^e siècle av. J.C.). Jusqu'à Wolff, l'étude des manifestations de l'âme, pensée, mémoire, etc., était confondue avec l'étude de la nature de l'âme, par exemple le problème de l'immortalité (ex. Platon dans Phédon). Wolff propose le terme de «psychologie» pour l'étude des manifestations de l'âme et le terme de «métaphysique» pour désigner l'étude des propriétés essentielles de l'âme. En conséquence, la psychologie pendant cette longue période historique a deux caractéristiques essentielles,

elle est subjective et elle ne concerne que l'homme, pas l'animal :

- *Psychologie subjective* : elle est subjective, car le philosophe ou le psychologue édifie son savoir essentiellement par l'introspection, c'est-à-dire en observant ses propres états d'âme ; il n'y a pas de preuves basées sur des faits observables. Cette façon de procéder peut conduire en fait à des erreurs grossières. On verra par la suite que nous sommes très souvent incapables de décrire des mécanismes intimes de notre fonctionnement mental : qui peut deviner le nombre de mouvements oculaires par seconde, la nature des pigments de la rétine, la vitesse d'un jugement sémantique ?...
- *Psychologie de l'homme* : la psychologie comme science de l'âme, que l'on peut qualifier de psychologie philosophique, ne concerne pas l'animal puisque l'âme est l'appanage de l'homme.

1.2. La science du comportement

■ *Les débuts de la psychologie scientifique*

Au XIX^e siècle, les conceptions changent radicalement du spiritualisme au matérialisme, probablement comme une conséquence de la révolution industrielle. Cependant, l'émergence de la psychologie scientifique s'est faite progressivement et en fonction de différentes influences (Boring, 1957 ; Fraisse, 1967 ; Reuchlin, 1966). Pour l'essentiel, le développement de la psychologie scientifique est lié au prolongement des recherches physiologiques en Allemagne, en particulier sur le plan des techniques (la mesure des sensations...) mais aussi, en profondeur, à la théorie de l'évolution des espèces de l'Anglais Charles Darwin.

En Europe, principalement en Allemagne, plusieurs chercheurs contribuent à la naissance de la psychologie scientifique à partir de sciences voisines :

- la physiologie : Helmholtz et son traité d'optique physiologique, 1856 ; Wundt et le traité de psychologie physiologique, 1873-74 ; un peu plus tard et en Russie, Pavlov et le conditionnement

- la physique : Fechner et la psychophysique, vers 1851
- la médecine : Ribot en France, Freud en Autriche

Conventionnellement, les débuts de la psychologie scientifique, on dira *psychologie expérimentale*, sont datés de la fondation du premier laboratoire de psychologie en 1879, par Wundt à Leipzig. Parallèlement Darwin publiait son ouvrage *De l'origine des espèces* (1859), dont les implications sont considérables pour la psychologie : l'homme fait partie du règne animal. La théorie de Darwin est donc à l'origine de la psychologie animale. Elle influencera plus spécifiquement des théories «évolutionnistes», notamment le philosophe Herbert Spencer. Théodule Ribot fit une thèse sur la psychologie anglaise qui allait être le point de départ d'une tradition évolutionniste, reprise par Pierre Janet et plus tard par Jean Piaget. Dans le domaine de la psychologie pathologique, Sigmund Freud fut, comme il le dit lui-même dans son autobiographie, très attiré par l'œuvre de Darwin : «La doctrine, alors en vogue, de Darwin m'attirait puissamment comme promettant de donner une impulsion extraordinaire à la compréhension des choses de l'univers» (Freud, 1925). Et l'on sait qu'il a révolutionné les conceptions de la pathologie en montrant que les troubles et les maladies psychologiques ont une origine et évoluent.

■ Watson et le behaviorisme

Les débuts de la psychologie scientifique sont plutôt caractérisés par un objectif de mesure (Fechner et la mesure des sensations ; Ebbinghaus et la mesure de l'oubli, 1885) qui se situe dans le sillage des laboratoires de physiologie et de physique. Mais la coupure avec la psychologie philosophique n'apparaît pas radicale ; c'est ainsi que pour Wundt «toute psychologie commence par l'introspection», et qu'il parle même d'une métaphysique scientifique (cit. Boring, 1957), ce qui peut nous paraître complètement incongru.

Les changements radicaux qui fondent conceptuellement la psychologie scientifique seront provoqués par l'Américain John Watson vers les années 1920, comme une conséquence des idées darwiniennes. Son principe est d'étudier l'homme avec les mêmes méthodes objectives que celles utilisées pour

l'animal qui ne peut s'observer lui-même. L'observation objective (par définition, qui permet un accord entre plusieurs observateurs) ne peut s'appliquer que sur deux sortes de variables vérifiables :

- Les variables de situation : *les stimulus* ; la variété de ces stimulations est illimitée, allant des longueurs d'onde d'un stimulus lumineux à une question posée ou une situation sociale ;
- Les variables de comportement : les réactions ou *réponses* ; réponses motrices comme dans un labyrinthe, temps de réponse, dessins et réponses verbales chez l'homme, indicateurs physiologiques, etc. L'homme comme tout autre organisme ne peut être connu, en fonction de critères d'objectivité, que par son comportement, en américain «behavior» (comportement, conduite), d'où le nom de behaviorisme donné par Watson lui-même à ce point de vue qu'il oppose à ce qu'il appelle la psychologie subjective (que l'on peut appeler aussi psychologie philosophique).

John Watson est nommé professeur et directeur du laboratoire de psychologie expérimentale et comparée de l'université John Hopkins à Baltimore. Il deviendra vice-président de l'agence de publicité J.W. Thomson. En 1913 est publié le premier article faisant connaître son point de vue «La psychologie telle qu'un behavioriste la voit». Il publiera en 1924 son livre *Le behaviorisme*, écrit dans un style simple et direct :

«Le behaviorisme (...) tentait d'appliquer à l'étude expérimentale de l'homme le type de raisonnement et le vocabulaire que de nombreux chercheurs utilisaient depuis tant d'années dans l'étude des animaux inférieurs à l'homme. Nous croyions alors, et nous croyons toujours, que l'homme est un animal qui se distingue des autres uniquement par certains types de comportement. À mon avis, le fait d'imposer cette conviction causa le plus fort de la tempête. Elle suscita le même genre de résistance que celle qu'on observa lorsque De l'origine des espèces de Darwin fut publié pour la première fois...»

■ *Le néobehaviorisme*

Dans son effort de rigueur, Watson ne considère que les stimulus et les réponses et est amené à rejeter toute hypothèse sur

des mécanismes mentaux invérifiables. Il supprime donc du vocabulaire de la psychologie des concepts dont le contenu lui semble subjectif, comme image, mémoire, pensée, et crée un autre vocabulaire (réponses laryngées, apprentissage verbal, etc.). Cependant, les recherches s'accumulant à grande allure sur ces bases rigoureuses, les chercheurs vont être amenés progressivement à faire des hypothèses sur des mécanismes internes permettant de comprendre l'apparition de certains comportements en fonction de certaines stimulations (*infra* Clark Hull et Edward Tolman, chapitre 3).

■ *La psychologie expérimentale en France*

La réticence des behavioristes à faire des hypothèses sur des mécanismes mentaux n'est pas complètement justifiée par des nécessités de rigueur scientifique. En Europe, en particulier en France, la définition par Théodule Ribot d'une psychologie scientifique est sans ambiguïté : «La psychologie dont il s'agit ici sera donc précisément expérimentale : elle n'aura pour objet que les phénomènes, leurs lois et causes immédiates ; elle ne s'occupera ni de l'âme ni de son essence, car cette question, étant en dehors de la vérification, appartient à la métaphysique» (1870, cit. Fraisse, 1967). On retrouve la même attitude chez Alfred Binet (1857-1911), créateur du premier test d'intelligence, et directeur du laboratoire de psychologie physiologique en 1895 (créé en 1882 par le physiologiste Beaunis) : également chez Benjamin Bourdon, élève de Wundt, qui fonda à Rennes en 1896 le deuxième laboratoire français de psychologie expérimentale. Ribot, Binet, Bourdon, et d'autres dont Pierre Janet (1859-1947) et Henri Piéron (1881-1964), conserveront les grands concepts hérités de la psychologie philosophique (perception, mémoire, intelligence, etc.), n'ayant que l'objectif de redéfinir les contenus en fonction de résultats vérifiables.

■ *L'empirisme associationniste*

Les limites, qui sont apparues dans le behaviorisme, proviennent du fait que Watson et les behavioristes sont loin d'être totalement indépendants de toute idéologie philosophique. Ces psychologues ont été éduqués dans le contexte d'une tradition

philosophique anglaise, l'empirisme associationniste, dont ils conserveront certains principes sans prendre conscience apparemment que d'autres options sont possibles. Les philosophes empiristes anglais, notamment David Hume (1711-1776), James Mill (1773-1836) développent des principes déjà présents chez Aristote (384-392 av. J.C.).

- *L'empirisme* : l'esprit est à la naissance une table rase où vont s'imprimer les images, résidus des sensations (dans l'Antiquité, on prenait l'analogie des caractères gravés sur une tablette de cire), c'est l'expérience vécue qui produit l'esprit (Hobbes, 1638-1679) ;
- *L'associationnisme* : principe selon lequel images, idées, etc., ne sont pas enregistrées en désordre mais associées entre elles, d'où les expressions «association d'idées», «le fil de la pensée». Les behavioristes américains s'inspireront essentiellement des thèses réductionnistes de James Mill, en insistant sur la condition de contiguïté temporelle tout en admettant l'importance de la similitude entre stimulus.

L'idéologie de la jeune Amérique est celle du «*self-made man*». L'individu (dont l'immigration ne remonte pas à long-temps) ne doit rien à ses ancêtres mais à ses acquis et son dynamisme personnel. Ces principes s'accordent totalement à la doctrine de l'empirisme, selon laquelle les capacités proviennent des expériences individuelles et non de l'hérédité. Deux découvertes scientifiques considérables vont conforter cette attitude, le *conditionnement* et les *synapses*. Le conditionnement, découvert par Pavlov, indique qu'un nouveau stimulus peut déclencher une réaction réflexe ; par exemple, un son peut déclencher la salivation chez un chien. Watson, et à sa suite les behavioristes, verra dans le conditionnement le prototype du fonctionnement psychologique. Le behaviorisme est essentiellement une psychologie de l'apprentissage. Enfin, la découverte par le physiologiste anglais Sherrington (1897) que le tissu nerveux n'est pas continu mais que les neurones s'associent en des points de jonction, les synapses, justifiera implicitement les associations.

1.3. La science des comportements et des structures mentales

Cependant, l'empirisme associationniste n'est pas la seule conception générale possible et d'autres conceptions ont permis de dépasser les limites du behaviorisme et d'enrichir considérablement la psychologie.

■ *La théorie de la gestalt*

Certains psychologues, d'origine allemande et physiciens de formation, comme Wolfgang Köhler (1887-1967), qui a étudié les sciences physiques avec Max Planck (théorie des quantas), vont opposer au behaviorisme une nouvelle conception dont l'aspect négatif sera l'innéisme. Ces psychologues qui n'ont pas été formés dans une tradition associationniste ont une vision plus physique des phénomènes et sont plus impressionnés par les découvertes sur les champs de forces électromagnétiques (Gauss, Maxwell...) que par le conditionnement. Dans un champ électro-magnétique (électro-aimant), les éléments de la situation ne sont pas associés, comme dans une chaîne, mais sont en interaction, de sorte que tout équilibre peut être rompu par l'addition d'un nouvel élément. Ces structures d'équilibre, dont le modèle est le *champ*, sont appelées «*gestalt*» d'où le nom de «*gestaltistes*» donné aux psychologues de ce courant. La théorie de la gestalt pouvait s'appuyer à l'instar du behaviorisme sur des découvertes. De nombreux faits expérimentaux, en particulier en perception visuelle du fait de la structure spatiale de la rétine, se prêtent bien à une description en terme de champ, par exemple une barre paraîtra plus petite ou plus grande selon l'orientation de pennures (flèches) ajoutées aux extrémités (infra chapitre 2). D'autre part, la mesure de l'électricité cérébrale, l'électro-encéphalogramme, par le psychiatre allemand Hans Berger (1929), a suggéré à Köhler que le fonctionnement cérébral et psychologique était lié à des champs électriques. Mais cette hypothèse a été infirmée par les neurophysiologistes (Karl Pribram) : l'électricité biologique n'est que le reflet de l'activité moléculaire des cellules ou structures nerveuses.

Parallèlement, dans les années 50-60, l'essor de la neurophysiologie remet en cause l'idée behavioriste selon laquelle ce sont les stimulations qui déclenchent l'activité psychologique. L'enregistrement de l'activité électrique du cerveau indique au contraire que le cerveau a une activité autonome : le sommeil et les rêves. D'autres travaux, comme ceux de Penfield et Roberts (1959), sur l'exploration du cerveau grâce à des stimulations électriques pendant des opérations de cerveau (où le sujet reste conscient) montrent l'existence de structures spécifiques du cerveau, comme la partie temporale de l'hémisphère gauche pour le langage, le cortex occipital pour la vision...

■ *Le structuralisme*

Peu à peu donc, l'idée de structure se substitue à celle d'association. Le psychologue suisse Jean Piaget (1896-1980) est resté indépendant à l'égard du behaviorisme et synthétise de manière originale différentes influences, l'évolutionnisme de Pierre Janet, la gestalt, etc., et utilise des concepts structuraux. Pour lui, l'intelligence est constituée de structures analogues à celles de la logique et des mathématiques : les opérations intellectuelles.

La psychologie s'insère ainsi dans un courant de pensée assez général qu'on a appelé le structuralisme : en mathématiques, il est représenté par la théorie des ensembles d'un groupe de mathématiciens, rassemblés sous le pseudonyme de «Bourbaki» ; en linguistique, Chomsky propose des structures de base et des règles de transformation, la grammaire générative, comme analyse du langage...

■ *L'influence de la cybernétique et de l'informatique*

Dans le prolongement de l'effort de guerre américain, les années 50 vont connaître un développement extraordinaire de nouvelles techniques dérivées de l'électronique. Norbert Wiener (1948) crée le terme de cybernétique (étymologiquement, le mot grec «*kybernetes*» signifie «gouvernail»), pour désigner la science de tout système — machine ou organisme vivant — capable d'autorégulation et de communication. Claude Shannon (1948), des laboratoires de la Compagnie des téléphones Bell, publie la *Théorie mathématique de l'informa-*

tion, dans laquelle l'information est indépendante de la nature du code employé et est fonction de la probabilité des événements. Depuis la fabrication de ENIAC (electronic numerical integrator and computer) le premier calculateur électronique, par les Anglais Eckert et Mauchly (1944), le développement de cette technologie s'est accru à une vitesse vertigineuse et nous sommes maintenant très familiarisés à ce monde de l'informatique avec les ordinateurs, micro-ordinateurs, jeux électroniques...

L'informatique va créer un nouveau mode de pensée chez des chercheurs de plus en plus nombreux, surtout à partir des années 60 : c'est la perspective du traitement de l'information. Complémentairement, les chercheurs en informatique s'intéressent à l'étude des mécanismes psychologiques afin de les «copier». Ainsi voit-on des équipes mixtes, formées de chercheurs tant informaticiens que psychologues, entreprendre des recherches en intelligence artificielle, reconnaissance visuelle, synthèse de la parole, etc., de sorte que l'analogie cerveau/ordinateur n'est pas un modèle à sens unique mais un modèle interactif.

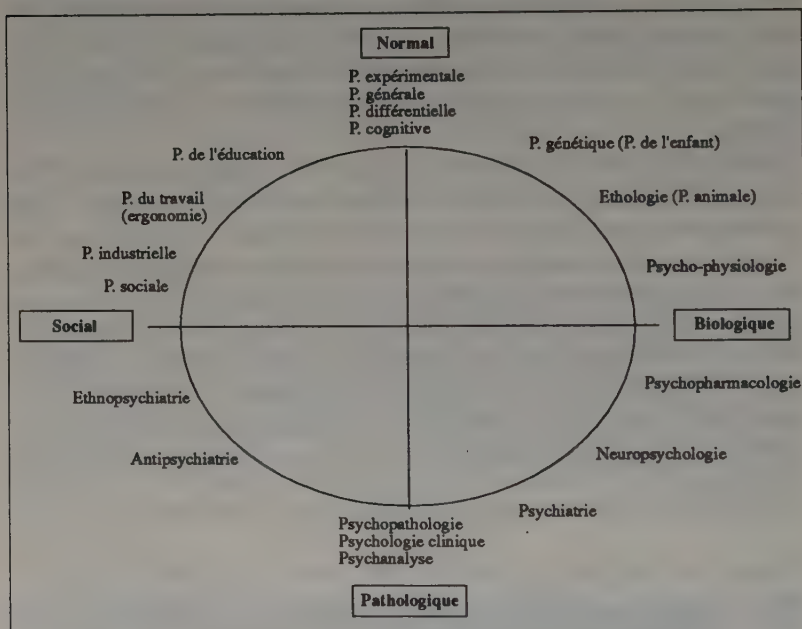
2 PANORAMA DES SPÉCIALISATIONS DE LA PSYCHOLOGIE

La psychologie contemporaine est extrêmement vaste. Dans les années 1970-1980, environ 25 000 publications (articles et livres) ont été diffusées chaque année (d'après un décompte approximatif dans la revue *Psychological Abstracts* qui recense les titres des parutions). Ce chiffre reflète bien l'impossibilité pour un chercheur ou un enseignant d'être au courant ou de faire des recherches dans tous les domaines de la psychologie : c'est pourquoi les spécialisations sont nécessaires en psychologie comme dans les autres sciences.

Néanmoins, ces spécialisations ne sont pas le fruit du hasard ou d'opportunités, et l'on peut présenter presque tous les grands secteurs de la psychologie et sciences voisines si on les

suppose déterminés par deux grands axes, soit quatre pôles (fig. 1).

1. Panorama des grands secteurs de la psychologie



Le premier axe qui paraît sous-tendre les grands secteurs de la psychologie concerne l'étude des faits spécifiquement psychologiques, avec deux pôles correspondant à deux grands domaines, bien différenciés par la méthode et les objectifs : le normal et le pathologique. Le normal concerne l'étude des mécanismes généraux du comportement, c'est le grand domaine de la psychologie générale, objet de ce livre. Parmi les grands thèmes traditionnels de recherche, certains correspondent bien aux objectifs de la *psychologie générale*, dans la mesure où l'on est capable de mettre en évidence des structures ou des mécanismes de fonctionnement assez généraux : par exemple, la perception des couleurs est liée à des mécanismes très proches chez la plupart des individus et de plusieurs espèces, chez le singe, chez certains poissons ; la distinction entre mémoire à court terme et mémoire à long terme est indépendante de l'âge, et des recherches récentes ont confirmé cette

distinction chez d'autres espèces, le singe, le dauphin... Les systèmes de commande des émotions paraissent communs à l'homme et aux vertébrés, etc.

Cependant, le terme de général n'a en fait qu'un sens générique, car, même pour des mécanismes très ressemblants, il existe toujours des différences entre espèces animales, entre l'animal et l'homme, des différences en fonction du développement génétique de l'enfant ou du vieillissement, de sorte que la *psychologie différentielle*, dont l'objet est l'étude des différences, est le complément naturel de la psychologie générale (Reuchlin, 1974). En fonction de l'histoire de la psychologie scientifique, nous avons vu que l'accent a dû être mis sur la mesure, la rigueur, c'est la raison pour laquelle la psychologie a été qualifiée de *psychologie expérimentale* par opposition à la psychologie philosophique ou subjective. Néanmoins, l'attitude expérimentale domine maintenant dans la plupart des secteurs de la psychologie, si bien que le qualificatif «*expérimental*» ne permet plus guère de spécifier le champ de recherche et qualifie essentiellement les laboratoires ; si l'on parle parfois de psychologie sociale expérimentale, on ne parle pas de psychologie expérimentale de l'enfant, ou de psychologie différentielle expérimentale. On tend donc à lui substituer, par exemple pour l'enseignement universitaire, le concept de psychologie générale et parfois de *psychologie cognitive*. Quoique le terme de cognitif ait été introduit depuis plusieurs dizaines d'années par Piaget et Bruner, il a acquis ces dernières années une valeur générique pour désigner les recherches portant sur les structures mentales, spécialement dans la perspective du traitement de l'information. La psychologie cognitive est devenue un secteur carrefour entre les psychologues et les ingénieurs ou chercheurs en informatique, et technologies nouvelles ; des équipes de recherche ou des centres de recherche cognitive sont de plus en plus nombreux à se créer.

A l'opposé du normal, le pathologique concerne les maladies et troubles psychologiques. La *psychologie pathologique* se trouve souvent qualifiée (de la même manière que la psychologie normale par le qualificatif d'*expérimental*) par sa méthode, clinique, et l'on emploie alors le concept de *psychologie clinique* : pour l'essentiel, il s'agit là de synonymes. En revanche certaines spécificités particulières proviennent de positions théoriques spécifiques, le cas le plus typique étant représenté

par la *psychanalyse*, tout à la fois théorie (en cela elle concerne la psychologie générale) et thérapie, basées sur l'œuvre de Freud.

Le deuxième axe concerne les influences de deux aspects indissociables du comportement, d'une part le biologique, c'est-à-dire les racines du comportement, d'autre part le social, c'est-à-dire les interactions entre l'homme et les institutions sociales. Au pôle biologique, correspond le domaine immense de la *psychophysiologie* où sont étudiées les bases biologiques des comportements, étude essentielle puisque, conformément à une conception matérialiste et plus spécifiquement à la théorie de l'évolution, il ne peut y avoir de mécanismes psychologiques sans cerveau ni système nerveux. Nous verrons que certains aspects de notre fonctionnement psychologique ne peuvent être compris que grâce à la connaissance des mécanismes biologiques, la perception visuelle en est un exemple démonstratif. Certains secteurs de spécialisation sont plutôt la cristallisation d'influences mixtes, qui apparaissent sur le schéma (fig. 1) entre des pôles. Ainsi trouvons-nous, entre la psychologie générale et la psychophysiologie, l'*éthologie*, autrefois psychologie animale, qui concerne l'observation des animaux dans leur site (ou un environnement proche) de façon à ne pas dénaturer leur comportement (infra « motivation », chapitre 7). Très près de la psychologie générale mais vers le pôle biologique, on peut placer la *psychologie génétique* (ou psychologie de l'enfant). Génétique (suggéré par Piaget) a ici le sens de genèse, développement, et non de génétique au sens de gènes des chromosomes.

D'autres secteurs sont au confluent du pathologique et du biologique. Tout d'abord, la *psychiatrie*, avec des traditions médicales et une tendance à supposer la dominance de facteurs organiques dans l'origine des troubles ; les traitements sont également plus médicaux, surtout depuis l'essor de la *psychopharmacologie*. La neurologie et la *neuropsychologie* sont directement concernées lorsque le diagnostic fait apparaître un lien de cause à effet entre un trouble organique, par exemple une lésion, une tumeur, et le trouble psychologique. On verra que la confrontation des modèles théoriques entre la psychologie cognitive et la neuropsychologie donne un essor extraordinaire à la connaissance du cerveau et de son fonctionnement. Les techniques modernes, chimie biologique, microscopie élec-

tronique, ont également permis un développement spectaculaire, mettant en évidence que le fonctionnement des neurones est lié à une communication au niveau des synapses grâce à des molécules spécifiques, qu'on a appelées pour ces raisons des *neurotransmetteurs* (ou neuromédiateurs), dont la variété et l'importance semblent de plus en plus évidentes : l'acétylcholine, la noradrénaline, la dopamine, la sérotonine, le gaba, etc. Le rôle des drogues, par exemple, est moins mystérieux depuis qu'on a mis en évidence des ressemblances dans la structure chimique entre des neurotransmetteurs et certaines drogues. La mescaline a le même noyau chimique que la dopamine, et le LSD a le noyau de la sérotonine (Iversen, 1979). Les hallucinations perceptives produites par ces drogues pourraient donc s'expliquer par le fait que les centres visuels se trompent et prennent les molécules de ces drogues pour de vrais signaux.

L'homme est un animal grégaire, il ne peut vivre (sauf exception) qu'en groupe et, un en sens, toute la psychologie est sociale : la psychologie de l'homme seul serait une psychologie sans langage, sans temps, etc. La *psychologie sociale* au sens strict est la prise en compte du social, en particulier des groupes : interactions individuelles dans le groupe, phénomène de direction (leadership), ou d'influence du groupe sur l'individu. La prise en compte du social dans le domaine de la pathologie a amené un courant de pensée, appelé antipsychiatrie, à montrer comment certains troubles peuvent être attribués à des phénomènes sociaux plutôt qu'à des phénomènes psychologiques ou organiques. De même l'ethnopsychiatrie analyse la psychologie et la maladie mentale en fonction des cultures ethniques, comme le complexe d'Œdipe dans la société matrilinéaire.

Enfin d'autres secteurs sont intermédiaires entre la psychologie sociale et la psychologie générale. Ainsi la *psychologie industrielle*, ou des organisations, porte sur les problèmes de groupe ou des individus dans l'entreprise (problèmes de sélection, de hiérarchie...), tandis qu'en *psychologie du travail*, ou ergonomie, les objectifs sont plus près de la psychologie générale : analyse de tâches de l'individu, adaptation de l'homme à un poste de travail, problèmes de concurrence cognitive (comme celui de savoir si une conversation diminue la capacité de traitement d'un problème, dans le cas des contrôleurs aériens par exemple). L'institution scolaire est également un environnement social qui détermine des comportements et des

problèmes spécifiques, tels que méthodes de lecture, adaptation de l'enfant aux rythmes, etc., qui sont du ressort de la *psychologie de l'éducation*.

3 LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE EN PSYCHOLOGIE

La psychologie est une science comme d'autres sciences, et l'opposer à des sciences dites «exactes» ou «dures» semble sans fondement : la climatologie ne paraît pas moins aléatoire que la psychologie ; la paléontologie, en tant que science portant sur des animaux disparus, a certainement plus de difficultés à être une science expérimentale que la psychologie... Les chercheurs utilisent le même raisonnement fondamental et la même méthode fondamentale que d'autres scientifiques : *l'expérimentation*.

Le raisonnement scientifique qui aboutit à l'expérimentation est basé sur un postulat, le *déterminisme* : tout effet est produit par une cause ; effets et causes étant bien entendu considérés comme des faits naturels et vérifiables, l'on exclut toutes causes surnaturelles invérifiables, qu'elles soient issues de la religion, de la légende, ou de préoccupations mystiques modernes : effet PSI, extra-terrestres, etc. Si l'on s'intéresse à un phénomène, on en viendra vite après des observations préliminaires à supposer une relation entre une cause et un effet.

Exemple : on suppose que la mémoire des dessins est meilleure que la mémoire des mots.

Cette relation supposée entre cause et effet est appelée *hypothèse*, et, pour vérifier si cette hypothèse est vraie ou fausse, on se servira de deux à trois règles, toutes déduites logiquement du postulat du déterminisme.

Si la cause suspectée produit bien l'effet étudié, trois cas peuvent se présenter («C» représente la cause et «E» l'effet étudié) :

- 1^{er} cas : $C \rightarrow E$
(la cause étant présente, l'effet doit se produire)
- 2^e cas : $C \text{ absent} \rightarrow E \text{ absent}$
(la cause étant absente, l'effet ne doit pas se produire ; je suppose pour simplifier qu'il n'y a qu'une seule cause)
- 3^e cas : $C \nearrow E$
(la variation de la cause peut entraîner la variation de l'effet)

La mise à l'épreuve de l'hypothèse s'appelle *l'expérimentation, ou expérience*, et consiste à réaliser au minimum les deux premiers cas (le troisième suppose une variation possible du facteur causal) :

- la réalisation du premier cas s'appelle *condition expérimentale*, (groupe expérimental, si cette condition se réalise sur un groupe spécifique de sujets) ;
- la réalisation du deuxième cas s'appelle *condition contrôle*, ou témoin (ou groupe contrôle).

Cause et effet sont appelés facteurs (de l'expérience) ou variables : la *variable indépendante* concerne la cause (qui est indépendante de l'effet) et la *variable dépendante* concerne l'effet (puisqu'il est la conséquence de la cause). Voilà pourquoi toute expérience doit nécessairement comporter au moins une condition expérimentale et une condition contrôle. Cela paraît évident mais, dans la pratique, il est très fréquent d'entendre tirer des conclusions sans référence à une condition contrôle (méthode de lecture, etc. ; le promoteur de la méthode «croit» en sa méthode et ne pense pas forcément à un groupe de comparaison).

Selon le degré de connaissance, l'hypothèse est parfois difficile à formuler (par exemple, lorsqu'au début d'une recherche on ne connaît rien du phénomène) ou, à l'extrême inverse, l'hypothèse pourra intégrer des précisions numériques compte tenu de résultats antérieurs. À ces degrés de l'hypothèse correspondent des degrés de précision dans l'expérience, puisque l'expérience n'est que la mise à l'épreuve d'une hypothèse : aux niveaux les plus faibles, il s'agit de l'*observation* simple, et de l'«*expérience pilote*» (on ne prévoit pas le sens des

effets), tandis que les niveaux les plus forts correspondent à des hypothèses déduites de *théories*, avec éventuellement des prévisions quantitatives (par exemple le modèle statistique).

LECTURES CONSEILLÉES

Fraisse, P. — *L'évolution de la psychologie expérimentale*, in *Traité de psychologie expérimentale*, PUF, Paris, 1967.

Reuchlin, M. — *Histoire de la psychologie*, Paris, PUF, 1966.

Rossi, J.P. & al. — *La méthode expérimentale en psychologie*, Paris, Dunod, 1989.

Chapitre 2

LA PERCEPTION

La perception désigne l'ensemble des mécanismes physiologiques et psychologiques dont la fonction générale est la prise d'information dans l'environnement ou dans l'organisme lui-même.

1 MODALITÉS SENSORIELLES ET NOTIONS DE PSYCHOPHYSIQUE

Les philosophes distinguaient perception et sensation en réservant ce dernier terme pour désigner des processus ou modalités perceptives élémentaires, mais on ne peut tracer objectivement de frontière entre des processus élémentaires et complexes, de sorte que ces deux termes sont synonymes ; on peut parler aussi bien de modalités perceptives que de modalités sensorielles, quoique ce dernier terme soit traditionnellement plus utilisé lorsque les recherches sont plus physiologiques que psychologiques. On dit communément qu'il y a cinq sens, ou on parle, ce qui revient au même, d'un soi-disant sixième sens. Mais cette évaluation est largement loin du compte, car notre corps est bardé de dispositifs de détection, récepteurs de la pression sanguine, récepteurs du taux de sucre, récepteurs des muscles et tendons, etc.

Pour exemple, le sinus carotidien qui est un endroit de la carotide rempli de récepteurs de pression sanguine ; il est connu depuis des millénaires dans les Arts martiaux (karaté) comme un point vital, car un coup porté à cet endroit provoque une syncope (le cerveau l'interprète comme un excès de pression sanguine).

Il existe donc une grande variété de récepteurs. Néanmoins, la plupart semblent jouer leur rôle dans des systèmes automatiques et ne suscitent pas de sensations descriptibles, sauf à des niveaux très intenses de stimulation, ce qui peut être vu sur le plan fonctionnel comme une alerte : étirement des tendons, douleur, etc. D'autres modalités de réception de l'information déterminent des sensations descriptibles et pour cette raison entrent dans le domaine de la psychologie, ce sont les cinq sens traditionnels — toucher, goût, odorat, audition et vision —, qui ne sont pas des modalités uniques (audition et équilibration) mais des catégories de plusieurs modalités sensorielles qui correspondent au moins à une unité anatomique, la peau, la bouche, le nez, l'oreille et l'œil.

1.1. Sensibilités tactiles et seuils perceptifs

Les sensibilités tactiles illustrent bien les deux faces des sensations, le côté subjectif et le côté objectif. Le côté subjectif est lié aux descriptions variées mais souvent imprécises dont nous sommes capables : chacun se rappelle la fameuse distinction du Dr Knock de Jules Renard entre « chatouillement » et « gratouillement ». Les recherches psychophysiques vont partir d'une technique originale inventée par Max von Frey (1852-1932), qui consiste à explorer la peau avec des aiguilles, à la recherche de points sensitifs (Boring, 1957). Celui-ci voulait vérifier si, comme on le croyait à l'époque, la douleur naissait d'une stimulation trop intense dans une sensation donnée ; pour le constater, il entreprit d'explorer la peau avec de fines aiguilles et il découvrit l'existence de points sensibles spécifiques, inégalement répartis à la surface de la peau. Certains points stimulés provoquent une sensation de tact (toucher),

d'autres de chaud, d'autres de froid, et enfin certains points ne donnent naissance qu'à des sensations de douleur, mais alors les stimulations doivent être fortes ; les points sont spécifiques, et stimuler un point de chaud avec une aiguille froide ne donnera aucune sensation. Dans les recherches sur le tact et la douleur, les aiguilles sont lestées par un poids calibré de quelques grammes ou dizaines de grammes (1g, 2g, 20 g) et, dans les recherches sur le chaud et le froid, des stimulateurs thermiques renferment un liquide chaud ou froid. Ces recherches mettent en évidence qu'il existe quatre catégories de sensations tactiles :

- le contact (stimulus vibro-tactiles)
- la douleur
- le chaud
- le froid

Il n'est pas impossible néanmoins qu'il existe d'autres catégories (sensibilité aux vibrations, etc.), car les physiologistes ont mis en évidence un plus grand nombre de récepteurs, dont certains n'ont pas de fonction connue (Laporte, 1969). Les récepteurs sont très inégalement répartis, de sorte que le cerveau est bien informé sur ce qui se passe dans certaines régions et beaucoup moins dans d'autres, un peu comme un centre de surveillance qui placerait plus de caméras ou de capteurs dans des zones à haut risque. En caricaturant, on peut dire que le front informe sur la douleur (protection du cerveau), le nez sur le froid, la main sur le toucher... Plus les points sensitifs (ou récepteurs) sont nombreux et plus la sensibilité est grande. En psychophysique, depuis Weber et Fechner, on exprime la sensibilité par des seuils ; le seuil absolu et le seuil différentiel :

- *le seuil absolu* : c'est la grandeur de la stimulation qui est juste perçue ; en pratique, perçue dans 50 % des cas : le seuil de douleur est de 30 g par mm² pour le bout du doigt, et il n'est que de 0,2 g sur la cornée de l'œil ;
- *le seuil différentiel relatif* : le physiologiste Ernst Weber (1795-1878) a établi le fait, fondamental en perception, que nous sommes essentiellement sensibles aux différences relatives (Piéron, 1967). Ainsi, soupesant un poids de 100 g, il faudra soupeser un poids de 102,5 g pour per-

cevoir la différence ; il faudra un poids de 205 g pour percevoir la différence avec un poids de 200 g ; 307,5 g pour 300 g, 410 g pour 400 g, etc. :

$$\frac{102,5 - 100}{100} = \frac{205 - 200}{200} = \frac{307,5 - 300}{300}, \text{ etc.} = 2,5\%$$

Cette proportion est appelée *rapport de Weber* (ex. : 2,5 % pour les poids). Celui-ci est constant dans certaines limites et, quoique ayant des valeurs différentes, on le retrouve dans de nombreux phénomènes perceptifs, de la musique (ainsi que nous le verrons plus loin) à la perception de la valeur de l'argent. Déjà au XVIII^e siècle, Daniel Bernouilli (l'un des trois mathématiciens de la famille) émettait l'idée selon laquelle l'avantage moral ne croît qu'avec l'accroissement relatif de la fortune physique (ainsi, 1 000 F n'a pas la même valeur pour un étudiant et pour un milliardaire). La relativité n'est pas seulement une grande loi de la physique, c'est la grande loi de la psychophysique.

1.2. Le goût

Le goût, tel qu'on l'entend dans la vie quotidienne et chez les gastronomes, est en fait un complexe de plusieurs modalités sensorielles :

- *odorantes* : l'odeur des aliments et des liquides ; ce sont en fait les odeurs qui enrichissent considérablement le goût et qui font la saveur des fruits ou le bouquet d'un vin ; on s'en rend compte lorsqu'on est enrhumé, il ne reste alors plus grand chose du «goût» ;
- *tactiles* : les récepteurs tactiles de la langue et de la paroi de la bouche déterminent des sensations de chaud, de froid, de toucher, que l'on retrouve dans le vocabulaire des gastronomes, en particulier chez les goûteurs de vin : chambré (chaleur), râpeux, soyeux, velouté (tactile)...

L'étude physiologique et psychophysique montre, et c'est assez général dans tout le règne animal, qu'il n'y a que quatre sensations *gustatives*, qui correspondent de manière assez évi-

dente à une utilité adaptative (par la sélection naturelle ; Le Magnen, 1951) :

- *le salé* : le prototype en est le sel de cuisine (NaCl) ; il correspond à l'élément vital dès l'origine de la vie, l'eau salée de l'eau de mer ; chez les animaux terrestres, on sait que le sang (et autres éléments liquides, lymphe, etc.) est un milieu aquatique interne ; le besoin de sel est tellement vital qu'il était considéré dans les pays chauds comme un élément précieux d'où l'existence des caravanes de sel ;
- *le sucré* : le glucose est l'aliment apportant l'énergie des muscles et du cerveau ; pour le goût, le prototype du sucré est le saccharose (sucre ordinaire) qui est composé de deux molécules de glucose ; l'amidon (farine, pomme de terre, etc.) est une chaîne de molécules de glucose ;
- *l'acide* : le prototype est l'acide chlorhydrique, HCl ; les acides détruisent les tissus, de sorte qu'afin de les préserver il y a nécessité d'une grande sensibilité à la teneur en acide ;
- *l'amer* : le prototype est la quinine ; il semble que l'amer soit une sensation gustative produite par les alcaloïdes ; sachant que beaucoup de poisons, par exemple dans les champignons, sont des alcaloïdes, c'est probablement là que réside l'utilité adaptative d'une telle sensibilité.

Il existe d'énormes différences de sensibilités à la fois dans le règne animal (par exemple le papillon monarque a une sensibilité au sucré estimée comme 1 000 fois supérieure à celle de l'homme), mais aussi entre les substances puisque, chez l'homme, certains sels paraissent plus salés que d'autres dans des proportions parfois énormes (jusqu'à 400 000 fois), d'où peut-être les goûts et les dégoûts.

1.3. L'odorat

A l'inverse du goût qui se réduit à quatre catégories sensibles, l'odorat produit des sensations spécifiques, individualisées pour des milliers de substances chimiques en suspension dans l'air (homme et animaux terrestres) ou dans l'eau (animaux aquatiques). Il y a donc des milliers d'odeurs que certains chercheurs, en vue d'applications industrielles (industries ali-

mentaires, cosmétiques), ont tenté de catégoriser : aromatique (l'œillet), balsamique (le lilas), éthérée (alcool), brûlé (café, goudron)... Mais la diversité des systèmes de classification indique leur côté subjectif. Le mode d'action des molécules odorantes est encore un mystère, et selon des recherches récentes utilisant l'imagerie médicale (Jourdan, 1987) une odeur serait reconnue comme un complexe de traits, un peu comme une forme visuelle.

De même que pour le goût, les sensibilités varient énormément entre les individus et surtout entre certaines espèces. Les systèmes récepteurs de la muqueuse olfactive disposent déjà d'un nombre très variable de cellules réceptrices (Le Magnen, 1969), dix millions pour l'homme et deux cents millions chez le chien berger allemand. Ces différences, peut-être même démultipliées au niveau du cerveau (bulbe olfactif), expliquent les extraordinaires performances de certaines espèces. Le chien berger a une sensibilité un million de fois supérieure à l'homme. Le record cependant est détenu par certains poissons : les anguilles et les saumons, dont l'odorat extraordinaire permet aux rescapés des longues migrations de reconnaître «chimiquement» la rivière de leur enfance. Sur un plan adaptif, le rôle biologique de l'odorat s'explique par son importance dans de nombreux comportements : recherche de la nourriture, comportement sexuel, etc. Le bombyx, dans la célèbre étude de Fabre (*Souvenirs entomologistes*, 1942), repère une femelle à plusieurs kilomètres.

1.4. Audition et psychophysique de la musique

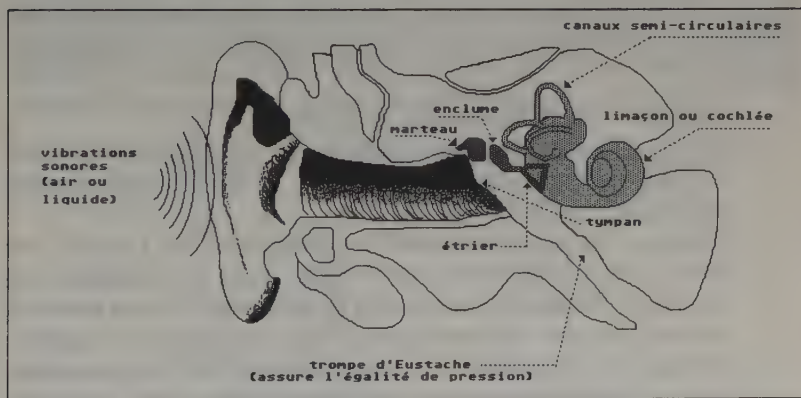
1.4.1. Les mécanismes récepteurs

L'oreille est composée de trois parties (fig. 2) :

- *l'oreille externe* (le pavillon), qui fait converger les ondes sonores au niveau du tympan, membrane qui vibre en fonction de la pression des molécules de l'air, donnant le son ;
- *l'oreille moyenne*, formée de trois petits os, marteau, enclume et étrier, qui s'emboîtent de manière à amplifier les résonances du tympan ;

— *l'oreille interne*, composée d'un os creux, qu'on appelle le limaçon en raison de sa forme de coquille d'escargot, et qui renferme l'organe nerveux responsable des sensations auditives, la cochlée (on prononce «coclé»). La cochlée (Gribenski, 1964) est constituée d'une paroi membraneuse tapissant l'intérieur du limaçon et d'une membrane qui flotte dans le liquide interstitiel comme une algue au gré des vagues. En ondulant, la membrane (dite «tectoriale») stimule les cils de cellules nerveuses de l'*organe de Corti* ; ces cellules ciliées sont les neurones récepteurs dont les potentiels bio-électriques représentent le début du signal auditif : elles sont entourées de cellules bipolaires dont les axones forment le nerf auditif. On estime à 30 000 le nombre d'axones qui se rassemblent pour former le nerf auditif (Bonnet, 1969).

2. «L'oreille et la cochlée».



Le physiologiste hongrois Georg von Békésy (prix Nobel de médecine en 1961) observa les ondulations sur de véritables limaçons percés de petites fenêtres. Il montra que le sommet des ondulations est près de l'étrier pour les fréquences hautes — sons aigus —, et de plus en plus loin vers le sommet du limaçon pour les sons de basse fréquence — sons graves — (von Békésy, 1957).

L'équilibre a un fonctionnement très proche, lié à l'excitation de cellules ciliées à l'intérieur de cavités situées dans l'os

du limaçon : l'*utricule* et le *sacculle* pour un système statique, et trois *canaux semi-circulaires* pour les sensations de déplacement (sensation de tourmis dans la valse, etc.).

1.4.2. Psychophysique de l'audition et de la musique

Le son est une sensation complexe. Sur le plan physique, l'onde sonore est la pression des molécules d'un milieu élastique, l'air (l'eau pour les poissons). Certains faits sont liés à cette pression, cependant les neurorécepteurs de l'audition (les cellules ciliées de la cochlée) ne sont pas stimulés par des pressions mais par des ondulations et c'est probablement là l'origine de la danse, c'est-à-dire notre tendance irrésistible à associer des mouvements ondulatoires aux sons.

Physiquement, le son s'analyse comme une onde complexe périodique (qui se reproduit avec la même forme) ; lorsque l'onde n'est pas régulière, périodique, elle est perçue comme un bruit. Cette onde complexe s'analyse selon trois paramètres physiques qui correspondent à trois catégories de sensations auditives :

- *intensité* : la force du son (pression) ;
- *fréquence* : la fréquence (nombre de vibrations par seconde) est perçue comme la hauteur, tonalité ou *fréquence* (influence de la HI-FI) ;
- *timbre* : la perception de la complexité de l'onde ; en effet, une onde sonore (telle qu'on peut la visualiser sur un écran vidéo) est le produit de plusieurs ondes sinusoïdales simples qu'on appelle en musique les harmoniques ; la spécificité des harmoniques fait la «personnalité» d'un instrument de musique et nous fait percevoir différemment une note identique jouée sur un piano ou un saxophone.

En psychophysique, physiologistes, psychologues expérimentalistes et acousticiens essaient de mesurer les propriétés des sensations auditives :

■ La fréquence

Les limites moyennes perceptibles vont approximativement de 20 Hz (hertz = nombre de vibrations par seconde), sons très

graves de l'orgue, à 20 000 Hz, les sons les plus aigus ; voici quelques exemples :

- voix : 500
- soprano : 80 à 1150
- piano : 27 à 4150
- flûte très aiguë : 4550
- orgue : 16 à 16700

C'est surtout notre capacité de différencier des sons de hauteur différente qui est à la base de la musique. La mesure des seuils différentiels relatifs montre que l'homme est capable d'identifier 1 000 différences relatives dans la hauteur, ce sont les échelons différentiels. On retrouve ce phénomène de constance des rapports de fréquence dans les notes de la gamme moderne, établie par Bach ; la mesure des fréquences (Stevens et Warshofsky, 1966) des sept notes et des cinq altérations (bémol ou dièse) indique des propriétés remarquables dans la perception des notes de musique : on constate par exemple que la différence relative entre la fréquence d'un demi-ton (ex. do et le demi-ton inférieur si) a un rapport de Weber (supra «sensibilités tactiles», même chapitre), constant d'environ 6 %. Ce rapport n'est constant que dans les fréquences moyennes.

$$\text{Exemple pour do et si : } \frac{523 - 494}{494} = .058$$

- *do* = 523 Hz
.058
- *si* = 494 Hz
.06
- *la*# = 466
.059
- *la* = 440
.06
- *sol*# = 415
.058
- *sol* = 392
.059
- *fa*# = 370
.06
- *fa* = 349
.057

- *mi* = 330
.061
- *ré#* = 311
.061
- *ré* = 294
.061
- *do#* = 277
.057
- *do* = 262

C'est avec cette véritable anticipation empirique de la psychophysique que Jean-Sébastien Bach (1685-1750) fondait la musique moderne.

■ *L'intensité*

Les ingénieurs du son ont imaginé une échelle de mesure de l'intensité sonore basée sur le même principe. Cette échelle est une application directe de la théorie de Fechner, le fondateur de la psychophysique qui, s'appuyant sur le rapport de Weber, pensait que la sensation croît comme le logarithme de la stimulation physique (par exemple, on ajoute une unité chaque fois qu'on multiplie par 10). Or les énergies de pression sur le tympan croissent de façon vertigineuse (Matras, 1961), alors que nous ne sommes sensibles qu'à environ 325 échelons différentiels d'intensité (seuil différentiel relatif). Les acousticiens américains, comme Fletcher, ont donc construit une échelle dans laquelle une unité de 1 bel, (en l'honneur d'un des inventeurs du téléphone, Graham Bell) correspond à un coefficient multiplicateur de 10 watts par cm^2 ; pratiquement on parle de décibels (1 dB = 1 dixième de bel) :

- bruit d'un atelier : 10^{-6} $\text{W/cm}^2 = 100$ dB
- conversation : 10^{-10} $\text{W/cm}^2 = 60$ dB
- chuchotement : 10^{-14} $\text{W/cm}^2 = 20$ dB

Dans ces exemples, on constate que les niveaux physiques de bruit augmentent de $10\,000 \text{ W/cm}^2$ (10^4), ce qui correspond dans l'échelle des acousticiens à des augmentations de + 4 bels soit 40 décibels.

■ *Le timbre*

Le timbre est la perception de la complexité d'une onde sonore. Depuis le mathématicien Joseph Fourier, on sait que l'on peut décomposer toute onde périodique complexe en une série de sinusoïdes d'amplitude décroissante (dans ce cas, l'intensité sonore) et de fréquences multiples : la première est la *fondamentale* et les autres sont les *harmoniques*. Les pythagoriciens avaient déjà découvert en faisant vibrer des cordes que les sons harmonieux correspondent à des longueurs de cordes dont les rapports sont des nombres entiers. On sait maintenant que la perception d'un son harmonieux correspond à des concordances de phases (les ondes coïncident à certains moments à l'amplitude nulle). Ce phénomène a trouvé deux grandes applications en musique, l'octave et les accords :

- l'octave : les *do*, du plus grave (16 Hz) au plus aigu (16 700), correspondent approximativement à un doublement de la fréquence à chaque octave.
- l'accord : en ce qui concerne les autres notes de la gamme musicale, on s'aperçoit que la 1^{re} harmonique est la fréquence de la douzième note au-dessus de la note du son fondamental et que la 2^e harmonique est la dix-septième note au-dessus : par exemple pour un *do*, la douzième est un *sol* et la dix-septième est un *mi*, les trois notes jouées ensemble forment un son agréable, c'est le principe de l'accord parfait.

2 PSYCHOPHYSIOLOGIE DE LA VISION

La vision chez l'homme est une modalité sensorielle d'une importance considérable ; on sait quel drame cause la cécité et on peut également avoir une idée de cette importance en comparant les 30 000 fibres du nerf auditif au million de fibres du nerf optique ; sachant la richesse de l'univers auditif, par exemple dans un opéra, on conçoit l'affolante richesse de l'univers visuel. Les découvertes récentes en psychophysiologie, en particulier en électrophysiologie, apportent des connaissances

indispensables à la compréhension de la perception visuelle. Cependant, les détails anatomiques ou physiologiques seront simplifiés avec l'objectif de mettre en évidence les implications sur le plan du fonctionnement psychologique.

2.1. Description du système visuel

2.1.1. *Le globe oculaire*

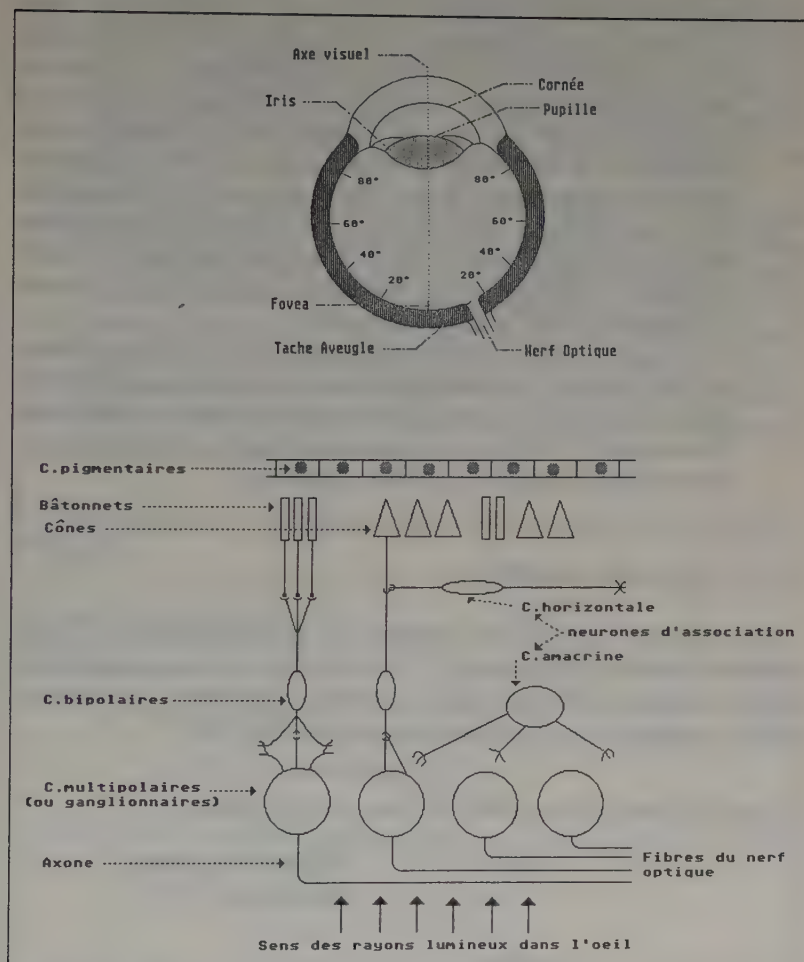
L'œil est un système optique convergent (fig. 3) qui peut être comparé à une caméra avec zoom. La fonction de l'œil est optique : elle est de permettre la projection des rayons lumineux, réfléchis par les objets, sur la rétine, comme la projection d'une diapositive sur un écran. Ceci est permis par la transparence en avant de l'œil, la *cornée* ; le globe oculaire est bombé au niveau de la cornée et renferme un organe transparent et ovoïde, le *cristallin*, qui joue le rôle d'un zoom ; en effet, cette «lentille» convergente qu'est le cristallin est plus ou moins contractée ou étirée sous l'action des muscles ciliaires, afin de faire varier la convergence, c'est ce qu'on appelle l'*accommodation*. Devant le cristallin existe un diaphragme constitué de muscles circulaires, l'*iris*, qui donne la couleur des yeux. Le trou formé par l'iris est la *pupille* ; elle apparaît noire alors qu'en fait il ne s'agit que d'un trou ; la pupille se rétrécit lorsque la luminosité est trop forte pour ne pas brûler la rétine et s'agrandit dans la pénombre.

De la structure du globe oculaire dépendent déjà un grand nombre de phénomènes comme la myopie, provoquée par une trop forte convergence de l'œil.

2.1.2. *La rétine*

La rétine est un tissu nerveux extrêmement différencié. Elle est sur le plan embryonnaire une excroissance du cerveau (Delmas et Delmas, 1963) et fonctionne comme un véritable micro-ordinateur, analysant et intégrant de très nombreux signaux lumineux qui seront finalement interprétés par d'autres structures du cerveau comme des contours, des couleurs, etc.

3. «L'œil et la rétine.»



Pour l'essentiel (fig. 3), il existe une structure verticale et une structure horizontale, constituées de cellules nerveuses spécialisées environnées de cellules gliales (nourricières) :

- *sur le plan vertical*, deux catégories de cellules nerveuses sont très spécialisées de façon à servir d'interface entre l'environnement et l'organisme, les *cônes* et les *bâton-*

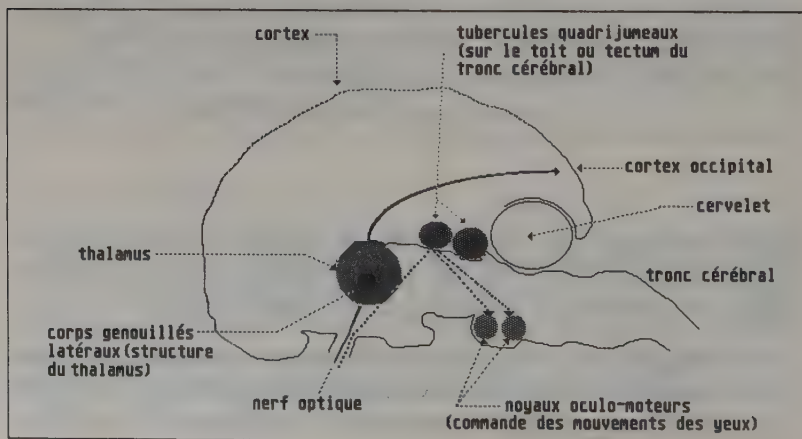
nets. Ce sont des neurones sans dendrites mais qui contiennent des pigments qui, en se transformant sous l'impact des photons de la lumière, déclenchent des modifications physico-chimiques constituant le départ du signal bio-électrique. Les *cellules bipolaires*, puis les *cellules multipolaires*, reçoivent par la transmission synaptique le signal bio-électrique et, sauf une exception notable, chaque type de cellules intègre déjà un regroupement des signaux. Les axones des cellules multipolaires longent la paroi interne pour se rassembler dans le nerf optique. Au départ de ce «câble», il n'y a pas de photorécepteurs : c'est le point aveugle ;

- *sur le plan horizontal*, les cellules horizontales et amacrines opèrent des associations à des étages différents, selon des connexions complexes encore mal définies (Baumgardt, 1968) mais dont on connaît certaines fonctions (infra «contour», même chapitre).

2.1.3. Les voies visuelles

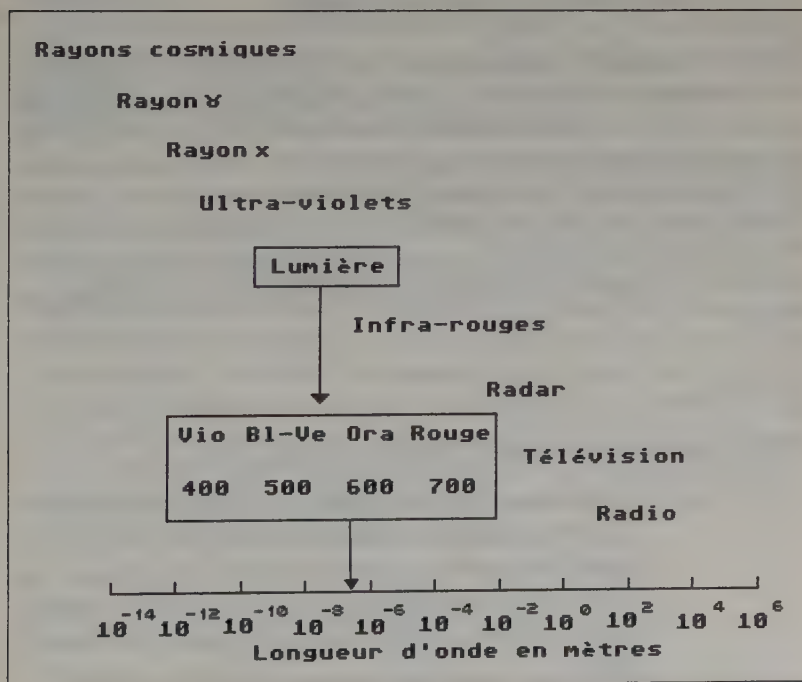
Les signaux nerveux sont transmis et analysés dans deux systèmes différents (Jeannerod, 1974) dont les rôles se complètent (*infra* «mouvements oculaires», même chapitre), le système rétino-cortical et le système rétino-tectal (fig. 4) :

4. «Les deux trajets des voies visuelles dans le cerveau.»



- *le système rétino-cortical* est le système de l'identification des formes : il englobe les fibres du nerf optique (et leurs relais) qui partent de la rétine, parviennent à un centre sous-cortical — véritable ordinateur de la perception, le *thalamus* (et plus spécialement les corps genouillés pour la vision) — et enfin se projettent dans le cortex, dans la région occipitale spécialisée dans la vision ;
- *le système rétino-tectal* sert à la localisation : il regroupe des fibres qui suivent un trajet très différent puisqu'elles se projettent dans les tubercules quadrijumeaux (tubercules bijumeaux chez les batraciens), puis à l'intérieur du tronc cérébral dans des petits centres nerveux qui commandent les mouvements des yeux, les noyaux oculomoteurs ; les tubercules quadrijumeaux sont situés sur le tectum (toit) du tronc cérébral d'où le nom de rétino-tectal donné à ce type de trajet.

5. «Le spectre de la lumière visible dans les rayonnements électromagnétiques.»



2.2. Le traitement de la lumière

2.2.1. La lumière

La vision correspond à la réception et à l'interprétation par le cerveau d'une toute petite partie des ondes électromagnétiques, qui toutes ont des propriétés ondulatoires (Fresnel, Maxwell), corpusculaires (Planck, Einstein), et se propagent à la vitesse de 300 000 km/s, des rayons cosmiques aux ondes radio. La partie visible de ces ondes (le spectre fig. 5) se situe entre 400 et 750 nanomètres, c'est-à-dire juste en dessous du micron (1 000 nanomètres = 1 micron). Toutes les espèces animales ne perçoivent pas le même spectre : l'abeille, comme l'a montré le célèbre éthologiste Karl von Frisch (1963), perçoit des ondes ultra-violettes qui restent invisibles pour nous, mais a une cécité au rouge.

2.2.2. Vision fovéale et vision péric fovéale

Au total, la rétine est composée de 120 millions de bâtonnets et 7 millions de cônes pour 1 million de fibres du nerf optique (c'est-à-dire 1 million de cellules multipolaires). La rétine n'est pas une structure homogène, à double titre : il y a deux sortes de photorécepteurs, les cônes et les bâtonnets, et d'autre part il existe deux types de structures, une structure de transmission hiérarchique (en grappe) presque dans toute la rétine et une structure de transmission directe dans une zone centrale, la fovéa.

■ La fovéa

Elle est au centre optique et se caractérise par :

- un diamètre extrêmement petit d'environ 0,4 mm qui ne couvre qu'un angle visuel de 2 à 4°,
- un « câblage » direct entre les cônes (au nombre de 25 000), les bipolaires et les multipolaires (et sur tous les relais, jusqu'au cortex ; Hubel et Wiesel, 1979),

- à l'inverse, la fovéa est une zone de faible sensibilité, car il n'y a pas de fusion de signaux bioélectriques, il faut donc une bonne luminosité pour voir, c'est la vision diurne (ou photopique) ; en revanche, la vision est floue la nuit.

Au niveau de la fovéa, les stimulations de deux photorécepteurs voisins ne seront pas confondues, de sorte que la discrimination sera maximale, c'est l'acuité visuelle ; chez l'homme, elle est d'une minute ($1/60^{\text{e}}$ de degré) ce qui est une belle performance dans le règne animal, sept minutes chez le bœuf, dix-huit chez les poissons, soixante-six chez l'abeille, toutefois dépassée par les rapaces comme la buse, dont la fovéa a une densité de cônes double de celle de l'homme (Bonaventure, 1965 ; Chauchard, 1965).

■ *La périphérie*

Elle couvre une grande surface peuplée essentiellement de bâtonnets.

La structure de transmission est hiérarchique : plusieurs photorécepteurs sont connectés à une cellule bipolaire et plusieurs bipolaires à une multipolaire ; les grappes sont de plus en plus grosses vers l'extérieur de la périphérie :

- à 15° de l'axe optique, il y a 60 bâtonnets pour une fibre du nerf optique (= axone d'une multipolaire) ;
- à 80° , il y a 10 000 bâtonnets pour une fibre.

La première conséquence de cette structure est la très faible acuité visuelle, car deux stimulations voisines (ou même assez éloignées en périphérie extrême) vont déclencher des signaux bioélectriques qui seront fusionnés au niveau des bipolaires ou des multipolaires. La deuxième conséquence est positive, c'est une grande sensibilité aux faibles éclaircissements, car la fusion des signaux permet une sommation de l'énergie. Dans la pénombre, c'est ce système périphérique, appelé alors vision scotopique ou crépusculaire, qui fonctionne.

2.2.3. *Les mécanismes des contours et des contrastes*

L'image rétinienne est certainement une texture lumineuse

peu nette avec des variations d'intensité, et la distinction entre le fond et la figure est probablement floue.

Or nous voyons généralement très bien les contours des objets, des figures et des visages, phénomène sur lequel ont insisté de nombreux psychologues, en particulier les gestaltistes. Mais ce sont des chercheurs utilisant les ressources de la micro-électrophysiologie, Harline et Ratliff (Ratliff, 1972), qui devaient découvrir les mécanismes du contour et montrer que ces mécanismes sont à l'origine de phénomènes très généraux dans le fonctionnement psychologique, les *contrastes*. Ils sont dus à de véritables mécanismes d'amplification différentielle, assurés par des neurones d'association. Ces mécanismes ont été démontrés en enregistrant, à l'aide de micro-électrodes, l'activité bio-électrique des cellules réceptrices dans l'œil de la limule (crabe primitif, cousin des trilobites de l'ère primaire).

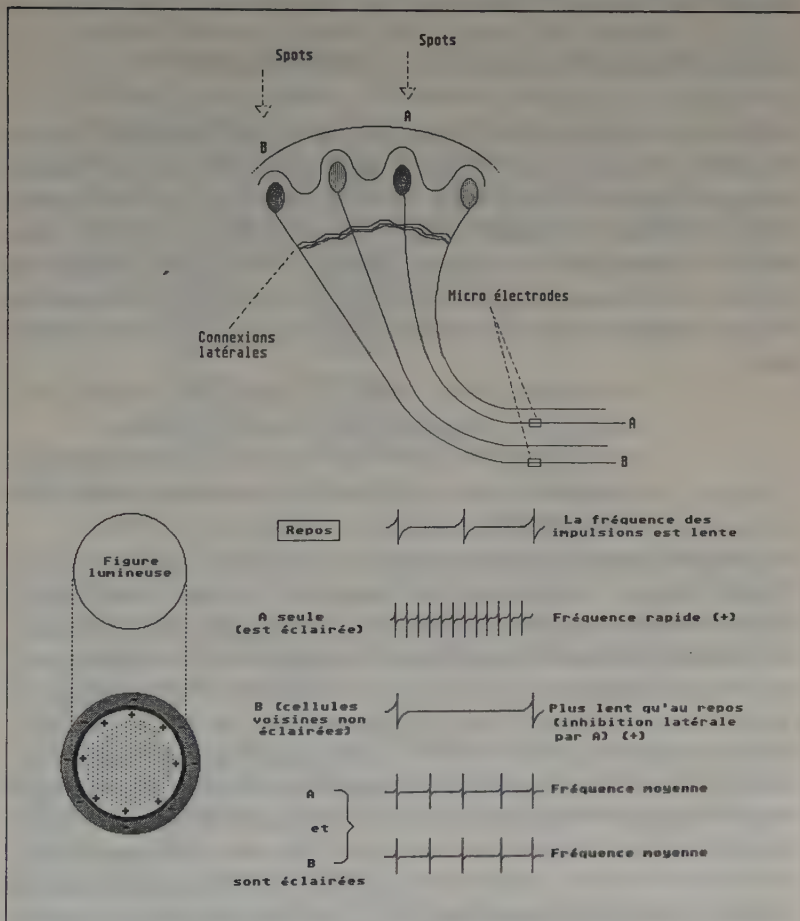
L'œil de ce crabe (fig. 6) est composé d'environ mille ommatidies (apparaissant de même que chez les insectes comme des facettes), chacune renfermant une douzaine de cellules simples : il n'y a pas de structure verticale avec des cônes, des bipolaires, etc., mais il existe déjà dans cet œil primitif une structure horizontale, les connexions latérales, ce qui laisse entrevoir un rôle essentiel dans le codage des signaux lumineux.

L'éclairement est produit par un fin faisceau lumineux de manière à ne stimuler qu'une cellule :

- *cellule éclairée* : émettant un potentiel bio-électrique rapide, elle est « excitée » ;
- *cellule voisine non-éclairée* : son potentiel étant plus lent qu'au repos, elle est inhibée ;
- *deux cellules voisines éclairées* : leur potentiel a une fréquence moyenne ; de ce fait chacune est à la fois « excitée » et inhibée (par sa voisine).

Ces phénomènes fournissent un modèle (fig. 6) de ce qui se passe au niveau du contour, c'est-à-dire à la frontière entre le bord éclairé et le bord non éclairé. Les cellules correspondant au bord non éclairé ne sont pas excitées mais sont inhibées par leurs voisines du bord éclairé ; par conséquent, cette partie sera perçue plus sombre qu'elle ne l'est physiquement. À l'inverse, les cellules du bord éclairé ne reçoivent pas d'inhibitions de la part des cellules du bord non éclairé, de sorte que le bord éclairé paraîtra plus lumineux qu'il n'est en réalité.

6. «Une facette de l'œil primitif du crabe *Limule* et le mécanisme neuronal des contrastes et des contours.» (adapté d'après Ratliff, 1972)



Au total, l'inhibition latérale produit un mécanisme d'amplification différentielle qui, en créant un contraste, souligne le *contour* et rend nette la figure par rapport au fond. Des mécanismes équivalents de contraste excitation/inhibition ont été retrouvés au niveau des corps genouillés latéraux (thalamus), chez le singe (de Valois et Pease, cf. Ratliff, 1972), et dans le cortex (Hubel, 1963) : le système nerveux fonctionne donc

comme un amplificateur HI-FI, en augmentant le rapport signal/bruit.

2.2.4. *Hypercolonnes et traits visuels élémentaires*

D'autres recherches en électrophysiologie montrent l'existence de cellules ou systèmes très spécialisés à différents niveaux du traitement visuel : rétine, centres sous-corticaux, cortex (Kuffler, cit. Hubel, 1963 ; Hubel et Wiesel, 1979). Une cellule multipolaire de la rétine surveille une portion définie de l'espace ou *champ récepteur*. La taille des champs récepteurs est très variable selon les cellules et leur position dans la rétine :

- au niveau de la fovéa, un champ a la taille d'un seul cône, ce qui permet l'acuité visuelle ;
- en périphérie lointaine, une cellule multipolaire «surveille» une portion de l'espace soixante fois plus grande.

En recueillant l'activité électrique de cellules dans le cortex (chat et singe), David Hubel et Torsten Wiesel de l'école médicale d'Harvard, qui ont reçu le prix Nobel pour leurs travaux, ont montré comment ces champs récepteurs étaient analysés avec une complexité croissante dans une colonne de couches de plus en plus profondes, des corps genouillés ou du cortex occipital, les *hypercolonnes* : certaines cellules réagissent aux verticales, horizontales, obliques d'angle spécifique ; des cellules complexes, dans les couches plus profondes, réagissent à des constantes, soit à une direction (quel que soit le mouvement), soit à l'inverse à un mouvement (quelle que soit la direction). Il y a donc une véritable abstraction d'un trait visuel particulier. La perception visuelle, loin d'être une sorte d'intuition, repose donc sur un véritable traitement analytique des informations lumineuses, qui constitue la genèse des formes.

2.3. La vision des couleurs

Les couleurs sont en fait de deux natures, les couleurs spectrales et les couleurs par absorption :

— *couleurs spectrales* : la lumière visible nous apparaît blanche, mais elle est physiquement complexe ; elle est composée de longueurs d'onde différentes, qui se décomposent dans un prisme pour donner les couleurs de l'arc-en-ciel (dans l'arc-en-ciel, les gouttes d'eau fonctionnent comme des prismes). Seule une lumière de même longueur d'onde, appelée monochromatique, produit une couleur pure, dite également spectrale ; la recherche en vision des couleurs porte sur ces couleurs pures ; les couleurs courantes correspondent aux longueurs d'onde approximatives suivantes :

• violet	450 nanomètres
• bleu	500 nm
• vert	530 nm
• jaune	580 nm
• orange	600 nm
• rouge	700 nm

— *couleurs par absorption* : ce sont les couleurs perçues à partir des longueurs d'onde réfléchies par les objets, donc non absorbées par les objets ; ces couleurs constituent la plupart des couleurs que nous percevons : ce sont également les couleurs du peintre. Ainsi, un objet, ou une gouache, nous paraît rouge lorsque la matière absorbe les rayons verts et bleus.

Distinguer les deux types de couleur est capital, car les mélanges dans chaque catégorie donnent des perceptions complètement différentes. Par exemple, le jaune est une couleur primaire en peinture, tandis qu'avec des couleurs spectrales, le jaune est un mélange de vert et de rouge.

Les théories ont été très nombreuses et parfois aventureuses (Segal, 1953), mais les recherches récentes aboutissent à la synthèse de deux théories, la théorie trichromatique et celle des couleurs complémentaires.

■ *La théorie trichromatique de Young-Helmoltz*

Thomas Young, physicien anglais (1773-1829), fut inspiré par Newton qui ne pouvait concevoir qu'une multitude de récepteurs soient à l'origine de notre perception des teintes

colorées (en moyenne, nous percevons 128 nuances de couleurs). Young réalisa des expériences physiques (nous dirions aujourd'hui «psychophysiques») de mélange de couleurs spectrales et démontra la possibilité de produire pratiquement toutes les couleurs à partir de trois couleurs : c'est le principe trichromatique. En fait, plusieurs couleurs de base peuvent être utilisées avec des résultats voisins (Mueller et Rudolph, 1966). La théorie ayant sombré dans l'oubli, le grand physiologiste de la vision Hermann von Helmholtz (1821-1894) fit redécouvrir la théorie trichromatique de Young et proposa les couleurs réellement fondamentales, *le rouge, le vert, le bleu*, qui sont la base d'une application phénoménale que Young et Helmholtz n'avaient pas pu prévoir : la télévision en couleurs (système RVB : rouge, vert, bleu).

■ *La théorie des couleurs complémentaires de Hering*

Le physiologiste allemand Ewald Hering (1834-1918) fit des observations qui le conduisirent à une théorie différente, basée en particulier sur quatre couleurs fondamentales. Si l'on regarde fixement une forme de couleur rouge et qu'on reporte les yeux sur une surface blanche, on voit une sorte de halo vert ayant la même forme, c'est le phénomène des *effets consécutifs des couleurs*. L'inverse se passe également, le vert produisant un effet consécutif rouge, et le même phénomène advient pour le couple bleu et jaune. En fonction de ces observations, Hering émet l'idée de l'existence de deux couples de récepteurs, rouge/vert et bleu/jaune, soit quatre récepteurs pour quatre couleurs fondamentales.

Les deux théories paraissent irréconciliables, pourtant Helmholtz pensait que le jaune pourrait provenir de l'excitation modérée des récepteurs du rouge et du vert, point de vue qui est à la base de la théorie contemporaine. Les recherches actuelles proviennent de trois secteurs différents (Mc Nichol, 1964 ; Cornu, 1970, etc.)

■ *Les résultats psychologiques*

En faveur de Young : on peut reproduire pratiquement toutes les couleurs du spectre avec trois fondamentales dont les meilleures longueurs d'ondes sont :

- le bleu de 470 nm (nanomètres)
- le vert de 530 nm
- le rouge de 650 nm

En pathologie de couleurs, il existe des cécités à des couleurs spécifiques, par exemple pour le rouge, du moins certains le croient-ils (la pathologie des couleurs est en fait extrêmement complexe et ne donne pas lieu à une interprétation unanime ; Segal, 1953 ; Ishihara, 1966 ; Baumgardt, 1968) ;

- en faveur de Hering : outre le phénomène des effets consécutifs de couleur, il existe dans la pathologie des couleurs certaines cécités chromatiques, notamment pour le système complémentaire rouge/vert, cécité connue sous le nom de *daltonisme*, du nom du physicien anglais John Dalton (auteur de la théorie des atomes) qui décrit sa déficience de la vision des couleurs. La cécité au couple bleu/jaune est plus rare.

■ Les résultats physico-chimiques

De nombreux chercheurs se sont orientés vers la recherche de pigments. Le premier pigment découvert a été celui des bâtonnets : pourpre rétinien ou *rhodopsine* (Bold, 1876, cit. Baumgardt) dont le maximum d'absorption se situe à 500 nm (bleu-vert) ; ce fait est probablement responsable de notre vision bleutée au crépuscule (phénomène de Purkinje : prononcer «pourquinié»).

Étant donné le plus petit nombre de cônes, il est évidemment beaucoup plus difficile d'extraire d'autres pigments. L'Anglais Rushton (1958, cf. Cornu, 1967) a été le premier à isoler d'autres pigments à partir de rétine de banques des yeux, suivi par les expériences de chercheurs américains sur le poisson rouge, le singe, l'homme (Mc Nichol, 1964) : les trois pigments découverts sont le rouge, le vert et le bleu. Aucun pigment du jaune n'a été découvert.

■ Les résultats électrophysiologiques

Les premiers travaux sur la couleur utilisant la micro-électro-physiologie ont été faits par Granit (1941), lui aussi récompensé par un prix Nobel de médecine. Il enregistra les réponses

bio-électriques en fonction de lumières monochromatiques sur des rétines de chat (l'exploration se fait sous microscope à l'aide de micro-électrodes). Granit a montré l'existence de deux systèmes, les dominateurs qui ne réagissent qu'à la lumière (réponse blanc/noir), et les modulateurs, au nombre de trois, qui réagissent respectivement au rouge, au vert et au bleu. Après Granit, Svaetichin et Mc Nichol (1958) ont trouvé le résultat extraordinaire d'une inversion de potentiel bio-électrique dans la rétine de certains poissons en fonction de la longueur d'onde : une stimulation lumineuse dans le bleu et le vert déclenche un potentiel positif, tandis que des stimulations de couleur jaune ou rouge déclenchent un potentiel négatif. C'est le premier résultat électrophysiologique en faveur de la théorie de Héring.

L'ensemble de ces résultats conduit à une *théorie mixte* des apports de Young et Héring. Dans cette théorie, le traitement de la lumière serait élaboré à trois niveaux : le premier niveau comporterait les trois récepteurs (probablement des cônes ou des systèmes associés à des cônes, puisque nous voyons la couleur en vision fovéale), un deuxième niveau, combinant certains récepteurs du vert et du rouge, produirait la sensation de jaune, ce qui expliquerait que le jaune nous apparaît comme une couleur pure, et enfin un troisième niveau qui comporterait un système antagoniste bleu/jaune ou rouge/vert. Les effets consécutifs de couleur s'expliqueraient dans ce modèle par un mécanisme de période réfractaire du système antagoniste : par exemple, saturé par le bleu, celui-ci réagit moins au bleu de la lumière blanche, ce qui produirait un signal bio-électrique (inversion de potentiel) interprété comme une sensation jaune.

L'harmonie des couleurs n'existe pas dans le règne animal comme dans l'arc-en-ciel. Beaucoup de vertébrés diurnes ont des rétines mixtes composées de cônes et bâtonnets et distinguent des couleurs, comme les singes, les oiseaux diurnes, y compris les poulets (Wioland et Bonaventure, 1981). Mais d'autres animaux diurnes comme les ruminants sont dotés de rétines essentiellement composées de bâtonnets, non sensibles à la couleur. Sa majesté le chat lui-même ne paraît pas distinguer les couleurs (procédures de conditionnement : Bonaventure, 1965) ; son cerveau n'est donc pas aussi bien « équipé » que sa rétine (cf. Granit) pour percevoir les couleurs...

3 LA PERCEPTION DES FORMES

De tout temps, l'homme a eu des perceptions organisées. Des groupements d'étoiles ne sont pas perçus en tant que points brillants séparés mais comme des animaux, objets, personnages ; c'est le cas, par exemple, des constellations. Dans les grottes, stalagmites et stalagmites sont vues comme un cerce, une femme, des orgues... Cette tendance à discerner des unités construites, même dans ce qui ne l'est pas, est utilisée par certains psychologues afin d'étudier les projections et l'imaginaire de sujets : ce sont les tests projectifs, comme le célèbre test des tâches d'encre de Rorschach.

3.1. La forme : «atome» de la perception

Au début du siècle, les psychologues gestaltistes ont attiré l'attention sur le fait que la perception produisait d'emblée des formes, même avec des environnements ambigus. La forme est une structure unique, non analysable, qui s'impose à nous. Certaines formes exercent même par certaines de leurs qualités une véritable fascination comme les entités géométriques des pythagoriciens. Les philosophes-mathématiciens de cette école grecque autour de Pythagore voyaient le cercle, le carré, le rectangle d'or, comme des entités divines. Les gestaltistes ont d'ailleurs été victimes de cette fascination lorsqu'ils pensaient comme Wolfgang Köhler qu'il existe des «bonnes formes» (gestalts) qui sont des équilibres de champs psychologiques. Plusieurs chercheurs de ce courant ont tenté de dégager des lois des bonnes formes :

- *loi de proximité* : des points rapprochés tendent à être facilement vus comme appartenant à un groupe, par exemple les constellations du ciel ;
- *loi de similitude* : des points ou parties similaires tendent à être perçus comme un même groupe, par exemple les parties d'une même couleur ;
- *loi de symétrie* : la symétrie évoque une meilleure forme, etc.

Indépendamment des interprétations parfois spéculatives des gestaltistes, de nombreux résultats expérimentaux montrent ce caractère stable, régulier, parfois même insécable comme l'atome, qu'ont les formes. Les expériences sur les images rétinienne stabilisées (Pritchard, 1961) le montrent. La technique a pour objectif d'étudier la vision sans les mouvements des yeux, pas même les micro-mouvements ; à cette fin, un projecteur miniaturisé est monté sur une lentille de contact et posé sur la cornée, de sorte que le dispositif est entièrement solidaire du globe oculaire et que l'image projetée devient indépendante des mouvements de l'œil. Les sujets déclarent voir disparaître des parties des figures présentées ; on pouvait s'attendre à une saturation ou période réfractaire (fatigue) des photorécepteurs stimulés de façon continue, ce qui est bien le cas ; cependant le plus frappant est que l'effacement ne se fait pas au hasard, par petites touches, mais sur des parties complètes de la figure, de façon, semble-t-il, à respecter une interprétation de la figure. Par exemple, les sujets voient un 3 à la place d'un B ou suffisamment de lettres pour faire des mots significatifs :

BEER PEER BEE BE

Ainsi, un visage s'estompe par parties : yeux, nez, bouche, etc. Dans le cadre de l'analogie ordinateur/système cognitif, ces faits évoquent la notion de sous-programmes d'un ordinateur : les formes seraient, selon ce modèle, des programmes complexes assemblés à partir de sous-programmes. D'après les recherches récentes, l'exploration visuelle grâce aux mouvements oculaires serait à l'origine de ces formes vues comme des programmes d'information.

3.2. Les mouvements oculaires

L'œil est un organe sensoriel extraordinaire par sa complexité, mais il sort de l'ordinaire également par sa mobilité. Mis en mouvement par six muscles, il peut capter de l'information dans de multiples directions. Il existe plusieurs types de mouvements oculaires (Lévy-Schoen, 1967 ; Fisher, Monty et Senfers, 1981) dont les plus importants sont les mouvements convergents des deux yeux, appelés *saccades oculaires*. Depuis

les travaux de pionniers (Bushwell, 1935 ; Yarbush, 1967, Lévy-Schoen, 1973) l'étude des saccades a révolutionné notre façon de concevoir la perception visuelle, en montrant que celle-ci est une coordination de deux systèmes distincts : l'identification et la localisation.

3.2.1. Les deux systèmes de la vision

■ *L'identification*

Les voies visuelles de ce système partent de la rétine pour se projeter au niveau du thalamus (corps genouillés latéraux), puis dans le cortex occipital. Ce système est, du fait de l'acuité visuelle de la fovéa et des capacités énormes de mémorisation du cortex, le système de l'apprentissage et de la reconnaissance des formes. L'acuité de la fovéa d'un minute d'angle permet de discriminer deux points distincts de 1,5 mm à 5 m, tandis qu'en périphérie extrême, les points doivent être équidistants de 15 cm ; l'acuité fovéale est donc 100 fois supérieure à la périphérie extrême. L'ablation du cortex visuel (occipital) sur des animaux (Jeannerod, 1974) provoque une incapacité totale de discriminer des formes (chez le hamster doré), ou de reconnaître des formes apprises (chez le singe), avec une capacité conservée de se déplacer et d'attraper des objets en mouvements ; cette capacité est liée à l'activité du deuxième système, le système rétino-tectal.

■ *La localisation*

Ce système, rétino-tectal, comprend les voies visuelles, principalement issues de la périphérie de la rétine, qui se projettent dans les tubercules quadrijumeaux (bijumeaux chez la grenouille et le crapaud) et dans les noyaux oculo-moteurs pour commander les saccades oculaires. Les seuils de luminosité et de mouvement étant très bas en périphérie (la sensibilité lumineuse est 60 à 10 000 fois plus grande qu'en position fovéale), ce système est très efficace pour le repérage d'une cible, ou d'une proie chez l'animal. L'étude des tubercules bijumeaux a été réalisée chez le crapaud. Comme tous les batraciens, c'est un animal extraordinairement précis et rapide pour attraper les insectes en vol ; l'étude micro-électrophysiologique des gros

tubercules bijumeaux de cet animal a révélé une représentation topographique complète de l'espace visuel, un peu à la manière d'un poste central de contrôle balistique de missiles (Ewert, 1974).

3.2.2. *Les saccades et les fixations : la lecture*

Les deux systèmes sont absolument complémentaires : la périphérie permet par sa grande surface et sa grande sensibilité de détecter et localiser la cible dans un vaste espace (plus de 180° d'angle) et de déclencher, par le système rétino-tectal, les saccades oculaires qui permettent une recentration du globe oculaire pour que la cible soit en vision fovéale.

La lecture est un exemple privilégié d'étude des mouvements oculaires et son importance est telle dans les processus cognitifs et dans l'éducation qu'un grand nombre de recherches portent sur cette activité. Lorsque nous lisons, notre vue n'est pas du tout panoramique et les yeux ne se promènent pas régulièrement le long des lignes du texte comme on pourrait le croire. Les enregistrements (sur film ou vidéo) des yeux démontrent que la lecture est constituée de sauts et de pauses (fig. 7) : les saccades et les fixations oculaires (O'Reagan et Lévy-Schoen, 1978) :

- *les saccades* : ce sont les sauts qui ont pour fonction d'amener le regard en face de la cible (un mot) ; les saccades sont très courtes, de l'ordre de 20 ms (millisecondes) entre chaque mot et de 80 ms pour un changement de ligne ;
- *les fixations* : elles durent en moyenne 250 ms et on estime que c'est seulement pendant la fixation que se fait la prise d'information. Donc, dans une seconde, il y a environ trois fixations ; ce processus étant général et non seulement lié à la lecture, cela fait un nombre fantastique d'environ 10 000 «prises de vue» par heure.

En général, pour des mots (Overton et Wiener, 1966) ou pour les détails de dessins (Nelson et Loftus, 1980), la vision n'est efficace avec une bonne acuité (environ 50 %) que dans un angle de 2° (1° de chaque côté du centre de fixation) ; c'est très réduit ; pratiquement cela fait à peu près la longueur d'un mot,

ce qui explique le grand nombre de saccades dans la lecture. On constate d'ailleurs dans les enregistrements au cours de la lecture que toutes les fixations ne sont pas également efficaces, et il existe un certain nombre de retours en arrière, ou régressions.

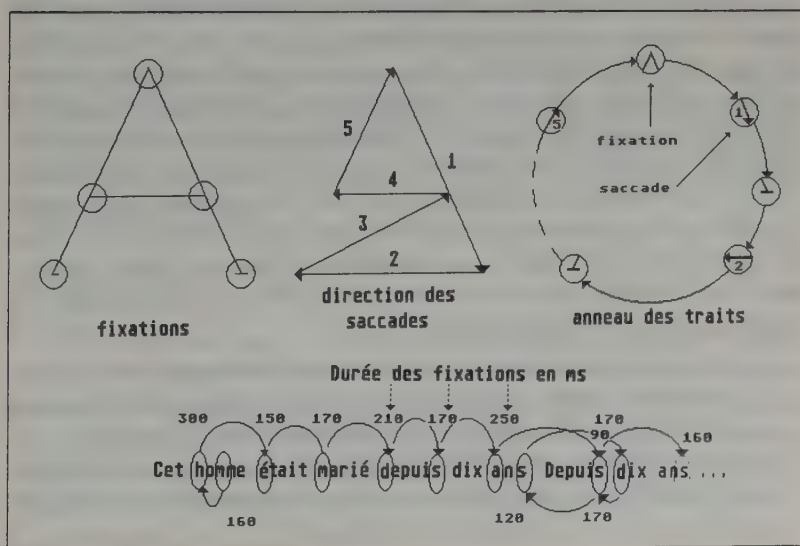
3.3. Les stratégies d'exploration oculaire

La perception des formes est un paradoxe, car la plupart du temps la forme d'une figure est trop grande pour que son image entière se limite à la fovéa. Or l'identification est très mauvaise en périphérie (acuité faible) ; ainsi, un malade atteint d'un scotome central (fovéa détruite) se comporte presque en aveugle. À l'inverse, l'angle en vision fovéale est si petit (2°) qu'il ne permet pas de voir les formes de taille habituelle (Lévy-Schoen, 1976).

7. Les saccades et les fixations oculaires

— exemple de perception d'une forme (une grande lettre A) et trajet oculaire résultant ; d'après la théorie de l'Anneau des traits (d'après Noton et Stark, 1971).

— exemple de la lecture (d'après O'Reagan et Lévy-Schoen, 1978)



La perception des formes, ne pouvant être assurée par un seul des systèmes de la vision, l'est en fait par la coordination de la vision fovéale et de la vision périphérique, dans de véritables stratégies d'exploration. Alors que nous avons subjectivement l'impression d'une vision panoramique, tout se passe comme si nous voulions visiter une maison la nuit avec une lampe torche dont le faisceau lumineux ne ferait que 2° d'angle ; on peut comparer encore l'exploration oculaire à l'exploration du géographe, qui, voulant faire le tracé d'un grand fleuve, est obligé de dessiner le fleuve d'un méandre à un autre, puis de se déplacer pour voir la forme du fleuve après chaque méandre. David Noton et Lawrence Stark de l'université de Berkeley en Californie ont proposé une théorie illustrant ces programmes d'exploration oculaire, la théorie de l'*anneau de traits* (feature-ring, 1971). Cette théorie est fondée sur une analyse des trajets oculaires d'un sujet lorsque celui-ci regarde des diapositives, visages, paysages, etc. Comme toute technique d'étude des mouvements oculaires, celle mise au point par ces chercheurs est complexe (Noton et Stark, 1971 ; Vurpillot, 1974 ; Stark et Ellis, 1981) : un mince faisceau infra-rouge (donc invisible pour le sujet) est réfléchi sur la cornée, et son déplacement, en fonction des rotations de l'œil, est enregistré par des cellules photo-électriques. Si une figure est présentée plusieurs fois (apprentissage), les trajets oculaires tendent à se ressembler au cours des essais pour un même sujet ; donc les trajets évoluent vers un trajet optimal, ce qui permet de parler de stratégie. De plus, lorsque le sujet doit ultérieurement reconnaître une figure vue parmi de nouvelles, on s'aperçoit que le trajet oculaire pour la figure reconnue reste similaire aux trajets de la fin de la période d'apprentissage. Il y aurait donc mémorisation des trajets oculaires (fig. 7) un peu comme notre géographe se rappellerait de ses principaux déplacements le long du fleuve. En fonction de ces résultats, Noton et Stark suggèrent que l'exploration d'une figure détermine le stockage de deux catégories d'informations :

- *des informations sensorielles* extraites à chaque fixation (les traits sensoriels : obliques, verticales, couleurs, etc. ; supra «les traits élémentaires de la vision», même chapitre) ;
- *des informations motrices* (traits moteurs) concernant les directions et amplitudes des saccades oculaires d'un trajet.

Les recherches sur l'exploration oculaire chez l'enfant montrent bien que l'exploration visuelle est très approximative et qu'elle ne devient systématique qu'au cours de longues années d'apprentissage et de maturation (Vurpillot et Moal, 1970 ; Vurpillot, Jacquet et Taranne, 1979, etc.). Si l'enfant doit comparer les fenêtres de deux façades de maisons, on trouve, avec l'âge, une augmentation des fixations dans les zones les plus informatives (fenêtres homologues) et une augmentation du pourcentage de balayages horizontaux (de fenêtre à fenêtre, de 50 à 70 % entre 5 ans et 9 ans ; Vurpillot, 1974).

Le mystère des figures géométriques des pythagoriciens et des bonnes formes des gestaltistes s'explique facilement dans cette conception générale de la perception des formes comme programmes de traits. En effet, plus la figure est simple, symétrique, régulière, et plus le programme doit être simple. Cette conception permet d'interpréter l'évolution de la capacité de l'enfant à copier les figures géométriques : 3 ans en moyenne pour le cercle, 4 ans pour le carré et 5 ans pour le losange. Dans cette hypothèse, ces figures des plus élémentaires sont précisément les formes géométriques qui fascinaient les pythagoriciens : cercle, carré, rectangle, triangle...

3.4. Traitement de l'information et perception

La perception peut donc être considérée comme un traitement de l'information. Les programmes d'exploration oculaire concernent l'intégration spatiale de plusieurs fixations. D'autres processus contribuent à la synthèse visuelle des fixations dans le temps.

■ *Simultané et successif*

C'est à nouveau un gestaltiste, Wertheimer, qui a attiré l'attention sur le fait que, dans certaines limites, une même mélodie jouée sur des rythmes différents reste reconnaissable. Les recherches récentes sur le traitement temporel ont montré que ces mécanismes sont généraux. Voici une expérience assez spectaculaire de Paul Fraisse de l'université de Paris-V (1968). Le principe est de présenter, successivement dans le temps,

deux mots, par exemple «fer» et «lui», mais de telle sorte que les lettres de ces mots s'intercalent spatialement (le L se place dans l'espace entre F et E : le décalage dans l'exemple ci-dessous n'est réalisé que pour figurer le décalage dans le temps).

F L E U R I

Les durées de présentation de chaque mot varient systématiquement ainsi que les temps inter-mots, mais un résultat simple apparaît : lorsque la somme des temps (durée des mots et inter-mots) ne dépasse pas 100 ms (millisecondes), les sujets voient «FLEURI» et non les mots distincts qui ont été physiquement présentés l'un après l'autre, séparément dans le temps. Au-delà de 100 ms, il se passe des phénomènes complexes appelés *masquage* (Rossi, 1975), où une figure efface tout ou partie de l'autre. Ces phénomènes s'expliquent par le temps qu'exige le traitement des informations visuelles ; si une deuxième information intervient au début de l'analyse de la première, il y a intégration.

Au total, le successif est perçu comme du simultané dans l'intervalle de 100 ms (Fraisse, 1968). Ce fait fondamental avait été découvert empiriquement par les pionniers du cinéma. Au cours de la projection, les images se succèdent au rythme de 24 par seconde (25 en vidéo), ce qui représente un temps d'environ 40 ms par image ; deux images successives apparaissent donc à l'intérieur de l'intervalle critique de 100 ms. Le phénomène est relativement robuste mais au détriment de la sensation de mouvement. Ainsi, les dessins animés de Walt Disney et Tex Avery, qui ont 24 images par seconde, nous donnent l'illusion d'un mouvement souple et délié, tandis que nous percevons de manière saccadée d'autres dessins animés, par exemple japonais, qui ne comportent que 8 dessins par seconde.

■ Les connaissances antérieures

L'intégration perceptive semble assez souvent modulée par d'autres facteurs que des facteurs strictement perceptifs, c'est le cas des connaissances antérieures. Ce rôle des connaissances antérieures a systématiquement été étudié par Aldebert Ames en créant des situations de conflit entre les caractéristiques

optiques de l'image rétinienne et les connaissances antérieures. La chambre de Ames, restée célèbre, consiste à fabriquer une pièce qui paraît rectangulaire vue en vision restreinte (par un petit trou), mais qui en fait est truquée. La chambre est trapézoïdale dans plusieurs de ses dimensions, hauteur et profondeur, les fenêtres et le plancher étant également dessinés en fonction des lois de la perspective. Tout se passe bien pour le sujet lorsque cette chambre truquée est vide : le sujet la voit comme une pièce rectangulaire tout à fait normale. Mais le conflit survient si l'on place un enfant et un chien dans deux parties de la pièce ; l'enfant placé dans la partie située plus près de l'œil va paraître démesurément grand par rapport au chien, et l'inverse se produira si l'on permute les places. Ces recherches ont été continuées notamment aux États-Unis par Ittelson et Kilpatrick (1951) à l'université de Princeton, et par Paul Beuchet en France dans le laboratoire de l'université de Rennes-II fondé par Bourdon. Un des dispositifs de Beuchet est la chaise truquée qui apparaît comme une chaise normale mais dont le siège est par exemple 5 fois plus grand et situé 5 fois plus loin que le dossier ; tout est perçu sans conflit jusqu'au moment où une personne s'assoit sur le dossier et paraît minuscule...

Ces truquages sont courants chez les prestidigitateurs et au cinéma. Par exemple, dans la technique du «décor peint», inventée par le Français Méliès, une scène est filmée par un «trou» découpé dans le décor peint. Le décor, qui paraît immense, tient en réalité sur un panneau de quelques dizaines de centimètres, mais il est situé tout près de la caméra. Les studios Walt Disney ont notamment utilisé ce procédé dans Vingt mille lieux sous les mers pour représenter le Nautilus dans le décor peint d'une crique. Ces truquages se sont perfectionnés avec les films de science-fiction, et les extraits de scènes de tournage révèlent que le colossal vaisseau spatial de la Guerre des étoiles de Georg Lukas est un modèle réduit.

3.5. Les illusions perceptives

Les illusions sont des échecs spectaculaires de la perception. Spectaculaires, car tout ce que nous voyons est une immense

illusion : nous voyons la lune aussi grosse que le soleil, nous voyons jaune ce qui est à quelques longueurs d'onde du vert, nous voyons une fusion quand les images se succèdent à 24 par seconde, etc. Cependant, nous sommes habitués à notre façon de voir, ce sont nos références, et c'est pourquoi nous ne parlons pas alors d'illusion. Parfois, cependant, des phénomènes choquent nos références, et c'est alors qu'on parle d'illusion. Dès le début de la psychologie expérimentale, on s'est intéressé à des illusions géométriques, dites «optico-géométriques», faciles à reproduire et à mesurer. Certains chercheurs pensaient que l'étude de ces illusions conduirait à mieux connaître les mécanismes perceptifs (Piaget, 1961), c'est peut-être là une autre illusion, car fréquemment les explications proposées proviennent d'autres thèmes de recherche. De nombreuses hypothèses ont été proposées, de sorte qu'il n'est pas possible de présenter à l'heure actuelle une théorie générale. Deux mécanismes paraissent assez généraux, l'*assimilation* et le *contraste* (Ikeda et Obonai, 1955, cf. Piaget, 1961 ; Fraisse, 1971).

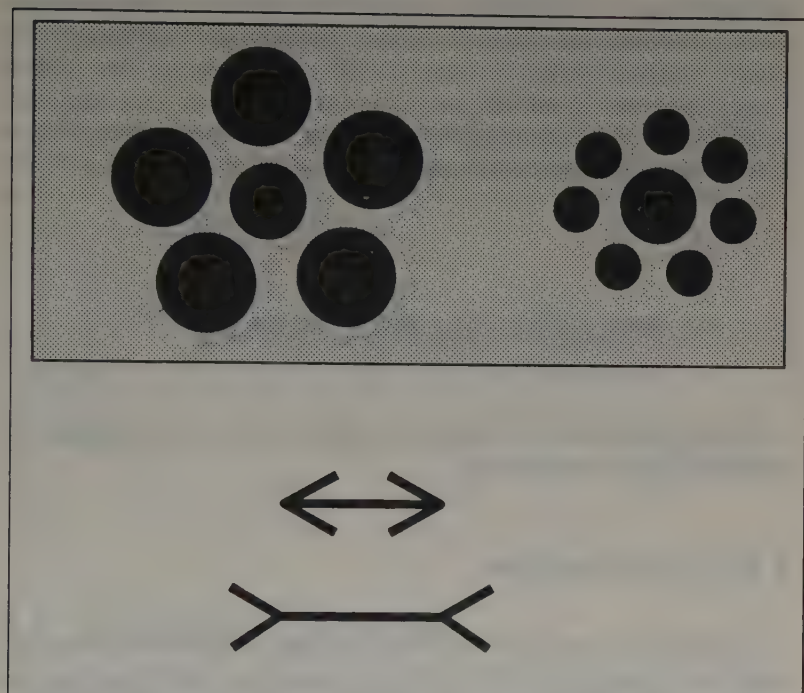
■ *Les illusions de contraste*

Les illusions de Delbœuf et Titchener sont représentatives des illusions de contrastes (fig. 8). Leur explication est simple si l'on se réfère aux récentes découvertes en micro-électrophysiologie du système visuel ; nous avons vu que les systèmes d'amplification différentielle sont généraux. De la même manière que le bord éclairé paraîtra plus brillant à côté d'un bord sombre, un cercle entouré d'un autre cercle (Delbœuf), ou de plusieurs autres (Titchener), semblera plus petit (sous-estimation), et inversement (fig. 8). Ce mécanisme n'est pas spécifique à la vision : une eau tiède paraîtra chaude si la main est glacée.

■ *Les illusions d'assimilation*

Dans les illusions d'assimilation, l'illusion peut être considérée comme due à l'assimilation d'une partie à un tout. L'illusion de Müller-Lyer (fig. 8) est représentative de cette catégorie. Comme l'avait déjà suggéré Jean Piaget, les mécanismes oculaires d'exploration pourraient très bien expliquer ces illusions. Ainsi, dans l'illusion de la verticale, la verticale est sur-

8. Exemples d'illusions de contraste et d'assimilation



estimée par rapport à une horizontale de même longueur, et l'observation des mouvements oculaires indique que les fixations sont plus denses à l'extrémité de la verticale. Sachant que les parties les plus informatives (extrémités, intersections) font l'objet d'un plus grand nombre de fixations, on peut expliquer les illusions en faisant l'hypothèse que la longueur de l'image mentale sera fonction de la moyenne (au sens statistique) de la distribution des fixations. Kaufman et Richards (1969 ; cf. Fraisse 1976) ont de plus montré que la densité des fixations était plus grande au centre de gravité des angles. Les pennures convergentes de l'illusion de Müller-Lyer ont pour effet, dans cette hypothèse, de ramener les fixations vers l'intérieur alors que les pennures divergentes ont l'effet inverse. L'observation que l'erreur augmente avec la taille des pennures va dans le sens de cette interprétation (Coren, 1981). Lorsqu'il n'y a pas

de mouvements oculaires, cette hypothèse pourrait très bien être appliquée aux mécanismes d'excitation des photorécepteurs qui sont eux aussi de nature probabiliste (Baumgardt, 1968 ; Frisby, 1979 ; Bonnet, 1980) : la moyenne des points d'excitation sur la mosaïque des photorécepteurs sera toujours vers l'intérieur lorsque les pennures sont internes et vers l'extérieur lorsque les pennures sont externes.

4 LA PERCEPTION DE L'ESPACE

Notre perception de l'espace oscille entre deux extrêmes, la perspective et la constance.

4.1. La perspective

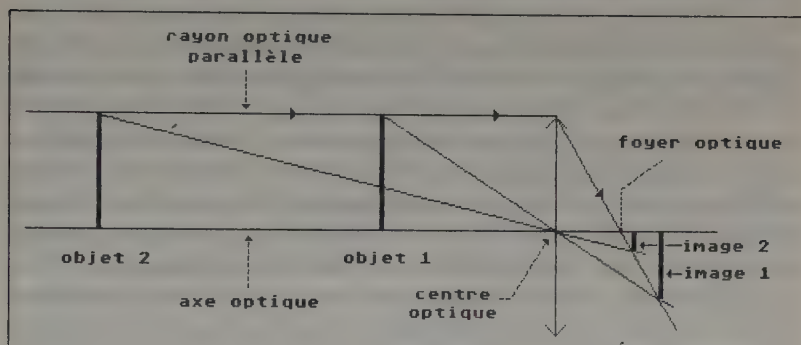
Léonard de Vinci (1452-1519), peintre, ingénieur et savant, ainsi que Descartes (1596-1650), philosophe, mathématicien et physicien, ont découvert l'explication de la perspective au cours de leurs études sur les lentilles, en particulier les lentilles convergentes. Lorsqu'on observe le trajet des rayons lumineux traversant une lentille convergente, on constate que l'image de l'objet sur un écran diminue en fonction de l'éloignement de l'objet : c'est le phénomène de la *perspective* (fig. 9) :

- les rails de chemins de fer semblent converger à l'horizon
- le diamètre apparent de la lune est sensiblement le même que celui du soleil
- du haut d'un grand édifice, tel que la tour Eiffel, les gens et les voitures paraissent miniaturisés, etc.

Dans l'histoire de la peinture, c'est à l'époque de la Renaissance que les peintres ont pris conscience de la perspective (Thuillet, 1984), certainement comme une conséquence de la connaissance des effets des lentilles, et ont commencé à la

représenter systématiquement. C'est évidemment très net chez Léonard de Vinci, qui généralise la perspective non seulement aux lignes mais aux dégradés de luminosité et de couleur.

9. Dédution de la loi de la perspective d'après les propriétés d'un système optique convergent (lentille convergente ou œil).



4.2. La constance perceptive

Cependant, la perspective ne s'applique pas à tout notre environnement et c'est même plutôt l'inverse dans un espace proche de quelques dizaines de mètres. Dans cet espace, nous percevons les individus et les objets avec une taille approximativement constante ; par exemple, si je regarde une personne s'éloigner de moi, je ne la vois pas rapetisser alors que ce serait le cas si je la filmais ; je ne vois pas une chaise deux fois plus petite si elle est située deux fois plus loin qu'une autre chaise, etc. Le système visuel est donc capable à certains niveaux de corriger l'information rétinienne par d'autres informations, que les chercheurs en perception appellent des indices de la constance. Léonard de Vinci avait déjà profondément réfléchi à ce problème et avait découvert de nombreux indices :

- la perspective en tant qu'indice d'éloignement, lignes, couleur, luminosité...
- les ombres, indiquant le relief ou les rapports spatiaux entre objets

- la parallaxe de mouvement, comme le cheval au galop qui semble aller lentement s'il est loin...

Les expérimentalistes classent les indices en fonction de deux modes de vision, binoculaire ou monoculaire.

4.2.1. *La vision binoculaire*

Beaucoup d'animaux, en particulier les vertébrés (poissons, batraciens, reptiles, mammifères), ont deux yeux (ce n'est pas le cas chez les araignées par exemple). En dehors de la sécurité qu'apporte un doublement des organes, l'existence de deux yeux situés différemment dans l'espace (comme les oreilles mais non le nez ; alors que les insectes repèrent la direction des odeurs avec deux antennes) a pour fonction le repérage dans l'espace grâce à des mécanismes complexes (Pettigrew, 1972). Le câblage des voies visuelles est compliqué puisque les fibres provenant de la moitié temporale de chaque œil vont dans l'hémisphère cérébral du même côté (voies ipsilatérales), tandis que les fibres du nerf optique qui viennent du côté nasal se croisent (décussation du chiasma optique ; on prononce «kiasma») pour aller dans l'hémisphère opposé (fig. 16). La fonction de cette anatomie complexe est simple, et revient à ce qu'un objet présenté latéralement soit analysé dans le même hémisphère : par exemple, si on présente un ballon rouge à droite, son image va se projeter du côté nasal de l'œil droit et du côté temporal de l'œil gauche. Le croisement complexe des axones du nerf optique «rattrape» cette inversion de projection. Il ressort de tout ceci que nos deux yeux envoient dans le même hémisphère deux images du même objet. Ces images se superposent en partie en fonction de la distance, c'est la disparité binoculaire, appelée «disparation rétinienne» ; plus l'objet cible est près et plus sont disparates ces deux images. Fort heureusement, nous ne voyons pas double ordinairement grâce à des mécanismes de neurones binoculaires spécialisés qui ne répondent qu'à certains angles de disparité (Pettigrew, 1972 ; Hubel et Wiesel, 1979). La disparité est en fait analysée dans le système visuel et fournit des indices spatiaux au cerveau. Mais nous ne sommes conscients que de l'image unique qui est synthétisée, sauf dans des cas exceptionnels (alcoolémie). La perception d'une image unique se fait à la fois par la dominance

d'un œil sur l'autre (dominance en fait de l'hémisphère gauche chez les droitiers) et grâce à des mécanismes de synthèse (neurones complexes de Hubel et Wiesel) pour les points qui se situent sur la courbe de convergence, l'*horoptère*. La mise en évidence de l'œil dominant se fait facilement, il suffit d'aligner un doigt, bras tendu, avec une cible éloignée (poignée de porte, tableau sur un mur) en gardant les deux yeux ouverts ; en fermant alternativement chaque œil, on s'aperçoit que l'alignement persiste pour un œil, c'est l'œil dominant (droit pour les vrais droitiers) alors que pour l'autre œil, le doigt semble être décalé de plusieurs centimètres (effet dû à la disparité des images rétinienne).

L'*horoptère* est la courbe correspondant au point de convergence des yeux. En dehors de l'horoptère (en avant ou en arrière), nous voyons deux images superposées, comme on peut le constater dans l'expérience suivante : on présente devant les yeux, bras tendus, les index des deux mains, extrémité contre extrémité, puis on fixe (dans le même plan) une cible située plus loin (par exemple, la poignée d'une porte), on verra à ce moment la superposition des deux index. Ces images disparates existent en fait à tout moment, bien que nous n'en ayons pas conscience, et sont utilisées dans le traitement de l'information pour créer l'impression d'espace. Les géographes et cartographes ont utilisé le principe de la disparité pour donner une impression d'espace ; le procédé consiste à prendre deux photos aériennes avec des objectifs séparés et à regarder ces photos à l'aide d'un dispositif de lentilles qui permet la superposition des images. La généralisation de ce principe a été tentée au cinéma dans les années 50, mais avec de plus grandes difficultés ; la scène était filmée en rouge par une caméra et en vert par une autre (qui simule l'autre œil). Les spectateurs devaient se munir de lunettes spéciales fournies dans les salles de cinéma dont un verre était rouge et l'autre vert ; ces verres servaient de filtres pour permettre la fusion des images (en noir et blanc) ; mais le résultat était peu spectaculaire et se faisait au détriment de la couleur ; ce procédé est resté une curiosité dans l'histoire hollywoodienne.

4.2.2. *La vision monoculaire*

La constance perceptive subsiste encore en vision monoculaire grâce à une variété d'indices, dont voici les principaux :

- *l'interposition* : habituellement, un objet masquant est situé entre l'objet masqué et l'observateur ; sur cette base, Kilpatrick (Ittelson et Kilpatrick, 1951) a pu «piéger» des sujets dans une expérience où l'on fabrique des fausses cartes de jeux ; la carte apparemment masquante est en fait la plus éloignée de l'observateur mais disposée de telle sorte que sa projection s'imbrique parfaitement dans une carte découpée située plus près de l'observateur ;
- *les ombres* : l'objet qui fait ombre à un deuxième objet est considéré comme situé entre la source de lumière et le deuxième objet, mais là encore on peut tromper l'observateur par des éclairages cachés, ce qui démontre l'utilisation perceptive de ce type d'indice ;
- *la parallaxe de mouvement* : à vitesse constante, l'objet qui se déplace près de l'œil donne une image rétinienne qui bouge plus vite sur la rétine ; le même effet se produit (lois de la relativité) si c'est la tête ou le globe oculaire qui bouge et non l'objet. De telles informations sont permanentes car l'œil est perpétuellement en mouvement ;
- *le gradient de texture* : Gibson, le grand psychologue de la perception, a beaucoup insisté sur la perception de la densité de luminosité, appelé gradient de texture, qui diminue avec l'éloignement, ce qu'avait déjà découvert Léonard de Vinci, le «peintre de la lumière et des ombres».

LECTURES CONSEILLÉES

Frisby, J.P. — *De l'œil à la vision*, Paris, Fernand Nathan, 1979.

Gribenski, A. — *L'audition*, Paris, PUF, 1964.

Tiberghien, F. — *Introduction à la psychophysique*, Paris, PUF, 1988.

Chapitre 3

L'APPRENTISSAGE

Les concepts d'apprentissage et de mémoire se réfèrent à la même réalité psychologique, mais le terme d'apprentissage est plutôt employé pour désigner la modification systématique du comportement en fonction de l'expérience, tandis que le terme de mémoire désigne plutôt l'ensemble des structures qui permettent ces modifications.

L'apprentissage comprend une très grande variété de types ou niveaux d'apprentissage, car l'augmentation de la complexité du système nerveux, en particulier du cerveau, en fonction de la phylogénèse (évolution des espèces), permet des niveaux d'apprentissage de plus en plus complexes.

Les principaux niveaux d'apprentissage sont :

- l'accoutumance
- le conditionnement pavlovien
- le conditionnement opérant et les apprentissages associatifs
- l'apprentissage de symboles
- la mémoire

Avant d'aborder les principaux niveaux d'apprentissage, rappelons que l'accoutumance (ou habituation, ou mémoire biologique) est certainement la forme la plus primitive d'apprentissage (Medioni et Robert, 1969), puisqu'elle existe chez des animaux unicellulaires. C'est la diminution d'une réaction innée (non apprise) ou d'une sensibilité, en fonction de la répétition de la stimulation (ou en fonction de la durée).

1 LE CONDITIONNEMENT CLASSIQUE

Vers la fin du XIX^e siècle, le physiologiste russe Yvan Pavlov utilisait des chiens dans son laboratoire pour ses études sur la digestion. Il reçut d'ailleurs le prix Nobel pour ses travaux sur la digestion et non pour ceux sur le conditionnement. Au cours de ses expériences sur les conditions de la sécrétion salivaire, le chien subit une légère intervention chirurgicale de façon à ce que le canal d'une glande salivaire soit relié à une fistule (petite éprouvette) pour mesurer la quantité de salive en nombre de gouttes ou fractions de cm³ (ou ml).

Les résultats sont simples ; seules deux sortes d'excitants (ou stimulus depuis les behavioristes) sont efficaces naturellement : de la viande dans la gueule ou une solution acidulée. Mais Pavlov avait remarqué que des stimulations diverses avaient aussi une action : vue de la viande ou de la personne qui apporte à manger.

1.1. Acquisition du conditionnement

1.1.1. La répétition

Le conditionnement classique ou pavlovien (ou répondant, type I, etc.) est basé sur l'existence d'une réponse réflexe ou automatique qui se déclenche à la présentation d'un stimulus spécifique, non appris. Par exemple, sans qu'il y ait eu d'apprentissage antérieur, le contact de la viande ou d'une solution acidulée avec la langue ou les muqueuses de la bouche est un stimulus qui déclenche spontanément, obligatoirement, la salivation ; comme ce stimulus est actif sans condition préalable, les behavioristes l'ont appelé *stimulus inconditionnel* (SI) (Pavlov parlait d'excitant naturel). La réponse (ou le réflexe) est symétriquement appelée *réponse inconditionnelle* (Pavlov parlait de réflexe absolu). Il existe d'autres réflexes «conditionnables», en particulier le clignement réflexe de la paupière, en réaction à un jet d'air sur la paupière, qui peut être utilisé sans danger ni intervention chirurgicale chez l'homme.

La procédure du conditionnement consiste à présenter le *stimulus neutre* (SN), par exemple le son d'un métronome, et à le faire suivre très rapidement par le stimulus inconditionnel (viande dans la bouche) : ce couplage constitue un essai. Une technique pratique est d'effectuer des blocs de dix essais et de présenter le stimulus neutre seul une fois à l'intérieur de chaque bloc pour observer son effet sur la salivation. La réaction salivaire va augmenter en fonction des essais à chaque présentation du son : avec la *répétition*, le son du métronome est devenu conditionné ou *conditionnel*. La vitesse de conditionnement est variable : par exemple, le nombre de gouttes de salive chez le chien va être pratiquement au maximum au bout d'une trentaine d'essais. En revanche le conditionnement du clignement de la paupière chez le lapin nécessitera plusieurs centaines d'essais (Anrep, Schneiderman et al., cf. Mackintosh, 1974 : Blancheteau, 1982) : la répétition est donc une condition du conditionnement.

1.1.2. La contiguïté temporelle

On distingue plusieurs procédures temporelles qui ne sont pas également efficaces et dont l'étude nous renseigne précisément sur les conditions nécessaires à l'établissement d'un conditionnement. La procédure la plus efficace correspond au couplage du SC (stimulus conditionnel) et du SI (stimulus inconditionnel). De meilleurs résultats sont obtenus avec une avance du SC, l'optimum d'avance est d'une demi-seconde. En revanche, dès qu'un intervalle est instauré entre le SC et le SI, le conditionnement est plus difficile, c'est le conditionnement avec *délai* (de *trace*, si le SI intervient après la disparition du SC). Dans tous les cas, le SC doit précéder le SI ; l'inverse, appelé *conditionnement rétrograde*, n'est pas efficace : ainsi quand on donne la nourriture avant le son, celui-ci ne déclenche pas la salivation.

L'étude des conditions temporelles met donc en évidence deux facteurs nécessaires à l'établissement du conditionnement classique :

- la *contiguïté temporelle* entre le SC et le SI
- l'*avance du SC* par rapport au SI

Ce dernier critère amena Pavlov à penser que le stimulus conditionnel est efficace parce qu'il joue le rôle d'un signal (biologique) annonçant le stimulus inconditionnel.

1.2. Extinction, récupération et inhibition

Pavlov et les chercheurs de son équipe ont démontré de façon claire la différence entre un SI et un SC : le SI provoque toujours le réflexe ou la réponse, tandis que, si l'on présente le SC seul au cours de plusieurs essais successifs, on observe que sa valeur conditionnelle va progressivement diminuer. Voici, comme illustration, une expérience de Tolotchinov du laboratoire de Pavlov (Pavlov, 1963).

Heure	Stimulation (1 min)	Quantité de salive (cm ³)
11h 34	vue de la viande	0,7
11h 37	—	0,4
11h 40	—	0,2
11h 43	—	0,05
11h 46	—	0

Ce phénomène s'appelle *extinction* et se produit pour n'importe quel stimulus conditionnel, mais il est intéressant de constater avec cette expérience que la vue de la viande est un stimulus conditionnel comme d'autres ; d'ailleurs des chiots qui ne sont nourris qu'au lait ne salivent pas à la vue de la viande.

L'extinction n'est pas l'effacement du conditionnement ou un processus lié à la fatigue ou l'absence de salive, car après un temps de repos le stimulus conditionnel est à nouveau efficace, c'est le phénomène de *récupération spontanée*. Cette récupération a également lieu tout de suite après la présentation d'un stimulus inconditionnel (ex. solution acidulée).

Ces constatations très méthodiques ont amené Pavlov à faire une hypothèse, cruciale dans son œuvre aussi bien que pour la suite de la psychologie, hypothèse selon laquelle l'extinction est provoquée par un processus nerveux dynamique et antagoniste de l'excitation, le processus d'*inhibition*. Les récents tra-

vaux en neurobiologie, en particulier sur les neurotransmetteurs, montrent la profondeur de vue de Pavlov en mettant en évidence différents mécanismes inhibiteurs : neurotransmetteurs inhibiteurs ou molécules bloquant ou détruisant des neurotransmetteurs (ainsi l'achétylcholinestérase qui détruit l'acétylcholine ; il existe également des inhibiteurs d'inhibiteurs comme les IMAO, inhibiteurs des mono-amine-oxydase, utilisés comme antidépresseurs en neuropharmacologie...)

1.3. Généralisation et différenciation

Lorsqu'un stimulus a été conditionné, des stimulus qui lui ressemblent déclenchent la réponse, c'est le processus de *généralisation* que Pavlov attribue à une diffusion de l'excitation : la généralisation est d'autant plus efficace que le nouveau stimulus ressemble au stimulus d'origine (conditionné), ce qui se traduit sur un graphique par une parabole (courbe en U renversé) dont le maximum correspond au stimulus original : cette courbe est appelée *gradient de généralisation*.

Cependant, si l'on répète la situation dans laquelle le stimulus original est renforcé (ce terme de Pavlov deviendra un concept important avec Skinner), par exemple un son de 1 000 Hz, la réponse conditionnelle ne va plus apparaître pour un nouveau stimulus (ex. un son de 1 012 Hz) : c'est le phénomène de *différenciation*. De nombreuses expériences de Pavlov et de Vladimir Vassiliévitch Beliakov ont démontré que la différenciation était déterminée par un mécanisme d'inhibition. Ainsi, la présentation du son original juste après le son différencié produit moins de salive qu'auparavant.

1.4. Conditionnement d'ordre supérieur

Dans d'autres séries d'expériences, Pavlov et d'autres chercheurs ont montré qu'un stimulus déjà conditionné permet le conditionnement d'un nouveau stimulus, par exemple, le son conditionné pour une lumière : Pavlov l'appelle un excitant (stimulus) conditionnel de second degré. Ce *conditionnement d'ordre supérieur* a une importance théorique considérable, et

on verra qu'il est devenu un concept central dans les théories behavioristes sous le nom de renforcement secondaire.

1.5. Névrose expérimentale

Dans certaines situations expérimentales, la compétition entre excitation et inhibition est durable, intense, et devient, selon les termes de Pavlov, une «lutte» qui provoque des états pathologiques pouvant durer des jours voire des années. Pavlov appelle ces troubles «*névroses expérimentales*», et ses recherches sont utilisées dans la psychiatrie soviétique.

Ces névroses sont produites par le couplage de stimulus agréables et douloureux, mais également par d'autres procédures n'impliquant aucune stimulation douloureuse. Comme le montre l'expérience de Chenguer-Krestovnikova, c'est la compétition entre excitation et inhibition qui est déterminante. On établit une différenciation entre un cercle lumineux sur un écran (suivi de viande) et une ellipse (non renforcée). On augmente le diamètre de l'ellipse pour qu'elle ressemble à un cercle, jusqu'au moment où la discrimination n'est plus perceptivement possible. Brusquement le chien tombe dans un état d'agitation continuelle, poussant des glapissements, etc., et toutes les différenciations précédentes sont abolies. L'excessive différenciation aboutit à une sorte de «guerre de frontière» entre les processus d'excitation et d'inhibition.

Dans l'histoire des religions et des systèmes de pensée, l'opposition constante entre deux principes antagonistes, appelée manichéisme, comme entre le bien et le mal, entre Dieu et le diable..., reflète peut-être cet antagonisme profond entre les processus d'excitation et d'inhibition découverts par Pavlov.

2 LE CONDITIONNEMENT OPÉRANT

Parallèlement aux travaux de Pavlov, naissait aux États-Unis une autre manière d'aborder l'apprentissage chez l'animal avec

Thorndike (1898), Small (1900, 1901) et Watson (1907). Thorndike étudiait l'apprentissage chez le chat en le plaçant dans une boîte à problème, cage dont la porte pouvait s'ouvrir par un système de loquets. Thorndike observa que, contrairement aux idées courantes qui attribuent aux animaux une réflexion, le chat n'apprenait à sortir qu'au prix de longs tâtonnements (c'est la notion d'*apprentissage par essai et par erreur*), et également à condition qu'il y ait une récompense (c'est la *loi de l'effet*). Willard Small eut le premier l'idée d'étudier l'apprentissage du rat dans un labyrinthe ; ce premier labyrinthe, en bois et treillage de fils de fer (1901), était une adaptation du labyrinthe fait de bosquets taillés, dans les jardins d'Hampton Court, dont il avait copié le tracé dans l'*Encyclopaedia Britannica*. Le «père» de l'apprentissage du labyrinthe anticipera de nombreuses recherches en déclarant que le rat est probablement incapable d'une capacité mentale suffisante pour faire «la relation entre les moyens perçus et la fin». John Watson insista sur le rôle des réponses *kinesthésiques* (sensibilité du mouvement par les récepteurs des muscles, tendons et articulations), à la suite d'expériences où des rats, privés de sensations extéroceptives (visuelles, auditives, tactiles), étaient capables d'apprendre un parcours dans un labyrinthe. Dans l'ensemble, cette tradition américaine va conduire à une prééminence de l'action, c'est-à-dire des réponses, contrairement au conditionnement pavlovien d'associations entre stimulus.

2.1. Le conditionnement opérant : standard de l'apprentissage

Cette tradition a conduit à élaborer des procédures appelées «*instrumental conditioning*», mais dont la traduction française «conditionnement instrumental» évoque l'utilisation d'instruments, ce qui n'est pas le cas, puisque dans le sens américain ce sont les réponses qui servent d'«instruments» ; j'utiliserai donc comme concept équivalent le terme de «conditionnement opérant», proposé par Skinner, non ambigu et également très usité depuis les efforts de ce dernier en matière de standardisation méthodologique et théorique (Richelle, 1966).

2.1.1. *La boîte de Skinner*

L'idée de Skinner est de fabriquer un environnement standard permettant l'étude des lois générales de l'apprentissage, environnement aussi automatisé que possible de façon à éliminer les manipulations humaines (trop variables ou stressantes pour l'animal) et également de manière à recueillir automatiquement les résultats grâce à des dispositifs électroniques : de distribution de nourriture (mangeoire dans laquelle tombe une ration, pipette délivrant une goutte d'eau), de présentation de stimulus (sons, lumières ou figures) et enfin de mesure de l'activité (appui sur une barre, cellules photo-électriques coupées par les déplacements de l'animal, etc.). Ce dispositif, appelé boîte de Skinner, est une sorte de distributeur automatique à l'échelle de l'animal (souvent un rat ou un pigeon, en raison de leur petite taille, faciles à élever et à manipuler dans les conditions de laboratoire).

Le rat introduit dans cette boîte (Skinner, 1951 ; Richelle, 1966) est capable de réaliser un certain nombre d'actions qui définissent son répertoire comportemental (aller dans un coin, lever la tête, se gratter le museau, se tourner...) mais seul l'appui sur la barre (par choix de l'expérimentateur) permet de déclencher la chute d'une ration de nourriture (boulette nutritive) dans la mangeoire. Les expériences antérieures ayant montré que l'animal doit être motivé, le rat affamé va explorer, flâner, tâtonner, et parmi d'autres réponses, il arrivera qu'il appuie sur la barre, déclenchant ainsi une récompense alimentaire, que Skinner dénomme d'une façon générale un renforcement. Ce succès ne sera pas suivi immédiatement d'un autre appui comme on pourrait l'imaginer par anthropomorphisme : imaginez qu'un matin le distributeur de la cafeteria délivre gratuitement des cafés, il ne faudrait pas longtemps pour que tous les étudiants de la fac soient là. Chez le rat, tout au contraire, il faut de nombreux essais et renforcements : il n'y a pas compréhension, seulement apprentissage.

2.1.2. *Le conditionnement opérant discriminatif*

Le conditionnement opérant n'est aussi simple que dans la phase préliminaire de familiarisation de l'animal, phase quali-

fiée de *modelage* (*shaping*). L'intérêt principal du dispositif est d'étudier des apprentissages plus complexes, en particulier les capacités de discrimination perceptive. Le pigeon est un animal qui s'y prête bien, comme l'a justement observé Skinner, du fait d'une très bonne perception et mémoire visuelle. La boîte de Skinner pour le pigeon est munie d'un tableau, à hauteur de ses yeux, constitué de plusieurs fenêtres en plexiglass dans lesquelles peuvent apparaître différentes figures (cercle, carré, triangle, barres horizontales et verticales, ou couleurs) : l'appui sur une fenêtre spécifique déclenche un renforcement, constitué par la chute d'une graine dans une mangeoire placée à portée de bec.

Skinner est ainsi parvenu à faire discriminer des couleurs, des figures géométriques, des cartes à jouer, et même à faire jouer un petit air de musique par des coups de bec sur les touches d'un piano miniature (il faut alors plusieurs mois d'apprentissage).

2.1.3. *Conduites superstitieuses et contiguïté temporelle*

L'intervalle de temps entre la réponse et le renforcement doit être très court, l'optimum étant une demi-seconde, pour être efficace. Dans les premiers essais, l'animal peut produire des réponses qui se sont trouvées renforcées par hasard, ainsi le rat lèche sa patte en s'appuyant sur la barre, le pigeon lève les ailes en donnant un coup de bec, etc. Skinner les appelle des *conduites superstitieuses*. L'observation des conduites superstitieuses indique clairement que le conditionnement opérant n'est pas basé sur des mécanismes de réflexion mais d'association en fonction de la contiguïté temporelle.

2.2. Conditionnement opérant et conditionnement classique

La comparaison du conditionnement opérant et du conditionnement classique a toujours suscité énormément de réflexions et de désaccords. Il existe de nombreux points communs entre ces deux catégories d'apprentissage, ce qui justifie l'appellation commune de conditionnement ; d'autre part, il existe des

différences souvent difficiles à considérer comme définitives ; enfin, les progrès dans ce domaine mettent en évidence des interactions entre les deux types de conditionnement.

2.2.1. *Les points communs*

Les propriétés du conditionnement classique se retrouvent dans le conditionnement opérant :

- contiguïté temporelle
- avance du signal (SC ou stimulus discriminatif)
- renforcement (SI ou stimulus d'ordre supérieur)
- extinction
- généralisation et différenciation

2.2.2. *Les différences*

Les différences entre conditionnement classique et conditionnement opérant sont restreintes et font l'objet de discussions théoriques très élaborées (Rescorla et Solomon, 1967). En effet, pour chaque critère qui paraît spécifique d'un type de conditionnement, il existe des exceptions et des interactions entre les deux conditionnements si bien que la frontière n'est pas toujours claire.

■ *Conditionnement classique*

- le stimulus neutre devient conditionnel en s'intégrant à une liaison innée stimulus inconditionnel → réponse inconditionnelle. Le SC s'ajoute en quelque sorte à un arc réflexe ;
- le conditionnement classique intéresse plutôt les réflexes, les réponses glandulaires et viscérales (muscles lisses), c'est-à-dire le système neurovégétatif contrôlé par le système nerveux autonome, ortho et parasympathique, qui est à la base des mécanismes motivationnels et émotionnels (*infra* «le conditionnement de la peur», chapitre 7).

■ *Conditionnement opérant*

- le conditionnement opérant est la sélection par le renforcement d'une réponse dans le répertoire comportemental. Le

conditionnement opérant simple est un cas particulier de conditionnement discriminatif dans lequel le contexte (cage, déclic de la barre, etc.) fournit de nombreux stimulus discriminatifs ;

- Le conditionnement opérant porte spécialement sur la musculature striée des muscles «volontaires» contrôlés par le système nerveux central (cependant dans des conditions particulières, on peut conditionner de manière opérante la musculature lisse, c'est la base du *biofeedback*, infra «émotions», chapitre 7).

2.2.3. *Les interactions*

Des recherches de plus en plus nombreuses mettent en évidence des interactions entre les deux formes de conditionnement :

Les renforcements secondaires : dans le conditionnement opérant, les renforcements sont souvent des renforcements secondaires, c'est-à-dire des stimulus conditionnés. Par exemple, dans son article «Comment apprendre aux animaux», Skinner (1951) conseille, pour un chien, de commencer par associer le clic d'un criquet (le jouet ; les dresseurs eux emploient souvent un sifflet) à la nourriture — c'est un conditionnement classique — puis d'utiliser le clic pour renforcer les réponses, comme lever la patte, c'est la phase de conditionnement opérant — ; cette procédure a en outre l'avantage de pouvoir renforcer l'animal à distance, ce qui évite au dresseur de jouer au coureur de fond...

Les réponses «viscérales» dans le conditionnement opérant : dans des expériences de conditionnement opérant appétitif, où la procédure permet l'enregistrement d'une réponse pavlovienne comme la salivation, on constate qu'il y a concomitance entre des réponses pavloviennes et des réponses opérantes. Dans une de ses expériences, Martin Shapiro (1962) de l'université de Houston a eu l'idée d'associer la procédure du conditionnement classique de la salivation à celle d'un conditionnement opérant temporel (DRL, infra «programmes de renforcement», même chapitre). Les chiens sont préparés chi-

rurgicalement comme les chiens de Pavlov, avec implantation d'un petit tube en polyéthylène dans le canal de la glande parotide, et chaque chien en situation d'expérience est placé dans un dispositif de Skinner adapté à sa taille, avec une barre et une mangeoire. Le chien doit apprendre à n'appuyer sur la barre qu'après l'écoulement d'un certain laps de temps depuis le précédent renforcement (jusqu'à deux minutes lorsque l'animal est bien conditionné). On observe que la réponse salivaire démarre dans l'intervalle qui précède chaque appui, ce qui indique une interaction entre les deux formes de conditionnement. La salivation intervient parfois après l'appui sur le levier : donc les réponses viscérales, ici la salivation, ne doivent pas être considérées comme la cause déclenchante de la réponse opérante (telle que appui sur le levier), mais les deux types de réponse peuvent être vus comme des indicateurs de processus cérébraux qui interviennent dans les deux conditionnements.

La peur conditionnée dans le conditionnement d'évitement : dans un dispositif de conditionnement d'évitement (Neal Miller, 1948), le rat doit sauter d'un compartiment à un autre dans une cage spéciale séparée en son milieu par une barrière (*shuttle box* : littéralement boîte à navette), pour éviter un choc électrique provenant du plancher métallique ; le choc est signalé par un stimulus discriminatif, tel qu'un son. Pour Miller, le son devient un stimulus conditionnel de peur par conditionnement classique avec le choc électrique (en général violent dans ce genre d'expérience). Cette peur conditionnée est un état motivationnel qui pousse l'animal à agir pour éviter le choc ; la réponse du conditionnement opérant est de sauter dans l'autre compartiment ; au bout de quelques essais, le rat évite donc tous les chocs en sautant après chaque son (infra « motivations et émotions », chapitre 7). Le conditionnement d'évitement comprend donc une phase de conditionnement classique (association du son et du choc électrique) et une phase de conditionnement opérant (saut suivi de la disparition de la douleur).

Le conditionnement par stimulation intracérébrale : depuis la première démonstration du déclenchement de mouvements par stimulation électrique du cerveau (Fristch et Hitzig, 1870, Doty, 1961), des recherches indiquent une possibilité de conditionnement en couplant une stimulation intra-cérébrale (ana-

logue à l'électricité naturelle du cerveau : de 0,2 à 1 mA, millièème d'ampère) dans le cortex sensoriel et une stimulation dans le cortex moteur (qui déclenche un mouvement, Doty, 1961).

Toutes ces interactions montrent que les deux conditionnements sont certainement liés à des mécanismes communs dans le cerveau et ne diffèrent que par les systèmes nerveux inférieurs et de réponse (musculature lisse ou striée...) : c'est la *théorie du processus central* (Solomon et Rescorla, 1967).

2.3. Renforcements et programmes de renforcement

2.3.1. Le renforcement

Selon la définition de Skinner, le renforcement est ce qui accroît la probabilité d'émission (ou de diminution) d'une réponse ; on peut distinguer plusieurs catégories de renforcements :

- *renforcements primaires* : les renforcements primaires sont des stimulus inconditionnels qui correspondent aux besoins biologiques ou à des réflexes. On distingue les renforcements positifs et négatifs : les positifs sont les stimulus des comportements *appétitifs* (nourriture, sommeil, etc.), ce sont les récompenses ; les renforcements négatifs (choc électrique, bruit, etc.) sont les stimulus des comportements *aversifs*, ce sont les punitions ;
- *renforcements secondaires* : les renforcements secondaires sont tous les stimulus dont l'efficacité est due à un apprentissage, le plus souvent par un conditionnement classique ; le sifflet ou la voix du dresseur, le claquement du fouet du dompteur, etc. Notre vie motivationnelle et émotive est essentiellement enrichie par les renforcements secondaires, de l'assiette dans laquelle nous mangeons à la blouse blanche du dentiste... C'est surtout en fonction de l'efficacité des renforcements secondaires qu'il est préférable d'utiliser le terme général de renfor-

cement plutôt que ceux plus restrictifs, bien qu'exacts, de récompense et de punition ;

- *renforcements affectifs, cognitifs et sociaux* : chez les animaux supérieurs (dauphins, chimpanzés) et l'homme, il existe des renforcements qui ne sont pas appétitifs ni aversifs, mais qui semblent néanmoins primaires ; le singe a besoin de contact social (Harlow, 1959) et de curiosité : l'ouverture de la fenêtre d'une cage donnant sur un spectacle (petit train, etc.) agit comme un renforcement (Butler, 1954) ;
- *renforcements intra-cérébraux* : des expériences de stimulation intracérébrale ont mis en évidence des zones privilégiées du cerveau (en général dans l'*hypothalamus*, véritable ordinateur de la vie végétative, ou sur des voies liées à ce centre sous-cortical), où la stimulation électrique agit comme un renforcement (infra «le centre du plaisir», chapitre 7).

2.3.2. Les programmes de renforcement

A la suite de ses expériences, Thorndike avait établi la loi de l'effet selon laquelle une action se trouvait répétée si l'effet qui en découlait était satisfaisant pour l'animal, lui permettant de combler sa faim par exemple. Les renforcements secondaires constituent une première limitation de cette loi, puisque le renforcement secondaire n'a pas d'effet en lui-même, le sifflet ne nourrit pas et le claquement du fouet ne fait pas mal. Mais d'autres expériences ont montré que, paradoxalement, il est plus efficace de donner le renforcement de temps en temps plutôt qu'à chaque essai (Jenkins et Rigby, 1950). Skinner et d'autres chercheurs ont utilisé de nombreux *programmes* dénommés par les abréviations de leur appellation américaine, en voici quelques exemples :

- FR (*fixed ratio*) : la proportion de renforcements est fixe, par exemple trois appuis sur quatre sont renforcés au hasard ;
- VR (*variable ratio*) : la proportion est variable, car les renforcements sont donnés en fonction d'une moyenne de réponse ;

- FI (*fixed interval*) : ce programme est en particulier utilisé pour étudier les possibilités de l'animal à s'adapter au temps ; on renforce la première réponse émise après un intervalle fixe de temps, par exemple 20 secondes ; on constate que l'animal attend quelques secondes puis appuie sans arrêt (ce qui, sur un tracé de son activité, apparaît comme une dentelure, un feston en couture : «scallop» en américain) ;
- DRL (*differential reinforcement of low rates of responding* : renforcement différentiel des basses cadences de réponses) : le DRL a été mis au point pour éviter le comportement de dentelure de l'animal ; le renforcement est attribué seulement après qu'un intervalle minimum sans réponse se soit écoulé depuis la précédente réponse ; tout appui anticipé reconduit (la procédure est automatisée) le délai complet ; ainsi dans un DRL usuel de 20 secondes, si le rat appuie au bout de 18 secondes, le délai est reconduit pour 20 nouvelles secondes. Ce programme est difficile et n'est acquis qu'après modelage avec d'autres programmes et en augmentant progressivement l'intervalle du DRL.

C'est avec ces programmes DRL, les moins renforçateurs, que Skinner a obtenu chez le pigeon jusqu'à 73 000 réponses dans les cinq premières heures d'une période d'extinction.

2.4. Les applications du conditionnement

Le conditionnement est très riche d'application : le dressage, le test de médicaments en pharmacologie, etc. Une autre application fondamentale est son utilisation pour l'étude de la perception de l'animal (ou du bébé).

Le grand éthologiste Karl von Frisch (prix Nobel 1973), qui découvrit le «langage» des abeilles, utilisa la technique du conditionnement discriminatif pour l'étude des couleurs chez l'abeille (1927). Il dispose sur une table, non loin de la ruche, un papier bleu avec quelques gouttes de miel ; des abeilles (qu'il a marquées de petits points de couleur sur le thorax pour les reconnaître) se posent sur le papier bleu, vont et viennent plusieurs fois. Dans la phase test, Frisch enlève le papier avec

le miel pour disposer un nouveau papier bleu (propre) et un papier rouge : les abeilles continuent à se poser sur le papier bleu. Il reste une phase contrôle afin de vérifier que c'est bien la qualité chromatique du papier bleu qui a été conditionnée et non sa brillance ; pour cela Frisch mélange le papier bleu parmi plusieurs papiers de différentes nuances de gris, mais les abeilles continuent de se poser sur le papier bleu. La continuation de cette procédure pour les autres couleurs a permis de constater que l'abeille voyait à peu près les mêmes couleurs que l'homme avec un décalage ; elle ne voit pas le rouge mais perçoit des ultra-violets.

3 LES PROCESSUS ASSOCIATIFS ET COGNITIFS DE L'APPRENTISSAGE

Le conditionnement est une forme d'apprentissage dans laquelle on peut facilement identifier, par construction de la situation expérimentale, une liaison entre deux stimulus (S-S : conditionnement classique) ou entre un stimulus et une réponse (S-R : conditionnement opérant). C'est la raison pour laquelle les behavioristes, en particulier Watson et Clark L. Hull, ont considéré le conditionnement comme le prototype de l'apprentissage et ont voulu démontrer que tout apprentissage, simple ou complexe, est un assemblage de segments de comportement de type S-R : «Le réflexe conditionné est l'unité à partir de laquelle l'habitude totale se forme» (Watson, 1958). En opposition à cette vue associationniste, certains auteurs ont proposé des explications basées sur des mécanismes de synthèse des éléments de la situation, ce sont les théories cognitives impulsées essentiellement par Edward C. Tolman et le gestaltiste Wolfgang Köhler. En se basant sur des expériences souvent ingénieuses, ils ont essayé de prouver l'existence de mécanismes cognitifs, «compréhension» (*insight*), «prévision» (*expectancy*), «carte cognitive» (*cognitive map*)...

L'apprentissage du labyrinthe est une situation qui a été au cœur de la controverse passionnée entre ces protagonistes, car elle paraît nécessiter toutes les capacités locomotrices et représentatives d'un organisme. Cette polémique a permis de construire de nouvelles procédures, d'affiner les arguments théoriques et ainsi de découvrir des hypothèses fructueuses et des erreurs dans les deux camps. La première utilisation du labyrinthe est due à Willard Small (1901), qui adapta le parcours du labyrinthe des jardins d'Hampton Court.

3.1. Les théories associatives

Dans la tradition associationniste du behaviorisme, Clark L. Hull, de l'université de Yale, a fait un effort théorique considérable qui, en dépit d'un formalisme excessif, a permis d'affiner les hypothèses théoriques. Une première version de sa théorie est parue en 1943 dans son ouvrage *Principes du comportement*, et pour répondre à des critiques basées sur de nombreux faits expérimentaux, en particulier de Tolman, une deuxième version très élaborée paraît en 1952 sous le titre *Un système du comportement*. La présentation de ces livres s'inspire fortement des ouvrages de mathématiques ou de physique, avec des symboles, formules, postulats et théorèmes : dans cet ouvrage, il y a 132 théorèmes et 100 symboles au glossaire...

3.1.1. Motivation et apprentissage

Dépassant le behaviorisme strict (néobehaviorisme), Hull pense que l'apprentissage est déterminé par des variables intermédiaires, le comportement n'étant lui-même que l'expression d'un potentiel excitatif résultant, dont la valeur est déterminée par la formule suivante (qui ne sera pas utilisée, mais qui donne une idée du style de Hull) :

$$E = D \cdot K \cdot V_2 \cdot H \cdot V_1 \cdot C$$

où :

D = *drive*, c'est-à-dire le mobile, la motivation

K = valeur incitatrice du renforcement (ex. attractivité de la nourriture)

V1 et V2 = intensité de deux stimulus dans une discrimination

H = la force de l'habitude au départ de l'apprentissage

C = constante quantitative (estimée sur des courbes...)

En fonction des expériences, ces formules peuvent se compliquer (puisque'il y a 100 symboles), mais les principes fondamentaux de Hull peuvent se résumer dans une formule simple :

$$\text{COMPORTEMENT} = \text{HABITUDE} \cdot \text{MOTIVATION}$$

Cette formule exprime un principe fondamental de l'apprentissage selon lequel on ne peut apprendre sans motivation.

3.1.2. *Les réponses fractionnées*

Afin d'expliquer le mécanisme des apprentissages, Hull va développer l'hypothèse de la chaîne réflexe de Watson, selon laquelle l'apprentissage final est une chaîne de conditionnements correspondant à des parties du comportement total. Dans un labyrinthe, la réponse de chaque carrefour (tourner à droite ou à gauche) sera considérée comme associée au stimulus résultant de la précédente réponse (sensations kinesthésiques résultant des mouvements pour tourner à gauche ou à droite) : à chaque carrefour, il y a conditionnement d'une fraction du parcours du labyrinthe, ce sont les réponses fractionnées de but.

3.1.3. *Le gradient de but*

Sachant l'importance de la contiguïté temporelle dans le conditionnement, quel est le renforcement de chaque réponse fractionnée ? Le seul renforcement est la nourriture au but ; seule, la dernière réponse fractionnée sera renforcée par ce renforcement primaire. Hull fait l'hypothèse que la réponse fractionnée devient elle-même un renforcement secondaire pour la réponse antérieure, etc. On peut donc prévoir un affaiblissement de ce processus en fonction de l'éloignement du but, c'est

la loi du *gradient de but* : la force du comportement augmente en fonction de la proximité du but (*infra* «le conflit», chapitre 7).

3.2. Les théories cognitives

À l'encontre des théoriciens associationnistes S-R, Edward Chace Tolman, de l'université de Californie, a tenté d'expliquer le comportement et l'apprentissage par des mécanismes plus cognitifs, c'est-à-dire d'élaboration de la connaissance, mais il se situait lui-même dans le courant behavioriste en définissant un «behaviorisme de l'intention» (*purposive behaviorism*). Il a publié de nombreux articles, utilisant dans ses expériences des dispositifs très ingénieux, et un livre sur le *Comportement intentionnel chez les animaux et les hommes* (1951). Pour Tolman, le comportement n'est pas une séquence automatisée d'associations établies par conditionnement mais une réponse globale qui se réfère à une représentation mentale du but et des lieux qui permettent d'y accéder, c'est ce qu'il appelle une structure-signe (*sign-gestalt*) ou, dans ses derniers écrits, la carte mentale (*cognitive map*).

3.2.1. Apprentissage de lieu et apprentissage de réponse

Tolman et son équipe marqueront de nombreux points (confirmés par des expériences plus récentes) contre les associationnistes, en montrant que les réponses ne sont pas nécessaires à l'apprentissage : un rat apprend plus facilement un lieu que la même réponse (tourner à droite quel que soit le point de départ ; Tolman, Ritchie et Kalish, 1946 ; Cohen-Salmon et Blancheteau, 1968). Des rats ou des chiens, transportés dans une sorte de téléphérique, apprennent très vite le parcours d'un labyrinthe (Dodwell et Bessant, 1960 ; Gleitman, 1963 ; Maltzman, 1968). L'étude de l'apprentissage de l'orientation chez les oiseaux montre qu'il n'y a pas mémorisation de réponses motrices mais de repères visuels. Beaucoup de migrants suivent les côtes et les fleuves (Dorst, 1956) et d'autres grands migrants comme le bruant indigo ont mémorisé des ensembles d'étoiles lors de parcours antérieurs. Skinner a

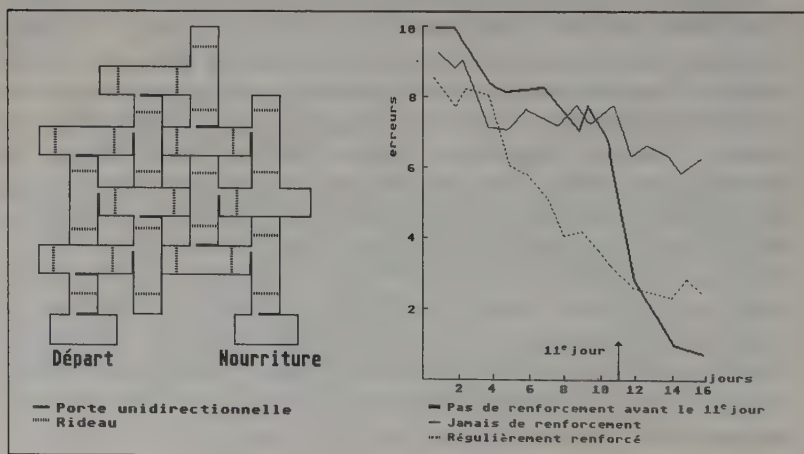
d'ailleurs montré que les pigeons ont une très bonne mémoire de photographies aériennes sur de très longs délais (jusqu'à 4 ans, Skinner, 1950).

3.2.2. *L'apprentissage latent*

Pour Tolman, il n'y a pas besoin de motivation pour apprendre, il y a mémorisation d'informations, même en l'absence de renforcement. Les expériences de Blodgett (1929) ainsi que celles de Tolman et Honzik (1930) réalisées à la même époque, le montrent en ne délivrant pas de récompense à des rats dans un labyrinthe. Les rats qui sont renforcés au but ne font que très peu d'erreurs au bout des seize essais de l'expérience. Les rats qui ne sont jamais renforcés font beaucoup d'erreurs (fig. 10) ; mais si on renforce un groupe de rats à partir du onzième essai, on constate que ces rats ne commettent pas plus d'erreurs au seizième essai que les rats toujours renforcés : il y a eu mémorisation d'informations spatiales sans renforcement, c'est l'apprentissage latent. Pribram (1974) a également montré qu'un singe réussit plus vite un conditionnement discriminatif pour une lettre si celle-ci a été affichée auparavant dans sa cage.

10. L'apprentissage latent

« Cette expérience célèbre fournit un exemple de labyrinthe ainsi que des courbes typiques d'apprentissage » (d'après Tolman et Honzik, 1930).



3.2.3. *La structure-signe*

Dans une première conception des structures cognitives, Tolman fait l'hypothèse que le rat a la capacité d'intégrer en une représentation interne globale, la *structure-signe* (*sign-gestalt*), des éléments perceptifs et motivationnels de la situation. En tout point de l'environnement, l'animal sera capable grâce à cette représentation synthétique de prévoir les conséquences de ses actions. Afin de confronter cette hypothèse à une explication en terme de conditionnement, Tolman utilise un labyrinthe très simple à deux couloirs ; le rat doit apprendre au cours d'une phase préliminaire à choisir le couloir caché par le rideau blanc, le rideau noir masquant une impasse. Après cette première phase d'apprentissage classique, chaque rat est directement placé au but où il reçoit des chocs électriques (deuxième phase). Dans la conception de la structure-signe, ce changement de valeur du but devrait être intégré dans la structure du précédent apprentissage, de sorte qu'en situation test (troisième phase), où chaque rat est remis au point de départ, le rat devrait refuser d'avancer (comme le ferait l'homme). «Hélas», comme le dit Tolman, les rats mis au départ «s'élancent gaiement» comme dans la phase préliminaire et vont directement au but. Ce résultat s'explique bien au contraire en terme de conditionnement, car le rideau blanc n'a été conditionné qu'à la nourriture.

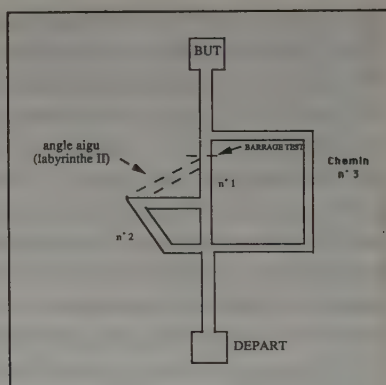
Pour vérifier ce point, Tolman réalise une contre-épreuve dans laquelle les rats (d'autres rats), après la phase préliminaire, sont mis au point de départ et reçoivent des chocs électriques en arrivant au but, après un parcours entier par le couloir au rideau blanc ; cette fois, mis au point de départ dans la phase test, les rats refusent de bouger : le rideau blanc a été reconditionné négativement. Comme conclut Tolman avec humour : «si les rats ont des structures-signes de prévision, alors ces structures-signes ne sont pas aussi intelligentes que je l'avais supposé» (1951).

3.2.4. *La carte mentale*

Après cet échec, Tolman imagine les processus cognitifs du rat comme une capacité de déduction à partir d'une topographie

mentale, la carte cognitive. Avec C. Honzik, il réalise à nouveau un dispositif très astucieux de labyrinthe à trois chemins. Chaque chemin est de longueur inégale et mène au but (fig. 11 : l'allée en pointillés fait partie du labyrinthe II d'une expérience contradictoire).

11. Labyrinthe à trois chemins
(Tolman et Honzik, 1930) et
labyrinthe modifié (II) (Dove et
Thompson, 1943).



Dans un apprentissage préliminaire, on oblige les rats à explorer tous les chemins en bloquant certains par des blocs de bois ; de cette façon, on constate que les rats placés au point de départ (D) ont une préférence pour le chemin 1, le plus court, puis le 2 et enfin le 3.

Précision technique cruciale, une porte en plastique transparent ne s'ouvrant que vers le but est placée à la sortie du chemin 2 donnant sur le chemin 1, car les rats ont tendance dans des retours en arrière à prendre le chemin 2 à l'envers ; avec la porte, ils se «cognent le nez».

Dans la phase test, chaque rat est placé au point de départ, mais un barrage de plastique transparent est placé après la sortie des chemins 1 et 2, de façon à ne laisser ouvert que le chemin le plus long, le 3. Les rats prennent le départ, se cognent contre le barrage qu'ils ne pouvaient voir du départ, retournent au carrefour, et 14 rats sur 15 prennent alors le chemin 3 comme s'ils comprenaient que le chemin 2 était également bloqué.

Cependant la soi-disant perspicacité des rats a laissé perplexe certains expérimentateurs, notamment Claude C. Dove et Merrel E. Thompson (1943) qui, en refaisant soigneusement

l'expérience, ne trouvent pas tout à fait les mêmes résultats. Dans la première expérience d'une série de trois, la procédure est la même que celle de Tolman et Honzik, mais ce n'est qu'à partir d'un deuxième essai-test que les rats prennent en majorité le chemin 3 (tab. 1).

Il y a une nuance importante avec les résultats de Tolman et Honzik : les rats ne choisissent pas d'emblée l'allée 3, ce qui n'est pas spécialement compatible avec l'hypothèse d'un processus de déduction. Dove et Thompson restent peu convaincus de la perspicacité du rat : l'allée 2 a pu faire l'objet d'un conditionnement négatif du fait que les rats se sont cognés à la porte de sortie de ce chemin, pendant la phase préliminaire ; la sortie du chemin 2 serait donc devenue (le rat se cogne à chaque fois) un stimulus discriminatif négatif (tout comme un choc électrique). Comme la sortie et l'entrée de l'allée 2 ne se distinguent pas (toutes deux sont à 90° avec le chemin 1), il est possible que les rats confondent par généralisation conditionnelle l'entrée et la sortie au cours de leur retour en arrière et cela favorise l'allée 3. Pour tester cette hypothèse, les auteurs refont l'expérience avec d'autres rats dans un labyrinthe modifié (labyrinthe II, fig. 11) où la sortie du chemin 2 fait un angle aigu avec l'allée 1 ; les résultats indiquent que ce facteur est crucial.

Tableau 1 : Reproduction de l'expérience de Tolman et Honzik par Dove et Thompson : l'introduction d'une sortie oblique et d'un barrage visible démontre que le choix du chemin 3 se fait par inhibition conditionnée du chemin 2 et non par perspicacité (cf. texte).

	Condition expérimentale		
	1re expérience Copie «Tolman et et Honzik»	2e expérience «Sortie 2 oblique»	3e expérience «Sortie oblique + Barrage visible»
% de rats prenant le chemin 3			
Test 1	18	0	0
Test 2	82	31	0
Test 3	100	38	0

Aucun rat ne fait preuve de perspicacité au premier essai et seulement 38 % des rats prennent l'allée 3 au troisième essai (ou test)... Une troisième critique de la procédure de Tolman et Honzik concerne l'usage d'une barrière transparente qui oblige les rats à choisir les allées après un retour en arrière ; c'est la raison pour laquelle Dove et Thompson, dans une troisième expérience réalisée avec le labyrinthe II, vont bloquer la partie commune entre les allées 1 et 2, par un gros bloc de bois peint avec des rayures noires et blanches, ce qui le rend visible du point de départ : mais cette fois, sur quatorze rats, aucun ne prend l'allée 1 ou 3, tous prennent le chemin 2 pour se retrouver... à la barrière. Rappelant que dans le dispositif de Tolman les rats prenaient l'allée lors du retour en arrière, Dove et Thompson concluent : «si les rats ne sont pas capables de compréhension lorsqu'ils sont face au but, comment peuvent-ils se comporter avec perspicacité lorsqu'ils lui tourment le dos...»

Le rongeur familial qu'est le hamster (hamster doré) a fait l'objet d'une étude similaire au laboratoire d'éthologie de l'université de Genève (Vauclair, 1980). Le labyrinthe a la même forme que celui de Tolman et Honzik, mais il est entièrement clos et fait de tubes de plastique pour reproduire les galeries et pour tenir compte du mode de vie nocturne du hamster ; son comportement est filmé en infra-rouges. Il est intéressant de noter que Jacques Vauclair a rencontré le problème de la sortie de l'allée 2 évoqué par Dove et Thompson ; l'expérimentateur ayant mis une nasse (filet qui se rétrécit empêchant l'entrée en sens inverse) dans le tube correspondant à la sortie de l'allée 2, les rats ne prenaient plus l'allée 2 dans la phase exploratoire et il a fallu mettre une nasse dans l'allée 3 pour contrebalancer cet effet d'évitement que Dove et Thompson avaient raison de suspecter. Les résultats du test sont négatifs, puisqu'au cours des quatre premiers essais, aucun hamster sur quatre (sauf un lors d'un seul essai) ne prend l'allée 3.

Le «rat des champs» représenté par le sympathique hamster ne paraît pas plus perspicace que son cousin le rat de laboratoire, version moderne du «rat des villes»...

3.3. Les processus cognitifs : ressources et limites chez l'animal

L'erreur des premiers cognitivistes, comme Tolman, a été de se battre sur le terrain de leurs adversaires, les behavioristes, en pensant qu'il n'y a pas de différences qualitatives entre l'organisation nerveuse du rat et celle de l'homme. Le match Hull contre Tolman a permis d'éclairer définitivement ce problème en montrant que le rat est un bon modèle pour les apprentissages associatifs mais que ses possibilités de représentation mentale sont nulles ou faibles. La démonstration de ressources cognitives nécessite de travailler sur des animaux au cerveau plus évolué.

Des techniques issues des recherches sur la mémoire humaine ont été récemment utilisées, pour explorer certaines ressources cognitives chez le singe (macaque rhésus), par Stephen Sands et Anthony Wright (1980) au Health Science Center de Houston, notamment celle de la reconnaissance par sondage (*probe recognition*) ; on présente séquentiellement au singe une liste de 10 (ou 20) photographies usuelles (fleurs, animaux, fruits, etc.) puis dans le test, on présente une photographie comme sonde ; le singe, en fonction d'un conditionnement opérant antérieur, doit tourner un levier à droite si la photographie fait partie de la liste ou à gauche dans le cas contraire ; les résultats indiquent une courbe de reconnaissance similaire à celle observée chez l'homme, en particulier un effet de récence (meilleure reconnaissance des dernières photos de la liste ; *infra* chapitre 4) qui indique une mémoire à court terme.

Les effets sériels en mémoire ont été retrouvés chez le chimpanzé (Buchanan, Gill et Braggio, 1981), qui est supérieur au macaque, mais aussi chez le dauphin. Roger K.R. Thompson et Louis M. Herman (1977), de l'université de Hawaï, ont ainsi démontré l'existence d'un système de stockage à court terme (mémoire à court terme) chez le dauphin (*bottle-nose dolphin*). Le dauphin est préalablement soumis à des apprentissages discriminatifs lui permettant de discriminer jusqu'à 600 sons, soit 100 sons de fréquence variée de 200 à 10 000 Hz dans six catégories sonores différentes (sons continus, discontinus, modulés, etc.). Le dauphin, une femelle de 12 ans dénommée Keakiko (prononcer Kikikou), doit appuyer sur une pédale pour un son

spécifique si ce son est reconnu dans une séquence de six sons présentés successivement toutes les deux secondes et demie : on trouve un net effet de récence (*infra* chapitre 4), comme chez l'homme, c'est-à-dire que la reconnaissance est d'autant meilleure que le son est récent dans la série. Ce résultat comparable à l'expérimentation chez l'homme et le singe démontre un système de stockage à court terme.

4 L'APPRENTISSAGE DE SYMBOLES

4.1. L'apprentissage social

Dans la nature, si l'adaptation ne se faisait que grâce à l'apprentissage par essais et par erreurs, de nombreuses erreurs seraient fatales : faire une chute, se noyer, être dévoré par un prédateur, etc. D'ailleurs, c'est certainement ce qui arrive assez souvent chez les espèces inférieures. Mais il existe également d'autres mécanismes d'adaptation, plus rapides et moins dangereux car dépendants des comportements des congénères, ce sont les influences sociales (Zajonc, 1965, 1967 ; Wheeler, 1966 ; G. de Montmollin, 1977 ; Bandura, 1980).

Dans le cadre de la psychologie générale, deux catégories sont fondamentales pour l'apprentissage : l'apprentissage par imitation et celui par observation :

- *apprentissage par imitation* : l'apprentissage se fait par la reproduction des réponses d'un leader ou modèle. Le concept d'imitation a deux sens ; il y a une imitation sensori-motrice qui concerne essentiellement l'animal et il y a une imitation symbolique (ou différée) qui reflète un développement cognitif élevé avec des mécanismes de représentation mentale qui concerne essentiellement l'enfant et l'adulte (Janet, 1928 ; Claparède, 1964 ; Piaget, Inhelder, 1966) ;
- *apprentissage par observation* (ou vicariant) : l'apprentissage peut également se faire par l'observation d'in-

dices qui apparaissent au cours de l'apprentissage par un modèle, ou démonstrateur (Pallaud, 1972, etc.). L'imitation chez l'animal est parfois possible par une simple répétition des actions du modèle, alors que l'observation semble nécessiter des représentations mentales (au moins élémentaires) ; c'est surtout chez le singe que l'apprentissage par observation est clairement mis en évidence.

4.1.1. *L'imitation chez l'animal*

Chez le rat et les espèces similaires, l'imitation ne paraît pas innée comme on pourrait le penser, mais semble résulter elle-même d'un apprentissage, ainsi que l'ont montré Neal Miller et J. Dollard (1941). Dans la première phase d'une expérience, on entraîne un rat leader à recevoir de la nourriture dans une branche d'un labyrinthe en T. Dans la deuxième phase, un rat naïf est placé derrière le démonstrateur (*leader*) à chaque essai. On observe que le choix du rat naïf se fait au hasard, il ne suit pas spontanément le démonstrateur : l'imitation n'est pas innée.

Dans la troisième phase, le rat naïf est renforcé par de la nourriture chaque fois qu'il prend la même allée que le démonstrateur ; au bout de plusieurs essais, le rat naïf devient imitateur. Ce comportement d'imitation a les propriétés d'un conditionnement opérant, car il y a généralisation : le rat imitateur suit des démonstrateurs différents (rat noir au lieu de blanc), continue à imiter pour un renforcement différent (eau au lieu de nourriture) ou un dispositif différent, etc. L'inverse est également possible. Miller et Dollard apprennent à des rats-naïfs à contre-imiter le démonstrateur : ils deviennent anti-conformistes.

La procédure d'apprentissage à imiter a pu être utilisée comme application pour développer le répertoire d'enfants de 9 à 12 ans, déficients mentaux, ne parlant pas et peu aptes à imiter. Comme l'ont montré Donald Baer et James Sherman (1964), les enfants apprennent à imiter certains mouvements d'une marionnette si l'expérimentateur les renforce par approbation («oui», «c'est bien», sourire, etc.). Par la suite, il y a généralisation de l'imitation ; si au contraire tous les mouvements de la marionnette sont renforcés sans distinction, il y a extinction de l'imitation (Baer et al., 1967).

4.1.2. *L'apprentissage par observation*

L'apprentissage par observation n'est pas une évidence, et les résultats sont toujours à examiner avec une certaine attention, car les définitions et les procédures des auteurs sont variables. Différents facteurs jouent un rôle, en premier lieu le délai temporel qui doit être généralement court, et bien entendu la difficulté du problème. Nos petits rongeurs de laboratoire, rats ou souris, sont fréquemment étudiés, mais leurs possibilités d'apprendre par observation sont limitées : des souris échouent dans une situation simple où il faut tirer sur une ficelle pour amener la nourriture jusqu'à une plateforme ; de même, si la mangeoire et le levier sont de chaque côté d'une boîte, la souris observatrice n'ira que d'un côté sauf si elle est placée de façon à voir la démonstratrice agir à la fois sur le levier et sur la mangeoire (Pallaud, 1972, 1977 ; Pallaud et Will, 1977, etc.) Si les singes apprennent bien en général par observation, l'apprentissage par observation de programmes de renforcement assez abstraits reste inefficace après des centaines d'essais (Myers, 1970) ; de même chez des chimpanzés, où des discriminations sont facilement acquises par observation, par exemple entre une croix et un triangle, et pas d'autres, par exemple entre un triangle et un carré (Crawford et Spence, 1939).

En général, l'apprentissage par observation est très développé chez le singe, comme le montrent les études de l'éthologiste japonais Masao Kawai du Japan Monkey Center à Aichi. Kawai et ses collègues ont profité du déplacement d'une colonie de singes japonais (*macaca fuscata*) dans une île pour des raisons écologiques, pour observer les conditions de leur adaptation. Pour les nourrir, des sacs de patates douces et de blé sont lancés sur le rivage, ce qui fait que ces aliments sont salis par le sable. Kawai (1965) et ses collègues ont vu ainsi apparaître des comportements nouveaux, inventés par un individu et appris par observation de proche en proche par tous les membres de la troupe, par exemple :

- *le lavage des patates douces* : ce comportement, consistant à laver les patates dans l'eau de mer, a été inventé par une femelle d'un an et demi ; six mois plus tard, le comportement était acquis par sa mère et trois de ses compagnons, et enfin par toute la tribu au bout de 4 ans ;

- *le tamisage des grains de blé* : le blé se trouve rapidement éparpillé et mélangé au sable de la plage. Les singes ont appris progressivement, par le même processus d'observation, à faire un tamis de leurs mains afin de laver les grains de blé dans l'eau de mer. Pour désigner la transmission de ces comportements nouveaux, Kawaiï parle de pré-culture. De plus en plus, les singes se tiennent debout pour pouvoir utiliser leurs mains, et cette conduite fournit aux paléontologistes un véritable modèle vivant de l'apparition de la station bipède généralement considérée comme le facteur qui a permis le développement de la boîte crânienne (par mutations favorables) chez l'homme ;
- *l'accentuation locale* : dans l'ensemble, l'apprentissage par observation apparaît nettement à partir du singe. Chez les espèces inférieures, dont le rat et la souris sont les prototypes, les quelques succès ajoutés à de nombreux échecs font que l'hypothèse explicative considérée comme la plus générale chez l'animal, excepté probablement le singe, est l'hypothèse de l'accentuation locale, déjà formulée par Watson. L'observateur apprend plus vite, car il dirige son activité dans la région ou sur l'instrument qu'il a vu le démonstrateur utiliser ; cette hypothèse explique bien les échecs : la souris qui n'a vu que le levier va effectuer beaucoup d'appuis, mais sans regarder du côté de la mangeoire ; de même, la souris mordille la ficelle dans la situation de la plateforme, mais ne ramène pas la nourriture accrochée à la ficelle. Ceci ressemble à beaucoup de comportements du jeune enfant qui reproduira des gestes observés sans que la finalité de l'action soit obtenue : l'enfant qui lit un livre en le tenant à l'envers, ou qui porte la cuillère à la bouche alors que les aliments tombent en route...

4.1.3. *L'imitation symbolique*

Si l'accentuation locale détermine les apprentissages par imitation chez le tout jeune enfant (parfois chez l'adulte pour des situations complexes à intérioriser et qui conduisent à faire «semblant»), l'apparition de la fonction symbolique, vers un an

et demi, détermine les conduites d'imitation différée, manifestes dans les jeux symboliques (Claparède, 1964 ; Piaget, 1966), jeux avec la poupée, les voitures, les déguisements, etc., qui reproduisent des situations ou des événements vécus ou observés dans la réalité, ou simplement vus en images (télévision)...

Le langage et l'image mentale sont les deux grandes catégories de représentations intériorisées qui permettent de mémoriser la séquence des éléments de la situation observée. Cette fonction apparaît clairement dans une expérience très simple d'Albert Bandura de l'université de Stanford (et al., 1974). Des observateurs voient, sur film, une séquence de six actions : lever le bras à droite ou à gauche, perpendiculairement au corps, etc. Les sujets se rappellent mieux les séquences si on leur suggère de coder les mouvements par des chiffres ou par des lettres. Albert Bandura a particulièrement impulsé un nouveau courant d'étude, basé sur les conceptions de l'apprentissage social, dont les recherches sont très prometteuses. Certaines expériences montrent, par exemple, que si des enfants voient dans un film que des comportements agressifs permettent d'obtenir des jouets, ils les reproduisent eux-mêmes. Toutes ces recherches indiquent que l'apprentissage social chez l'homme repose sur des mécanismes complexes, nettement différents par rapport à l'apprentissage animal. Ainsi, le renforcement a toujours une importance chez l'homme, mais étant donné le rôle des processus symboliques, l'anticipation du renforcement agit pratiquement comme un véritable renforcement, ce qui explique que certains comportements soient peu sujets à l'extinction, par exemple le joueur qui perd plus souvent qu'il ne gagne.

C'est le mythe de la chasse au trésor. Ce mécanisme de l'anticipation du renforcement apparaît d'ailleurs dans bon nombre de fables ou de dictons : «Perrette et le pot au lait», «Il y a loin de la coupe aux lèvres», «Il ne faut pas vendre la peau de l'ours avant de l'avoir tué»...

4.2. L'apprentissage d'un langage

L'évêque de Canterbury aurait dit en voyant le premier orang-outan du zoo de Londres. «Il ne lui manque que la parole

pour que je le baptise». Le langage a toujours été considéré en effet comme la frontière ultime entre l'animal et l'homme ; et pourtant...

Wolfe (1936) et Cowles (1937) avaient déjà montré que l'apprentissage était possible chez des chimpanzés en leur donnant non une récompense alimentaire mais des jetons convertis ultérieurement (de retour dans leur cage) en nourriture (caca-huètes...). Mais la démonstration de l'acquisition d'un véritable langage revient à Allen et Beatrice Gardner (1969), suivis par d'autres, tels que Ann et David Premack, 1972, etc. Leur idée géniale a été de penser que l'incapacité d'apprendre un langage chez le chimpanzé vient peut-être d'une limite des organes articulatoires et non d'une limite intellectuelle. Or le chimpanzé est très habile de ses mains ; Jane Lawick-Goodall (1970), qui a vécu parmi des chimpanzés dans la forêt, les a, par exemple, vus attraper des termites en plongeant une tige d'herbe dans les trous d'une termitière. Allen et Beatrice Gardner ont donc eu l'idée d'utiliser l'un des langages des sourds aux États-Unis, l'«American Sign Language» (Ameslan).

L'expérience a débuté dans le campus de l'université du Nevada en juin 1966 avec une jeune femelle chimpanzé d'environ 10 mois (le chimpanzé est adulte vers 14 ans et peut vivre, en captivité, jusqu'à 40 ans), qu'ils ont appelée «Washoe» du nom d'un comté du Nevada. Washoe est constamment entourée de compagnons humains connaissant l'ameslan qui s'occupent d'elle, jouent et lui témoignent de l'affection ; il y a même quelqu'un auprès d'elle pendant son sommeil ; dans ces conditions elle imite facilement ses modèles humains (d'autres expérimentateurs, Yerkes, les Hayes, ayant élevé un chimpanzé dans un environnement humain, ont noté une très grande capacité d'imitation à condition que les stimulations soient visuelles) : elle se brosse les dents tous les jours, joue à la poupée dès le deuxième mois de l'expérience, et le dixième mois, Washoe lave une de ses poupées exactement comme on la lave, elle, dans son bain, la séchant avec une serviette : 4 signes apparaissent durant les sept premiers mois, 9 nouveaux signes durant les sept mois suivants, et à nouveau 21 dans les sept autres mois. À 4 ans et 1/2, Washoe a acquis un vocabulaire de 112 signes, désignant des actions «viens», «va», «manger», des objets «brosse à dent», «fleur», et des personnes, elle-même et

ses compagnons ; elle s'est même montrée capable de faire des «phrases» combinant deux signes «jouer-balle»...

Chez l'homme les systèmes de représentation vont se développer d'une manière si considérable qu'il pourra coder et communiquer les événements du passé. Le point culminant des niveaux d'apprentissage, la mémoire, est atteint. L'animal, avec les singes comme chaînons intermédiaires, est prisonnier du présent. Avec la mémoire, l'homme ne l'est plus ; pour quelques instants, il peut s'échapper du temps...

LECTURES CONSEILLÉES

Bandura, A. — *L'apprentissage social*, Bruxelles, Mardaga, 1980.

Blancheteau, M. — *L'apprentissage animal*, Bruxelles, Mardaga, 1982.

Richelle, M. — *Le conditionnement opérant*, Bruxelles, Mardaga, 1966. 1976.

Chapitre 4

LA MÉMOIRE

De l'Antiquité à la Renaissance, la mémoire est considérée comme une faculté précieuse, parfois la plus précieuse (Yates, 1966 ; Lieury, 1980). Dans la perspective du traitement de l'information, la mémoire est conçue comme un ensemble de systèmes qui permettent le codage, le stockage et la récupération de l'information.

1 MÉMOIRE À COURT TERME ET MÉMOIRE À LONG TERME

De nombreux faits indiquent qu'il existe deux grandes catégories de mécanismes de mémoire (Lieury, 1975) : la *mémoire à court terme*, caractérisée par une capacité limitée de stockage et un oubli rapide, et la *mémoire à long terme* dont la capacité est immense et où l'oubli est progressif, parfois sur plusieurs années (images par exemple). Les caractéristiques de la mémoire à court terme sont mises en évidence par des techniques spéciales qui commencent actuellement à faire l'objet d'applications en neuropsychologie, gériatrie, neuropharmacologie, comme tests.

1.1. La capacité limitée : le nombre magique 7

À la question de savoir combien l'esprit peut saisir d'objets à la fois, le philosophe écossais Sir William Hamilton répondait en proposant l'expérience suivante : « Si vous jetez au sol une poignée de billes, vous trouverez de la difficulté à en voir plus de six ou sept au plus, sans confusion ; mais si vous les groupez par deux, trois ou cinq, vous pourrez embrasser autant de groupes que vous pouvez le faire d'unités, car l'esprit n'envisage ces groupes que comme des unités ». Ces remarquables observations ont été vérifiées par les recherches ultérieures, confirmant à la fois la constante d'environ 7 et la capacité de groupement.

Dans son célèbre article « Le nombre magique 7 plus ou moins deux : certaines limites de notre capacité de traitement de l'information » (1956a), Georges Miller déclare que toute sa vie il a été poursuivi par ce chiffre 7 : en effet, étudiant le champ d'appréhension et la capacité de mémorisation immédiate, il trouve cette constance de 7 (plus ou moins deux) pour différentes informations, sons, lettres, mots, etc. Miller fait également remarquer l'importance de ce chiffre dans les traditions culturelles, les 7 Merveilles du monde, les 7 jours de la semaine, les 7 notes de musique, Blanche-Neige et les 7 nains...

Néanmoins, la mémoire n'est pas limitée en terme d'éléments définis mais plutôt en terme d'unités, de sorte que l'on peut mémoriser des groupes. Stéphane Ehrlich de l'université de Poitiers l'a démontré sur des informations linguistiques (1972). La technique est celle de la mémoire immédiate : présentation d'une séquence (liste) d'éléments en prévenant le sujet que le rappel est immédiat ; les séquences sont de 10 éléments. Selon différents groupes de sujets, les éléments sont des mots de 2, 3 ou 4 syllabes ou des phrases de 2, 3 ou 4 mots.

Dans tous les cas (tab. 1), on observe une relative constance dans le rappel immédiat de mots ou de phrases, alors que le nombre total de syllabes ou de mots augmente, par exemple jusqu'à environ 24 mots pour les phrases de 4. Sur le plan pratique, il apparaît donc que la capacité de la mémoire en situation de mémorisation immédiate est déterminée par le nombre d'unités, de groupements, plus que par des informations stricte-

ment définies. Sur le plan théorique, cette capacité tour à tour constante ou élastique constitue évidemment un paradoxe. Une solution sera apportée par la théorie des mécanismes de récupération, dont on peut déduire que la mémoire à court terme fonctionne comme une mémoire fichier en ne stockant que des indices clés ; un peu comme un fichier de bibliothèque (ou d'ordinateur) qui stocke une fiche par livre : que le livre comporte cent ou mille pages, la fiche ne prend qu'une seule place.

Tableau 1 : Nombre de mots ou phrases rappelés en rappel immédiat en fonction du nombre de syllabes ou de mots qui les composent (d'après Ehrlich, 1972)

	nombre de syllabes ou mots		
	2	3	4
Mots	6,81	6,58	6,20
phrases	6,75	6,47	6,23

1.2. L'oubli à court terme

1.2.1. La technique Brown-Peterson

L'existence d'une mémoire à court terme est caractérisée par l'apparition d'un oubli massif et très rapide, mais il faut des techniques assez précises pour mettre en évidence cet oubli qui, bien qu'existant dans la vie courante, passe souvent inaperçu. L'Anglais Brown en 1958 et les Américains Margaret et Loyd Peterson en 1959 ont démontré pour la première fois, par des techniques similaires, que des informations simples sont oubliées en quelques secondes. Dans l'expérience Peterson, une courte séquence de trois consonnes (ex. HBX) est présentée à la cadence d'une consonne toutes les demi-secondes et cette séquence est suivie, à la même cadence, par un nombre de 3 chiffres. Le sujet doit compter à rebours, à voix haute, de 3 en 3 au rythme d'un métronome toutes les demi-secondes, par

exemple 357, 354, 351, etc. Cette tâche concurrente (fréquemment appelée «tâche Peterson») est destinée à empêcher l'auto-répétition, activité spontanée qui consiste à répéter à voix basse les informations verbales. La durée de la tâche de comptage varie selon les conditions de zéro seconde (c'est le cas particulier du rappel immédiat) à dix-huit secondes, chaque séquence de lettres étant différente à chaque fois. L'expérience des Peterson a montré un oubli spectaculairement rapide, puisque le rappel passe de 100 % en rappel immédiat à un oubli total au bout de dix-huit secondes. Dans la vie courante, l'oubli à court terme se manifeste fréquemment : il nous arrive d'oublier un numéro de téléphone que nous venons de lire si quelqu'un nous parle, nous oublions une idée dans une conversation lorsque quelqu'un d'autre prend la parole, etc.

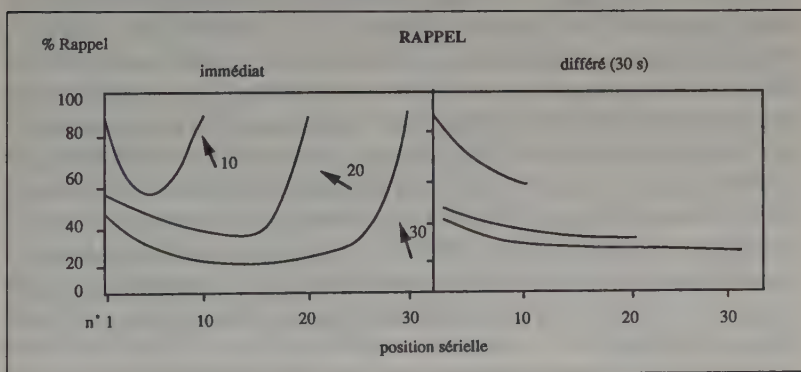
1.2.2. *Les effets sériels*

En réalité, il n'existe pas de situations pures où interviendrait seulement la mémoire à court terme ou, symétriquement, seulement la mémoire à long terme ; dans chaque situation, les deux systèmes de stockage interviennent mais de manière plus ou moins importante. La technique des effets sériels en rappel libre est très utilisée, depuis les recherches de Bennett Murdock (1962), car elle permet de distinguer les deux types de stockage sous forme de deux composantes qui s'additionnent. Il existe des effets sériels dès que l'on mesure le rappel d'éléments, par exemple des mots, en fonction de leur position dans la série (le 1^{er}, le 2^e... le dernier), mais les effets ne sont des indicateurs de la mémoire à court terme que dans le cas où la série est présentée une fois avant le rappel. Parmi un très grand nombre d'expériences, celle de Leo Postman et Laura Phillips (1965) compare le rappel de listes de 10, 20 et 30 mots à la fois en rappel immédiat et en rappel différé de quinze secondes, ce délai étant occupé par une tâche de comptage.

En rappel immédiat, la courbe de position sérielle a la forme d'un U non symétrique quelle que soit la longueur de la liste (fig. 12) : la branche de gauche, appelée effet de primauté, correspond au bon rappel des premiers mots de la liste, et la branche de droite, la plus haute, correspond au très bon rappel des derniers mots, qui sont les mots les plus récents au moment

du rappel, c'est l'effet de *récence*. On remarque sur cette même figure que l'effet de récence est constant quelle que soit la longueur de la liste, ce qui indique que l'effet de récence reflète un autre type de stockage que l'effet de primauté qui, lui, baisse en fonction de la quantité de mots dans la liste. Le délai, même court (cinq à trente secondes), entraîne des effets similaires : l'effet de primauté baisse légèrement mais existe toujours, tandis que l'effet de récence est complètement effacé. Ce changement radical entre l'effet de primauté et l'effet de récence en fonction d'un délai de quelques secondes indique l'existence de deux modes de stockage différents (Murdock, 1962 ; Glanzer et Cunitz, 1966 ; Craik, 1970 ; Oléron, 1970, etc.). L'effet de primauté et la courbe de rappel différé reflèteraient le système de stockage à long terme, ou mémoire à long terme, caractérisé par un oubli progressif, alors que l'effet de récence en rappel immédiat reflèterait un système à court terme, la mémoire à court terme.

12. Les effets sériels de la mémoire



1.2.3. L'amnésie de Korsakoff

Une amnésie particulière, l'*amnésie de Korsakoff*, ou antéro-grade générale, semble correspondre à une interruption entre les deux types de stockage, dans la mesure où les malades, dans les amnésies complètes, ne peuvent plus rien apprendre à long terme mais sont capables d'un rappel à court terme et par

ailleurs d'un rappel d'informations anciennes. L'amnésie antérograde, décrite par le psychiatre russe Korsakoff sur des alcooliques chroniques, est provoquée par des lésions ou destructions bilatérales d'une structure du cortex appelée hippocampe (Karli, 1969). Brenda Milner (1970) a décrit le cas spectaculaire de H.M., un jeune homme opéré des deux hippocampes pour arrêter de graves crises d'épilepsies. Depuis son opération, il est incapable d'apprendre des informations nouvelles, il lit les mêmes journaux, ne se souvient pas de la nouvelle adresse de ses parents, etc. mais son intelligence et ses souvenirs antérieurs restent intacts.

2 LES CODES DE LA MÉMOIRE

Entre le moment où l'information est captée sous forme d'énergie physique (photons, pressions des molécules de l'air, etc.) et le moment où nous rappelons des informations mémorisées, l'information subit en fait de très nombreuses transformations que l'on appelle codage, dans la perspective du traitement de l'information. Les étapes de codage sont extraordinairement variées, mais il existe quelques grandes catégories de codes, qui vont des codes sensoriels à des codes plus abstraits, comme le code sémantique. Après le codage dans des codes sensoriels, pour une durée très brève (une demi-seconde), l'information est disponible sous forme de deux codes principaux, le code lexical et le code imagé.

2.1. Le code lexical : interface de la mémoire

2.1.1. *Verbalisation et codes non verbaux*

Dans des situations variées, la verbalisation de l'information améliore la mémoire : mouvements (Shea, 1977), sons de l'environnement (Barlett, 1977), odeurs (Lawless et Engen,

1977), dessins (Ducharme et Fraisse, 1965 ; Paivio et Csapo, 1969). Il est par exemple plus facile de se rappeler de l'amplitude d'un mouvement circulaire si l'expérimentateur suggère au sujet de coder le déplacement comme sur le cadran d'une montre (à 1 heure, à 8 heures ; ainsi que procèdent les pilotes d'avion). De même le rappel d'odeurs verbalisées, même de manière erronée, (l'odeur de la fraise, de la cire...) est plus facile.

2.1.2. *Subvocalisation et lecture*

Dans des expériences de mémoire où la présentation est visuelle (lecture), on s'attendrait à trouver des erreurs de type graphique (M à la place de W), comme en perception visuelle (Wolford et Hollingworth, 1974). Curieusement, les erreurs sont de type auditif, comme l'a montré le premier l'Anglais Conrad (1964) : P est confondu avec D ou T, M avec N, F avec S. Afin d'expliquer ces erreurs, Conrad a fait l'hypothèse que l'information visuelle est recodée grâce à l'activité de subvocalisation, qu'il appelle «boîte à écho». En fait, il ne s'agit pas d'un simple recodage du visuel en auditif, car d'autres auteurs ont montré l'existence d'erreurs de type articulatoire (Hintzman, 1967). Il s'agit donc du recodage des graphismes en un nouveau code, le code lexical. Ce code correspondrait à la totalité des caractéristiques du mot : graphique (visuelle), auditive (image sonore du mot) et articulatoire (prononciation du mot). Le code lexical est en quelque sorte la fiche signalétique du mot et représente l'interface entre les codes graphiques, auditifs, articulatoires et sémantiques. En réalité donc, et contrairement à ce que pensent beaucoup de pédagogues, la lecture (présentation visuelle) est déjà de l'audio-visuel et non un code visuel seul. Et s'il est d'observation courante que l'enfant vocalise en lisant, la lecture chez l'adulte implique aussi le plus souvent une subvocalisation, mise en évidence par l'électromyographie du larynx (enregistrement de l'activité bioélectrique des muscles du larynx ; Hardyck et Petrinovitch, 1970). En prenant l'analogie de l'ordinateur, le code verbal peut être considéré comme un système interface qui permet de recoder des informations de différente nature dans un même standard.

2.1.3. *Lexique et mémoire sémantique*

Bien que, dans l'usage courant, nous ayons l'impression que le mot et son sens sont la même chose, de nombreuses observations ou faits expérimentaux nous indiquent qu'il existe vraisemblablement deux systèmes séparés, le code lexical, correspondant à la morphologie du mot (Morton, 1970 ; Noizet, 1980 ; Rossi, 1983), et le code sémantique, correspondant aux caractéristiques conceptuelles et abstraites de l'objet ou de l'idée (Le Ny, 1976). Plusieurs observations (ainsi que des expériences plus complexes) vont dans le sens de cette distinction, tels l'aphasie nominale et le mot sur le bout de la langue. Dans l'*aphasie nominale*, le malade peut comprendre à quoi sert un objet sans être capable de le dénommer. C'est une sorte de généralisation d'un petit problème familier, le «*mot sur le bout de la langue*» (Brown et Mc Neill, 1966) : nous sommes incapables de trouver le nom d'un objet ou d'une personne que nous pouvons néanmoins décrire.

2.1.4. *L'alexie*

La pathologie de la lecture montre également la complexité des codes et processus mis en œuvre dans la lecture. Les chercheurs en neuropsychologie ont mis en évidence différentes atteintes de la lecture, qu'on appelle d'une façon générale l'*alexie* (Patterson et Marcel, 1977 ; Beauvois et Desrouené, 1979). Dans l'*alexie* pure étudiée sur deux malades, D.E. et P.W., l'atteinte concerne la lecture des graphismes des lettres, des mots et leur épellation, mais non la dénomination des objets ayant les mêmes réponses vocales non plus que l'audition des mots (tab. 2).

Dans l'*alexie*, l'atteinte se situe au niveau du codage des graphismes en unités lexicales, lettres ou mots, car la capacité de dénommer des objets indique que le traitement sémantique et la programmation de la réponse verbale sont des processus intacts.

Tableau 2 : Comparaison entre l'atteinte de la lecture (alexie) et la performance en dénomination et audition (d'après Patterson et Marcel, 1977).

% de réponses	D.E.	P.W.
Dénomination d'objets	93	93
Audition de mots	76	74
Lecture de lettres	38	31
Lecture de mots	36	37
Epellation de mots	0	0

2.2. Le code imagé

Depuis l'Antiquité (Quintilien, *Rhétorique à Herennius*, cf. Yates, 1966 ; Lieury, 1980), on a remarqué que la mémoire des images paraissait supérieure à la mémoire des mots. Cependant l'intérêt pour les images a diminué après Descartes et pendant la période behavioriste. C'est sans doute avec l'essor des moyens de communication de l'image — cinéma, bandes dessinées et surtout télévision — que la recherche fondamentale sur l'image s'est développée, sous l'impulsion de chercheurs comme Allan Paivio au Canada, Gordon Bower aux États-Unis, et, en France, Paul Fraisse et Michel Denis.

2.2.1. La supériorité des images sur les mots

De nombreuses expériences ont démontré une supériorité en mémoire pour des informations imagées (dessins, photos, mais aussi image mentale : Denis, 1979) par rapport aux informations verbales. Voici une bonne illustration de cette supériorité dans l'expérience de Michel Denis et Pierrette de Pouqueville (1976) : des sujets voient sur un écran une liste d'actions présentées (pendant un temps constant de cinq secondes), selon différents groupes, sous forme de phrases («La femme colle un timbre», «La fille taille un crayon»), sous forme d'un film, ou de trois photos extraites du film et représentant trois étapes de l'action, d'une photo en couleurs ou d'un dessin.

Tableau 3 : supériorité en mémoire de l'information imagée (d'après Denis et de Pouqueville, 1976).

Rappel (sur 24 actions)	
Phrases	6,90
Dessins	9,20
Photos	8,85
3 photos	10,40
Film	10,40

Toutes les représentations imagées sont mieux mémorisées que les phrases (tab. 3), et on constate même que, pour la mémorisation d'actions, la représentation des étapes de l'action, sous forme de film ou d'une série de photos, améliore encore le rappel. Par ailleurs, la capacité de stockage à long terme des images semble considérable. Standing, Conezio et Haber (1970) ont présenté jusqu'à 2 560 photos (il a fallu quatre jours) à des sujets qui dans un test de reconnaissance portant sur 280 photos en ont reconnu en moyenne 90 %, ce qui donne à peu près 2 000 photos stockées en mémoire.

2.2.2. *Le double codage*

Comment expliquer cette supériorité. Contrairement à ce qu'on pourrait penser, les détails et la couleur que peuvent fournir des dessins n'améliorent généralement pas la mémorisation (parfois la diminuent). En revanche, la dénomination explicite ou implicite est fondamentale, comme l'ont montré les premiers, Ducharme et Fraisse (1965), en comparant la mémorisation de 25 mots concrets (panier, bonbon, poire, lion, chaise, etc.) à des dessins équivalents et aussi à une troisième condition où les dessins sont dénommés à voix haute.

Tableau 4 : Supériorité des conditions «dessin» et «dessin + mot» (dénomination) par rapport à la condition «mot» (d'après Ducharme et Fraisse, 1965).

	Mot	Dessin	Dessin + Mot
Rappel sur 25 items	16,5	18,1	18,0

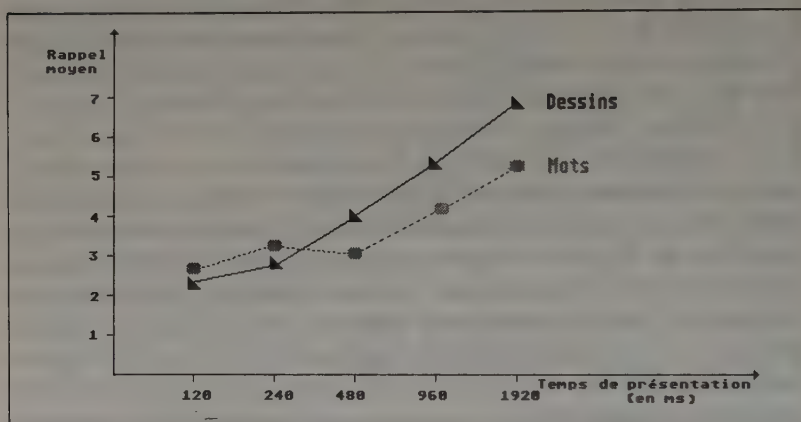
Les auteurs ont constaté (tab. 4) que cette condition «dessin + dénomination» ne donnait pas de résultats supérieurs à la condition «dessin seul», et que ces deux conditions étaient supérieures à la condition «mot». L'hypothèse proposée est que «l'image évoque immédiatement le mot et, en réalité, la situation où l'on présente l'image seule est équivalente à celle où l'on présente l'image et le mot» (Ducharme et Fraisse). Allan Paivio a retrouvé des résultats équivalents et a en outre remarqué que le rappel des mots abstraits est inférieur à celui des mots concrets ; il en a déduit la théorie du double codage, selon laquelle, si l'image évoque le mot, le mot concret évoque (quoique moins fortement ou moins fréquemment) une image, ce qui n'est pas le cas du mot abstrait (Paivio, 1971). Au 1er siècle, Quintilien avait déjà remarqué que l'efficacité de l'imagerie était limitée aux mots concrets, mais en fait c'est une question de degré et l'on peut estimer la valeur d'imagerie en demandant à des sujets de noter, par exemple de 1 à 7, la facilité avec laquelle ils peuvent imaginer un mot ; voici quelques exemples (Denis, 1975) :

Mots concrets		Mots abstraits	
bougie	6,78	critère	2,00
carotte	6,35	concept	2,03
soleil	6,70	causalité	2,01

2.2.3. Double codage et temps de dénomination

La première démonstration du double codage fut réalisée par Paivio et Csapo (1969), à partir du fait expérimental que la dénomination exige un temps supplémentaire d'environ 100ms par rapport à la lecture (la dénomination exige un temps d'interprétation sémantique des dessins). Il est donc théoriquement possible de trouver un temps critique de présentation suffisamment court pour qu'il soit insuffisant pour permettre le codage verbal des dessins. Paivio et Csapo ont ainsi montré que les dessins (séquences de 9 dessins) sont mieux rappelés et reconnus que des mots, concrets ou abstraits, à la vitesse de présentation de 500ms par item, mais qu'à la vitesse de 200ms cette supériorité n'existe plus, ce qui paraît démontrer que le temps est insuffisant pour un double codage des dessins.

13. «Le double codage des dessins en fonction du temps de présentation (d'après Lieury et Calvez, 1986).



D'autres expériences ont confirmé ces résultats sur des phrases (Fraisse, 1974 ; Fraisse et Léveillé, 1975) ou sur une gamme de temps plus étendue (fig. 13. Lieury et Calvez, 1986).

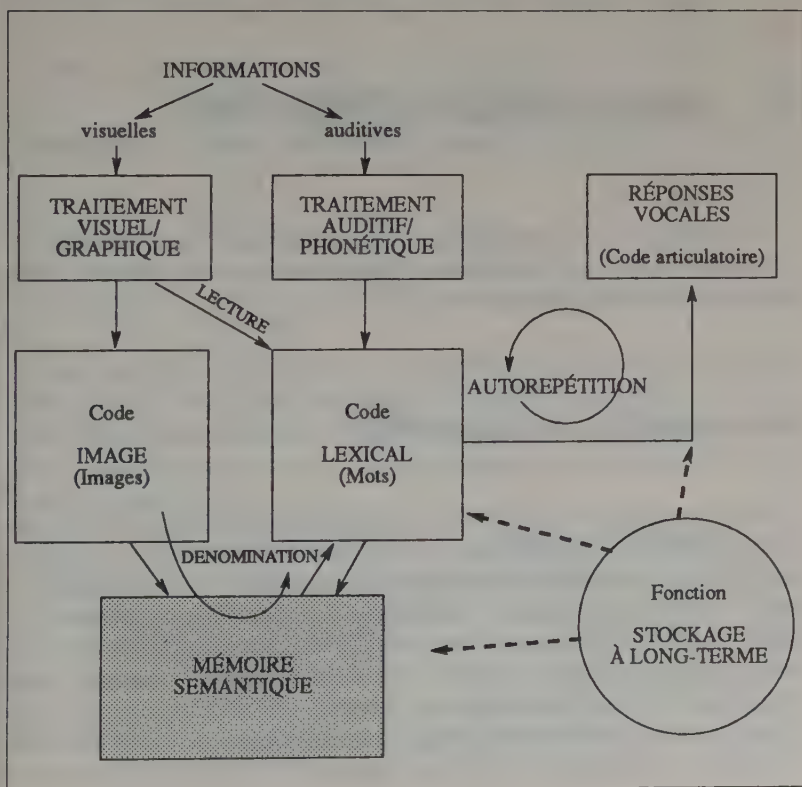
2.3. Les modèles de la mémoire

Au cours des étapes de la recherche sur la mémoire dans la perspective du traitement de l'information, certains théoriciens ont proposé des synthèses des structures, des codes et des processus de la mémoire, en utilisant des schémas de type informatique représentant les différentes fonctions de la mémoire comme les parties d'un ordinateur : ce sont les modèles de la mémoire.

De nombreux modèles ont été proposés depuis le premier modèle de Donald Broadbent (1958), qui pour l'essentiel établissait une distinction entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. Un des modèles les plus intéressants fut celui d'Atkinson et Shiffrin de l'université de Stanford en Californie (1968, 1969), car il exploitait complètement l'analogie homme/ordinateur en distinguant le *hardware* (composants) et le *software* (logiciels) de l'ordinateur.

Le principal défaut des modèles de ce type était de confondre stockage et code. L'idée généralement admise était que le stockage à court terme est le mode de stockage des codes sensoriels, alors que le stockage à long terme est le mode de stockage du code sémantique. Or le temps de jugement sémantique est très court, de l'ordre d'une seconde, même en comprenant le temps moteur de la réponse du sujet (Collins et Quillian, 1969). Par conséquent, dans les temps usuels des expériences de mémoire (par exemple les effets sériels avec une présentation de mots toutes les deux secondes les mots) sont tous identifiés sémantiquement, et il n'y a pas lieu de penser que les mots de l'effet de récence ne sont codés que dans un code sensoriel (visuel, auditif).

14. Modèle du traitement de l'information en mémoire



Une nouvelle génération de modèles consiste donc à représenter la mémoire comme un ensemble de systèmes de traitement (Baddeley, 1976 ; Lieury, 1980*b*), caractérisés par un code, une capacité, une vitesse d'oubli. Chaque système a un mode de fonctionnement à la fois à court terme et à long terme. On explique ainsi les différentes capacités, pour les mots ou dessins, les différentes vitesses d'oubli...

Un modèle des systèmes de traitement (fig. 14) comporte, pour l'essentiel (un modèle peut-être détaillé à l'infini), des systèmes de codes sensoriels (visuel, auditif) et moteurs (réponses vocales), un système lexical et symétriquement de traitement des images, une mémoire sémantique. La mémoire à court terme n'est pas localisable dans un tel modèle, car elle est conçue comme l'ensemble de l'information stockée à court terme mais dans différents systèmes.

3 ORGANISATION ET MÉMOIRE

Le stock d'informations de la mémoire à long terme est immense et les mécanismes d'organisation sont nécessaires pour utiliser ces informations.

3.1. Capacité et organisation

Les gestaltistes ont été les premiers à insister sur le rôle de l'organisation en mémoire, et lorsque les behavioristes pensaient que des couples de mots étaient appris selon un mécanisme de conditionnement, Wolfgang Köhler (1964) pensait, à juste titre, que les mots d'un couple étaient organisés en une image, ou une phrase, comme une fille donnant à manger à un kangourou, pour apprendre le couple «fille-kangourou», ou l'image d'une chaussure dans une assiette pour le couple «chaussure-assiette». Koffka montrait également que des

séquences logiques de chiffres étaient plus faciles à apprendre (ainsi, 123 456 789 est évidemment plus simple à retenir que des chiffres pris au hasard). Mais c'est George Miller (1956) qui montra, à partir de l'expérience de Smith, comment l'organisation des informations permet de dépasser la capacité limitée. Smith a étudié sur lui-même la mémoire immédiate de chiffres binaires. Sa capacité personnelle était de 12, mais il eut l'idée d'utiliser la correspondance entre le code décimal et le code binaire pour tenter de dépasser sa capacité personnelle.

Tableau 5 : Reçodage de séquences de chiffres binaires en nombres décimaux (adapté d'après Miller, 1956).

séquence binaire	1 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1...							
groupe de 2	10 2	10 2	00 0	10 2	01 1	11 3	00 0	...
groupe de 3	101 5	000 0	100 4	111 7	001 1		
groupe de 4	1010 10	0010 2	0111 7	0011 3	...			
groupe de 5	10100 20	01001 9		11001 25	...			

Dans le système binaire, la numération s'effectue seulement avec des 1 et des 0, par exemple 2 s'écrit 10 (on dit un-zéro, et non dix qui appartient au système décimal ; tab. 5). Smith va donc apprendre par cœur la correspondance entre les deux codes jusqu'à 25 :

système décimal	système binaire
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
	etc.

Dans une première phase, il mémorise individuellement les chiffres binaires dictés par un collègue ; dans une deuxième phase, il constitue mentalement des groupes de 2 chiffres binaires qu'il code mentalement en chiffres décimaux ; ainsi, dans l'exemple du tableau 5, la séquence 10100010... est morcelée en 10, 10, 00, etc. et codée mentalement en 2, 2, 0, etc. ; Smith s'avère capable de mémoriser jusqu'à 12 chiffres décimaux qui, décodés en chiffres binaires, donnent 24 chiffres rappelés. Dans une troisième phase, il constitue des groupes de 3 chiffres et est capable ainsi de rappeler 36 chiffres binaires ; et dans une quatrième et une cinquième phases, où il constitue des groupes de 4 et 5 chiffres, il se montre capable de rappeler environ 40 chiffres binaires. Dans ces deux dernières phases, le rappel est à nouveau limité, car le codage atteint un plafond : les séquences de 4 et 5 chiffres binaires ne sont plus codées en 1 seul chiffre décimal mais en 2, par exemple 17 ou 25, ce qui ne représente plus une économie aussi grande. Quoi qu'il en soit, la performance de rappeler 40 chiffres après une seule présentation est considérable, ce qui démontre de façon spectaculaire le rôle de l'organisation en mémoire.

On se souvient que le philosophe William Hamilton avait déjà observé que le groupement (Miller parle de «*chunking*», littéralement «faire des morceaux») permet d'augmenter la mémoire. George Miller fait une démonstration plus analytique du mécanisme en cause avec le cas particulier des codes binaires et décimaux. L'organisation comporte deux mécanismes, un mécanisme de groupement (*chunks*, morceaux) et un codage de ce groupement dans un code plus économique, c'est-à-dire que chaque groupe est codé par un nombre de symboles moins grand ; c'est cette économie du nombre des symboles qui permet en fait de dépasser la capacité de la mémoire. Pour Miller, le groupement en unités supérieures est le prototype du mécanisme de la mémoire. Miller voit ce mécanisme dans de nombreuses activités de mémoire ; par exemple, le télégraphiste code les séquences de sons brefs et longs du morse dans des symboles d'ordre supérieur, lettres ou mots, alors que le néophyte n'entend que des sons binaires ; le langage serait ainsi une hiérarchie de codes d'ordre élevé, les sons ou les lettres étant groupés en mots, les mots en phrases, les phrases en idées...

3.2. Les modes d'organisation

La théorie de Miller va influencer de nombreux chercheurs qui mettront en évidence d'autres modes d'organisation, basés sur les mêmes principes de groupement et de codage d'ordre supérieur.

3.2.1. La catégorisation

Bousfield (1953) avait déjà montré peu avant Miller que si la mémorisation concerne des listes de mots mélangés mais provenant de catégories conceptuelles usuelles (fleurs, oiseaux, métiers, etc.), les sujets ont tendance à reconstituer les catégories au rappel sans qu'on le leur demande ; c'est le phénomène de catégorisation au rappel. La catégorisation est donc apparue à certains comme une possibilité d'organisation et a donné lieu à de nombreux travaux. Dans une expérience de Gordon Wood (1969), le rôle des catégories est étudié dans l'apprentissage (trois essais présentation-rappel), en contrastant un groupe de sujets qui apprend les 54 mots d'une liste groupés en 18 catégories à un groupe qui apprend la liste avec les mots mélangés (comme chez Bousfield).

Tableau 6 : Supériorité de l'apprentissage en fonction du groupement des mots par catégories conceptuelles (d'après Wood, 1969).

	Essais		
	1	2	3
mots groupés	17	28	39
mots au hasard	11	20	29

L'effet de la catégorisation sur l'apprentissage est très grand puisque, dès le premier essai, le rappel est de 17 mots, et de 39 au troisième essai ; lorsque les mots sont présentés au hasard, on constate que le rappel au premier essai est quand même supérieur à la capacité de 7, et ceci est dû au phénomène de catégorisation remarqué par Bousfield.

Comme l'avait bien vu Miller, le langage est lui-même une

organisation complexe de codes et offre évidemment de grandes possibilités d'organisation en mémoire : les syllabes regroupent les sons ou les graphismes, les mots regroupent les syllabes, les phrases regroupent les mots. De même, au niveau plus élevé du langage que représentent les textes, il existe des structurations qui sont cristallisées dans les thèmes et que l'on peut faire apparaître sous forme de titres, équivalents des noms de catégories.

3.2.2. *Image et organisation*

L'image, tout comme le langage, a de grandes capacités d'organisation de l'information. C'est surtout Gordon Bower, de l'université de Stanford, qui l'a démontré après que le gestaltiste Wolfgang Köhler l'ait suggéré. En donnant à mémoriser des couples de mots, Bower (1970) suggère aux sujets d'un groupe de se représenter l'intégration des deux mots sous forme d'une image, par exemple «un billet qui flotte sur la rivière» pour le couple «argent-rivière» ; dans un deuxième groupe, la consigne est de constituer une image séparée pour chacun des deux mots, tandis que dans le groupe contrôle c'est une simple répétition verbale qui est demandée.

Tableau 7 : Efficacité de l'image en fonction de l'intégration des couples de mots (d'après Bower, 1970).

	Image intégrée	Images séparées	Répétition
Rappel des 2 mots	53 %	27 %	30 %

De même, contrairement à ce que pensent certains étudiants et pédagogues, l'apprentissage par cœur n'est pas une simple répétition mais un «cocktail» de groupements (catégories, petites phrases, images), propres à chaque sujet dénommé, «organisation subjective» (Tulving, 1962) ou «structuration» (Ehrlich, 1972).

3.3. La mémoire sémantique

Étant donné l'importance cruciale des processus d'organisation, on s'attend à ce que le stockage à long terme des informations verbales soit très organisé. Deux principes d'organisation semblent dominer : une organisation selon la fréquence et une organisation logique.

3.3.1. Les effets de fréquence

Le langage ou la mémoire du langage peuvent être décrits de manière statistique, comme les chercheurs l'ont montré dans la continuité de la théorie de l'information. Ainsi, les lettres dans les mots, les mots dans les phrases, n'apparaissent pas avec la même fréquence (*infra* chapitre 5), et la mémoire reconnaît les différences de fréquence. En ce qui concerne la mémoire, bien que mémoire et langage soient très liés, les associations verbales ont une importance particulière ; elles concernent un cas particulier de fréquence, celle d'un mot évoqué en fonction d'un autre. On mesure cette fréquence associative très facilement (bien que le dénombrement lui-même soit fastidieux) en proposant un ensemble de mots à un grand nombre de sujets qui doivent répondre à chaque mot «associant» par le premier mot qui leur vient à l'esprit : par exemple à «loup...», beaucoup de sujets répondent «agneau» ; pour l'associant «chaud...», beaucoup répondent «froid», etc. ; tous les sujets ne répondent pas de manière identique, mais on observe que certaines réponses sont plus fréquentes que d'autres ; voici un exemple dans des normes établies sur 120 mots et 300 sujets (Lieury, Iff et Duris, 1976) :

Mot associant : **soir**

associations :

- nuit (50 réponses sur 300)
- matin (26)
- crépuscule, noir (11)
- étoile (10)
- calme, lune (9)
- repos (8)
- sombre (7)

- l'été (6)
- l'hiver (4)
- dormir, douceur, tristesse, etc. (3)
- intimité, mélancolie, etc. (2)
- aube, aurore, etc. (1)

3.3.2. *Hiérarchie catégorielle et économie cognitive*

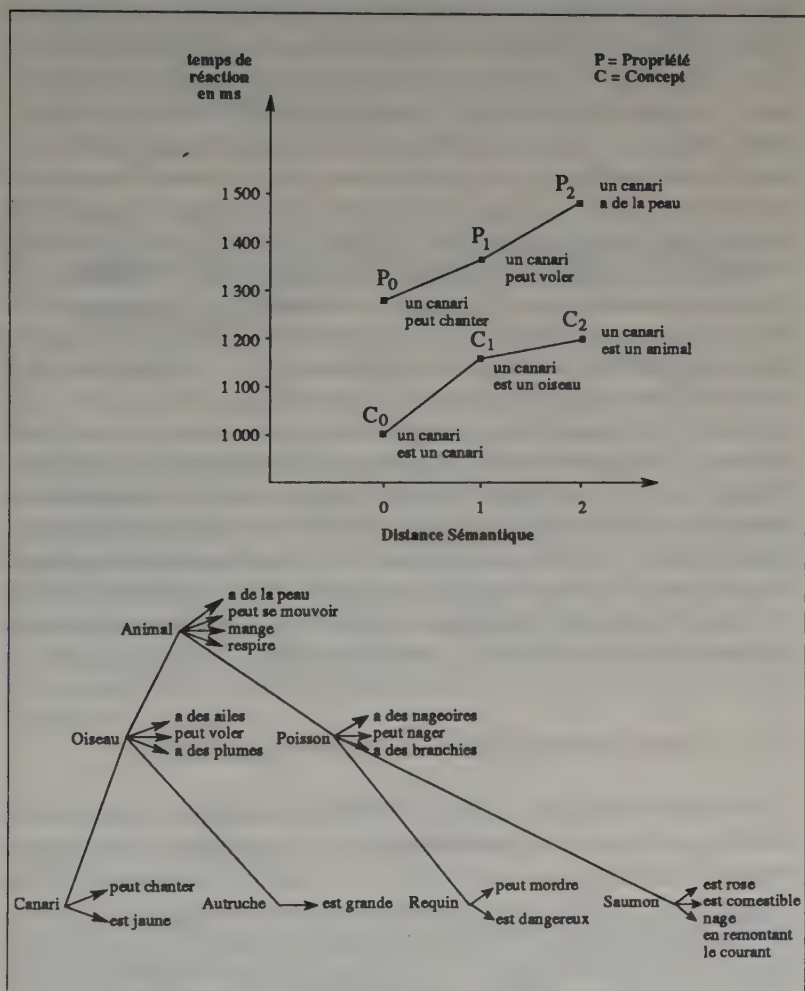
Les problèmes de traduction automatique et d'intelligence artificielle (le robot ou l'ordinateur de bord de la voiture qui parlent) ont stimulé de nombreuses recherches fréquemment réalisées de manière conjointe par des informaticiens et des psychologues expérimentalistes (ou cognitivistes). Ainsi, Ross Quillian, informaticien, fit appel à Allan Collins, psychologue, pour essayer de valider sur le plan psychologique un premier modèle ; cette coopération fut à l'origine d'un grand domaine de recherche, la mémoire sémantique. La théorie de Collins et Quillian (1969, 1970, etc.) repose sur deux grands principes, outre l'idée désormais généralement admise que la mémoire sémantique est distincte de la mémoire lexicale (ainsi que nous l'avons vu avec l'aphasie nominale et le mot sur le bout de la langue) :

- *principe de hiérarchie catégorielle* : les concepts de la mémoire sémantique sont classés de façon hiérarchique, les catégories étant emboîtées dans des catégories plus larges comme dans une arborescence ;
- *principe d'économie cognitive* : seules les propriétés (ou attributs) spécifiques sont classées avec les concepts. Leur exemple type est célèbre : *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.

Collins et Quillian utilisent une 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 évidemment pas une réelle distance anatomique

mais un nombre d'étapes appelées «nœuds» dans un fonctionnement, tout comme dans l'arborescence d'un logiciel informatique, (ce sont les «*directories*» ou répertoires).

15. Arborescence représentant un réseau de la mémoire sémantique et temps de jugement sémantique (d'après Collins et Quillian, 1969).



Selon ce modèle (fig. 15), on peut prévoir que le temps de jugement sémantique sera plus long lorsque les propositions

comportent des *propriétés* telles que «un canari peut voler», par rapport aux phrases qui ne mettent en jeu que des *concepts catégoriels* tels que «un canari est un oiseau» ; en effet, les propriétés étant classées à l'intérieur de chaque catégorie, l'accès aux propriétés demande une étape de plus par rapport à la catégorie. De surcroît, le temps de jugement devrait être fonction de la distance sémantique. 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). Dans l'ensemble, les temps de jugement sémantique sont relativement courts (fig. 15), de l'ordre de 1 000ms (1 seconde) à 1 500ms. Conformément au modèle, les temps augmentent avec la distance sémantique. De nombreuses recherches ont confirmé dans l'ensemble le principe de hiérarchie catégorielle, ce qui va d'ailleurs dans le sens du rôle important des catégories dans la mémorisation (voir *supra*). En revanche, les expériences ultérieures, par exemple de Carol Conrad (1972), ont montré que l'économie cognitive ne fonctionne que pour les propriétés peu fréquentes ; au contraire les propriétés fréquentes (plumes pour oiseau) semblent stockées plusieurs fois, un peu comme dans les classifications documentaires modernes où un même livre est répertorié en fonction de plusieurs mots clés. Cela peut sembler peu économique, mais l'accès sémantique, donc la compréhension, est plus rapide.

3.3.3. *Traits sémantiques et anomalies sémantiques*

D'autres chercheurs (Meyer, 1970) ont imaginé un tout autre modèle que celui de l'arborescence et considèrent les concepts comme des listes de propriétés, ou traits sémantiques (ou sèmes, Le Ny, 1976). Les jugements sémantiques ne se feraient que par comparaison de listes de traits. Cette idée s'avère fort intéressante pour éclairer un résultat très net mais difficile à expliquer dans un modèle en arborescence, ce sont les *anomalies sémantiques*. On remarque en effet que le temps de jugement des phrases nettement incorrectes, comme «manganèse est un animal», est très court alors que la distance sémantique

entre les deux concepts — ou concept et propriété — est grande. Il est donc intéressant dans ce cas de supposer que seules les propriétés des concepts sont comparées, ce qui est plus rapide ; dans notre exemple, il apparaît très vite que «animal» est animé et que «manganèse» est inanimé. Nous retrouvons donc deux principes de fonctionnement dans la classification des informations sémantiques, la hiérarchie catégorielle et la comparaison de traits ; en informatique et intelligence artificielle, ces deux principes sont courants : l'arborescence et la recherche multi-critère (cf. logiciel D-base, etc.).

4 LES PROCESSUS DE RÉCUPÉRATION ET L'OUBLI

Dans les ordinateurs, les informations sont munies d'une adresse (par l'intermédiaire du nom de fichier ou de programme) pour être retrouvées parmi des millions d'autres. Ce mode de fonctionnement, similaire d'ailleurs à celui d'une bibliothèque, a servi de modèle à certains chercheurs qui se sont demandés si l'oubli pouvait être considéré non pas obligatoirement comme une destruction de l'information mais comme l'impossibilité de retrouver une information spécifique faute d'adresse.

4.1. Les indices de récupération

Ce modèle des processus de récupération a profondément modifié les conceptions de la mémoire et notamment de l'oubli. Dans ce nouveau domaine, Endel Tulving, à l'université de Toronto au Canada, a donné une impulsion considérable par l'originalité de ses idées et de ses expériences. La première démonstration de l'efficacité des adresses, que l'on appelle

pour la mémoire les *indices de récupération*, a été faite par Tulving et Zena Pearlstone (1966).

L'expérience comporte des listes de 12, 24 et 48 mots, structurés soit en catégories d'un seul exemple (ou instance), soit en catégories de deux, soit en catégories de quatre exemples :

**Catégories
d'un exemple**
ANIMAL
poule

**Catégories
de quatre exemples**
ANIMAL
poule
cheval
cochon
canard

Les mots sont présentés un par un toutes les trois secondes sur un écran de télévision, groupés par catégorie ; les noms de catégorie sont également présentés mais ne sont pas à apprendre.

Chaque groupe est subdivisé au moment du rappel : dans un groupe, le rappel est traditionnel, sur une feuille blanche, c'est le groupe de rappel libre, alors que les sujets de l'autre groupe reçoivent une feuille de réponse où sont imprimés tous les noms de catégorie, c'est le groupe de rappel indicé. Ce sont les noms de catégorie qui jouent le rôle d'indices de récupération. Dans l'ensemble le rappel indicé est très efficace, parfois le double du rappel libre. L'oubli de certains mots n'est donc pas une perte définitive mais correspond pour une part importante à un manque d'indices.

À la suite de Tulving, de nombreuses recherches ont été menées et ont permis de découvrir que les indices peuvent être de nature variée : indices associatifs (chaud pour froid), indices phonétiques comme la rime, images, ainsi que nous le verrons dans le cas particulier des photos qui évoquent avec une grande facilité des souvenirs parfois très lointains.

4.2. Capacité et rappel

■ Capacité et rappel

Dans les résultats de Tulving et Pearlstone, existe une exception apparente à l'efficacité des indices pour la liste de trois

catégories de quatre exemples ; dans ce cas, le rappel libre permet une performance maximale, de sorte que les indices sont inutiles. Or on remarque que dans cette exception le total de catégories et d'exemples fait 7, le nombre magique de Miller. Est-ce une coïncidence ? George Mandler (Mandler et Pearlstone, 1966) a émis l'idée que la capacité, qui limite la mémoire à l'entrée, limite de la même façon à la sortie, c'est-à-dire lors de la récupération de l'information. Dans cette perspective d'une capacité de récupération, le rappel libre est conçu comme un cas particulier de rappel indicé, où les indices sont en mémoire à court terme au moment du rappel. La mémoire à court terme, de capacité 7, doit donc être utilisée pour gérer à la fois des indices et des informations à récupérer, de sorte que la capacité de 7 se trouve partagée en deux, soit pratiquement 4 indices et 3 mots ou l'inverse, 3 indices et 4 mots.

■ *Plan de rappel*

Dans cette conception du rappel vu comme une gestion de nos deux systèmes de mémoire, on peut prévoir que plus les indices sont organisés entre eux et plus le rappel sera maximisé : c'est la notion de plan de récupération (ou plan de rappel). Gordon Bower et ses collègues (Bower, Clark, Lesgold et Winzenz, 1969) ont étudié l'efficacité d'un plan de rappel hiérarchique en imaginant une liste super-organisée selon une hiérarchie de catégories ; une liste de plus de cent mots, présentée sous la forme de quatre planches d'une quarantaine de mots emboîtés dans des catégories de niveaux croissants : animaux, plantes, minéraux (notre exemple) et instruments.

Minéraux		Animaux	Plantes	Instruments
pierres	métaux			
précieuses	maçonnerie	etc...		
saphir	granit			
émeraude	ardoise			
rubis	sable			
diamant	ciment			

Dans le groupe contrôle, la totalité des mots est mélangée dans quatre planches de présentation. Dans ces conditions, le rappel de la condition organisée est spectaculaire dès le premier essai,

puisque 73 mots en moyenne sont rappelés dans la condition organisée contre 21 dans la condition contrôle, et les sujets apprennent la totalité de 112 mots en trois essais dans la condition organisée.

Depuis des siècles, on a cherché à améliorer la mémoire par des techniques appelées procédés mnémotechniques. Souvent ces techniques sont des cas particuliers, astucieux, de plans de rappel (Lieury, 1980). Ainsi, la méthode des lieux consiste à transformer les mots en images et à les ranger selon un itinéraire connu, par exemple les magasins d'une rue familière. D'autres plans sont basés sur le langage, comme le procédé de la phrase-clé «Cambronne S'il eût été Dévôt n'eut pas Carbonisé son Père», qui aide à se rappeler l'ordre des périodes géologiques de l'ère primaire : cambrien, silurien, dévonien, carbonifère, permien. Ou encore, pour se rappeler de l'ordre des atomes dans la classification périodique (Na = sodium, Mg = magnésium...) :

«Napoléon Mangea Allègrement Six Poissons Sans Claquer d'Argent»

4.3. Reconnaissance et mémoire épisodique

■ *La reconnaissance*

Depuis très longtemps, la reconnaissance est connue comme le moyen de sondage de la mémoire le plus puissant (Florès, 1964 ; Tiberghien et Lecocq, 1980). La conception des processus de récupération permet d'interpréter cette efficacité en terme de richesse d'information. La reconnaissance est donc le cas particulier où l'on donne l'indice le plus riche, le plus complet, le mot lui-même ou l'image d'origine. L'expérience de Tulving et Watkins (1973) le résume parfaitement : une liste de vingt-huit mots de cinq lettres est présentée à cinq groupes de sujets à qui l'on donne un nombre croissant de lettres comme indices (par exemple TA pour «TABLE»). Dans le cas particulier du rappel libre, il n'y a pas d'indices, tandis que dans la reconnaissance, les mots cibles sont mélangés à des pièges.

Tableau 8 : Du rappel à la reconnaissance : continuité entre les modes de récupération (d'après Tulving et Watkins, 1973).

Nombre d'indices	% Rappel (récupération)
0 (rappel)	24
2 lettres	28
3 "	56
4 "	70
5 (reconnaissance)	85

■ Contexte et mémoire épisodique

Le philosophe français Henri Bergson avait fait dans *Matière et mémoire* (1896) une fine distinction entre deux types de mémoire, la mémoire vraie et la mémoire habitude.

«J'étudie une leçon, et pour l'apprendre par cœur, je la lis d'abord en scandant chaque vers ; je la répète ensuite un certain nombre de fois. À chaque lecture nouvelle, un progrès s'accomplit ; les mots se lient de mieux en mieux ; ils finissent par s'organiser ensemble. À ce moment précis, je sais ma leçon par cœur ; on dit qu'elle est devenue un souvenir, qu'elle s'est imprimée dans ma mémoire.

Je cherche maintenant comment ma leçon a été apprise, et je me représente les phases par lesquelles j'ai passé tour à tour. Chacune des lectures successives me revient alors à l'esprit avec son individualité propre ; je la revois avec les circonstances qui l'accompagnaient et qui l'encadrent encore ; elle se distingue de celles qui précèdent et de celles qui suivent par la place même qu'elle a occupée dans le temps ; bref, chacune de ces lectures repasse devant moi comme un événement déterminé de mon histoire».

Une distinction similaire a été retrouvée par Tulving. Il distingue la mémoire sémantique de ce qu'il appelle la mémoire épisodique (1973). En effet, de nombreuses expériences montrent que l'encodage de l'information cible (mots à apprendre) se fait avec des informations contextuelles. Ce contexte peut être spatio-temporel, comme la mémoire vraie de Bergson, mais aussi sémantique. Si on fait apprendre un mot cible en fonction d'un mot de contexte, comme «art-fille», on constate une baisse de la reconnaissance du mot cible «art», si le contex-

te de reconnaissance est changé : par exemple, on met «art-tige» ou même «art» seul (Tulving et Thomson, 1971).

Guy Tiberghien et ses collègues (Tiberghien et Lecocq, 1980 ; Brutsche, Cisse, Deleglise, Finet, Sonnet et Tiberghien, 1981) ont montré de nombreux effets de contexte, notamment de manière originale sur des visages féminins en changeant ou non de chapeau ; non seulement le changement de chapeau diminue la reconnaissance des visages (de 93 à 41 %) mais un chapeau déjà vu tend à faire reconnaître des visages pièges (cette expérience met en évidence le problème des témoignages oculaires)...

Ces recherches font penser que la reconnaissance tout comme le rappel, est un cas particulier de récupération ; si la reconnaissance est le plus souvent très efficace (80 à 90 %), c'est parce que le maximum d'indices de récupération est donné : le graphisme du mot, le dessin identique, etc. ; mais la variation de contexte modifie les indices et affecte la reconnaissance.

■ *Aspects épisodiques et génériques de la mémoire*

La théorie de la mémoire épisodique permet de faire la synthèse entre les deux facettes de la mémoire que nous avons rencontrées à propos de la mémoire sémantique : les relations logiques et les effets de fréquence. Si l'on suppose dans le cadre de la conception épisodique que toutes les informations sont mémorisées avec leur contexte, on peut imaginer que les effets de fréquence reflètent le nombre de fois où chaque mot, ou chaque image, a été enregistré ; de la même façon, on peut imaginer que la fréquence associative reflète le nombre de fois où deux mots ont été reliés entre eux (physiquement ou après coup en mémoire). La fréquence reflèterait tout simplement le nombre d'épisodes.

Les concepts des mots pourraient alors être vus comme les propriétés communes de tous les épisodes (Lieury, 1979 ; Schank, 1980 ; Tulving, 1985). Schank remarque par exemple que chez un enfant le mot singe n'évoque pas une définition générale comme chez l'adulte, mais une histoire de singe dans un zoo qu'il vient de visiter...

4.4. L'oubli

C'est un des grands apports du courant behavioriste que d'avoir démontré que l'oubli (en dehors des processus pathologiques) était le résultat de processus dynamiques, les interférences.

4.4.1. *Les interférences*

C'est John Mc Geogh de l'université de Chicago qui a découvert la première source d'interférence. Mc Geogh montre que l'oubli augmente en fonction de la ressemblance entre l'apprentissage cible (dont on mesure l'oubli) et les apprentissages ultérieurs ; par exemple, une liste d'adjectifs est très mal rappelée si les sujets doivent apprendre une nouvelle liste d'adjectifs (Mc Geogh et Mc Donald, 1931). L'interférence augmente avec la similitude.

L'interférence est rétroactive si l'oubli est provoqué par les apprentissages postérieurs à l'apprentissage cible, et l'interférence est proactive si les apprentissages interférents sont antérieurs. Un des «grands» de l'étude des interférences, Benton J. Underwood (1957) et d'autres ont montré que l'interférence peut provoquer énormément d'oubli, il y a parfois même jusqu'à 90 % d'oubli. Dans la vie quotidienne, les deux sources d'interférences se combinent pour provoquer un oubli énorme (noms, dates, formules, etc.). Plus on apprend, plus on oublie...

4.4.2. *Oubli et mécanismes de récupération*

L'oubli n'est en fait que la face cachée de la récupération de l'information. Si l'étude des interférences apporte une vision pessimiste de la mémoire, on sait maintenant que ces résultats sont liés à la technique de rappel. Or le rappel est le moyen de récupération le plus faible, car il est subordonné à la capacité limitée de la mémoire à court terme et à quelques indices à court terme ou contextuels. Grâce à des processus de récupération plus puissants, comme la reconnaissance ou le rappel indicé, on constate que les interférences sont moins fortes ou pratiquement annulées, ce qui rassure sur nos capacités de mémoire.

Harry Bahrick (avec P. Bahrick et Wittlinger, 1975) a eu l'idée remarquable d'utiliser les archives d'un collège et de retrouver des étudiants de ce collège, jusqu'à 48 ans plus tard, afin de sonder leur mémoire sur les noms et les photos de leurs camarades de promotion. Nos expérimentateurs comparent différents modes de récupération ; ils débutent par le rappel libre des noms des camarades de collège ; ensuite ils présentent des photos comme indices de récupération ; en troisième lieu, il y a une épreuve de reconnaissance de noms de camarades de leur promotion parmi des pièges, et enfin il y a une épreuve de reconnaissance de visages parmi des photos pièges.

Tableau 8 : Rappel et reconnaissance de noms et photos de camarades de collège après des délais de 3 mois à 48 ans (d'après H. et P. Bahrick et Wittlinger, 1975).

	3 mois	15 ans	48 ans
Rappel libre des noms	15 %	13 %	7 %
Rappel indicé (indices = photos)	70 %	40 %	18 %
Reconnaissance des noms	90 %	80 %	70 %
Reconnaissance des photos	90 %	90 %	90 %

Alors que le rappel des noms est faible (tab. 9), les photographies sont des indices de récupération très puissants, sauf au bout de très nombreuses années ; la reconnaissance est à nouveau très forte et on constate que, comme dans les expériences de laboratoire, les images sont supérieures aux mots : la reconnaissance des photographies (parmi des photos pièges) reste étonnamment stable pendant 50 ans, même chez des sujets âgés, puisque les sujets ayant quitté le collège depuis 48 ans ont nécessairement 48 ans de plus, soit environ 70 ans.

D'autres recherches confirment que la baisse des capacités de mémoire peut s'expliquer (en dehors d'une baisse pathologique) par le manque d'indices de récupération. Le fonctionnement épisodique intervient aussi dans le vieillissement, l'âge ici ne joue son rôle que parce qu'il est une occasion de mémo-

risation d'un plus grand nombre d'épisodes : un enfant de 7 ans n'aura pas fermé autant de portes au cours de sa courte vie que sa grand-mère de 77 ans...

LECTURES CONSEILLÉES

Lieury, A. — *La mémoire*, Bruxelles, Mardaga, 1975.

Lieury, A. — *Les procédés mnémotechniques, science ou charlatanisme ?* Bruxelles, Mardaga, 1980.

Rosenzweig, M.R. — *Biologie de la mémoire*, Paris, PUF, 1976.

Chapitre 5

LANGAGE ET IMAGE

L'homme possède, par rapport à la plupart des animaux, des mécanismes de représentation mentale. Ces représentations servent principalement à la mémoire et à la communication.

Tout peut servir de représentation : les dessins des idéogrammes chinois et des hiéroglyphes, les gestes, de même que la danse, les dessins sur des masques... Les deux grands systèmes de représentation sont cependant le langage phonétique et les images.

1 LE LANGAGE

1.1. Signe et symbole

Depuis Ferdinand de Saussure, le linguiste du XIX^e, les linguistes et les psycho-linguistes s'accordent pour définir le langage comme un système de signes, en grec «semios», d'où le terme de sémiotique pour qualifier ce type de représentation. Le *signe* permet de représenter un objet, une action, une idée ; il est donc d'une façon générale un signifiant qui représente un signifié. Comme Saussure l'a fait remarquer, le signe code le signifié, disons l'objet pour être concret, par une relation arbitraire ; ainsi, il n'y a aucune espèce de ressemblance phoné-

tique, picturale ou autre entre le mot (écrit ou prononcé) «arbre» et un arbre réel, pas plus qu'il n'existe une quelconque relation entre n'importe quel mot étranger et cet objet : le signe est arbitraire.

Contrairement au signe qui est arbitraire, le *symbole* est une représentation qui a un rapport de ressemblance avec le signifié, c'est-à-dire l'objet représenté ; par exemple le dessin d'un arbre, les onomatopées comme «cocorico»... Certains auteurs ont également montré l'existence d'un symbolisme phonétique : ainsi le son «i» évoque assez souvent des choses petites (Peterfalvi, 1966).

La capacité générale de pouvoir représenter des objets (et concepts) par des signes ou symboles est désignée par le terme de fonction sémiotique, ou plus usuellement symbolique. Le développement de la fonction symbolique chez l'enfant est évidemment extrêmement important et constitue un thème fondamental de recherche en psychologie génétique ; nous n'en verrons que quelques illustrations dans le cadre de la psychologie générale. La fonction symbolique se développe d'emblée selon plusieurs formes : langage, dessin, jeu, imitation symbolique ; certains (Pierre Janet), dans une vision évolutive, ont pensé que ces formes correspondaient à des étapes évolutives, de la plus simple (imitation, jeu) à la plus complexe (langage) ; mais ces formes se développent en parallèle et le langage n'apparaît pas plus tard (mais plus complexe, son développement se prolonge plus tardivement).

Le développement du langage est très variable selon les enfants mais quelques estimations donnent une idée du développement général. Différents travaux revus par Moshe Anisfeld (1984) indiquent que l'acquisition des premiers vingt mots (testée par exemple au moyen d'images) est lente et prend place de 1 an à 1 an 1/2 ; ce vocabulaire augmente d'environ cent mots au 3^e trimestre et de 150 mots au 4^e trimestre de cette seconde année, ce qui porte le vocabulaire moyen à environ 300 mots à la fin de la deuxième année. La mesure de l'émission libre des mots donne des estimations moindres : 120 mots vers 3 ans et 150 à 200 mots vers 4 ans (J. et D. Singer, 1981), mais on se souvient que le rappel libre est toujours moins important que le rappel indicé (avec image par exemple) ou la reconnaissance. Chez l'adulte, il y a un répertoire évidemment très varié ; cependant des études de fréquence sur la langue par-

lée de façon courante indiquent un vocabulaire fréquent de 8 000 mots (Gougenheim & al., 1956)

1.2. Associations et catégories du langage

Pour Watson et les behavioristes, le langage est acquis par conditionnement, associant une réponse laryngée à un objet. Les renforcements de l'adulte sont nombreux : «c'est bien», sourire, etc. D'autres psychologues ont insisté sur le rôle de l'imitation, qui expliquerait, par exemple, l'acquisition des accents phonétiques, comme l'accent régional. L'existence d'un processus de généralisation à différentes étapes de l'acquisition du langage permet effectivement de penser que le langage, au moins au début, est acquis par des mécanismes généraux d'apprentissage, conditionnement ou imitation ; l'enfant désigne par le même son ou mot plusieurs objets, c'est le phénomène de généralisation : «cola» désigne «chocolat», «biberon», «lait», etc. ; «voiture» va désigner «voiture», «bateau», «vélo», «avion»...

Depuis Galton, on sait que des mots en associent d'autres, et les behavioristes ont particulièrement insisté sur cet aspect qui leur paraissait la nature même du langage. Cependant, la contiguïté étant une condition nécessaire dans les apprentissages associatifs (supra chapitre 3) pour les behavioristes, les associations les plus fréquentes devraient être des relations de *cooccurrence*, c'est-à-dire correspondre à des mots qui se suivent dans la langue, «colère-noire», «neige-ski»... L'étude génétique du développement des associations montre en fait que les associations ne sont pas les mêmes chez l'enfant et chez l'adulte (Woodworth, 1949).

Chez l'enfant, les associations fréquentes sont souvent des cooccurrences : *table-manger*, *homme-travail*, *sombre-nuit*, ce qui est conforme aux mécanismes associatifs, mais, chez l'adulte, ce sont des relations de similitude et d'opposition qui dominent : *table-chaise*, *homme-femme*, *sombre-lumière*, etc. Ce changement a été étudié par les psycholinguistes qui y voient une modification des processus de représentation. David Mc Neill (1966) fait l'hypothèse que ce changement est permis par l'acquisition des propriétés conceptuelles des mots, qui permettent de faire des catégories générales à l'intérieur des-

quelles les mots peuvent se substituer l'un à l'autre en fonction du contexte, ce sont les relations *paradigmatiques* : ainsi les mots similaires, mais aussi les contraires, comme chaud-froid, doux-dur, etc., possèdent en commun un grand nombre de propriétés et sont substituables en fonction de modifications de la phrase, ne serait-ce qu'en donnant une tournure négative à celle-ci : «Il fait chaud» devient «Il ne fait pas froid».

Les associations sont donc vraisemblablement acquises au début du langage par des mécanismes d'apprentissage associatif, mais des mécanismes d'analyse sémantique se développent avec l'âge et changent la nature des associations ; celles-ci semblent refléter pour l'essentiel des catégories qui préparent l'émission des mots dans le langage, sans doute, comme on va le voir, en diminuant le temps de recherche d'un mot.

1.3. La théorie de l'information

Shannon et Weaver (1949) ont révolutionné les conceptions des systèmes de communication en montrant que l'information est indépendante de ses apparences (codages différents), mais elle se caractérise par les incertitudes qu'elle permet de lever ; par temps sec, prévoir qu'il fera beau n'apporte pas beaucoup d'informations ; donner le mot «rose» apporte moins d'information si l'on définit au préalable la catégorie des fleurs. Les recherches de Shannon et Weaver, en grande partie pour les communications téléphoniques, les amènent à proposer de quantifier l'information par une fonction logarithmique du nombre d'éventualités. La quantité d'information augmente, mais de plus en plus lentement, en fonction du nombre d'éventualités possibles.

Cette approche a stimulé un grand nombre de recherches qui ont conduit en particulier à la description statistique du langage et à interpréter les temps de production de mots en terme de temps de recherche dans des catégories de taille variée.

■ *Incertitude et temps de production*

La production d'adjectifs contraires (Fraisie et Constantial, 1968) est un bon exemple d'application de la théorie de l'information. Un adjectif peut donner lieu à un nombre variable de

réponses contraires ; des adjectifs comme «utile» ne suscitent qu'un seul contraire chez les sujets de l'expérience : «inutile» ; alors que d'autres adjectifs suscitent plusieurs contraires, de 2 à 12 (par exemple «calme» a 10 contraires) ; le temps de réaction de la production verbale paraît être une fonction logarithmique du nombre de réponses différentes ($-\log_2 K/125$, où K est le nombre de réponses pour un adjectif, et 125 le total des réponses) ; le temps de production moyen est le suivant :

TABLEAU 1 : Augmentation du temps de production d'un adjectif contraire en fonction du nombre d'adjectifs contraires (adapté de Fraisse et Constantial, 1968).

Nombre de réponses	exemple	Temps de production
1	utile	855 ms
2	facile	957 ms
3	proche	1016 ms
4	large	1160 ms
5	clair	1375 ms
> 6	calme	1675 ms

Tout semble se passer comme s'il y avait une recherche au hasard dans une catégorie dont la taille détermine l'incertitude finale ; d'où l'augmentation logarithmique du temps de recherche (Noizet, 1980).

■ *Fréquence et redondance*

Dans ce contexte d'étude du langage sur le plan informatif, et en particulier pour les applications en télécommunication, la description statistique du langage s'est développée. Il existe de nombreux paramètres statistiques (Miller, 1956b ; Bresson, 1972). La fréquence est le nombre de fois où un mot, une lettre, un phonème, apparaît par rapport aux autres : par exemple, sur 42 phonèmes en anglais, «i» est la plus fréquente des voyelles (8,53 %) et «n» la consonne la plus fréquente (7,24 %) (Dewey, 1923, cit. Miller, 1956). La fréquence des mots s'appelle la *fréquence d'usage*, et les études peuvent concerner la fréquence d'occurrence des mots dans la langue parlée ou dans la langue écrite. En France, un institut du CNRS à Nancy s'est spécialisé dans le recueil d'un très grand nombre de mots, plus de 70 millions provenant de 1 000 textes des XIX^e et XX^e siècles. Des lin-

guistes ont fait également une étude de la fréquence d'usage de la langue parlée (Gougenheim et al., 1956), afin d'établir le vocabulaire courant dans l'usage réel de la langue. Le corpus, établi à partir de conversations parlées, est de 300 000 mots, mais seuls 8 000 mots différents sont employés : en voici quelques exemples, le mot le plus fréquent étant le verbe «être» :

TABLEAU 2 : Exemples de fréquence de mots dans la langue française parlée (d'après Gougenheim et al., 1956).

Mot	Fréquence (sur 300 000)
être	14 083
avoir	11 552
de	10 503
je	7 905
il(s)	7 505
et	5 082
chose	477
maison	278
voiture	182
train	98
journal	71
restaurant	33
château	20

Les mots ne se suivent pas au hasard dans la langue et, de même qu'il y a une fréquence absolue, il y a des fréquences d'apparition d'un mot en fonction du mot précédent, ou des deux mots précédents, etc. : ce sont les *dépendances séquentielles* ; il n'y a pas de moyens automatiques pour mesurer ces dépendances séquentielles, et pour des applications (téléphone) on a recours à des épreuves qui consistent à compléter des séquences de mots, comme dans le jeu du téléphone : le premier sujet répond au premier mot, le deuxième sujet complète par un troisième mot, et ainsi de suite... (Weaver, 1949 ; Miller, 1956). Avec l'augmentation des dépendances séquentielles, les séquences ressemblent de plus en plus au vrai langage, on parle d'*approximation à la langue* : l'approximation d'ordre 0 est la construction d'une séquence de mots (ou de lettres) en les tirant au hasard ; l'approximation d'ordre 1 consiste à tirer les mots en fonction de leur fréquence absolue ; l'approximation d'ordre 2 est fonction de la fréquence d'apparition en fonction de l'élément précédent ; pour les mots, c'est le cas particulier des associations verbales. Il faut atteindre des approximations d'ordre 6

ou 7 pour avoir des énoncés qui ressemblent au langage ; voici un exemple de trois degrés d'approximation pour les lettres en anglais (Weaver, 1949) :

TABEAU 3 : Exemples de séquences d'approximation d'ordre croissant pour les lettres en anglais (un blanc est considéré comme une lettre), (d'après Weaver, 1949).

Approximation	Exemple
0	XFOML RXKHRJFFJUJ ZLPWCFWKCYJ
1	OCRO HLI RGWR NMIELWIS EU
2	ON IE ANTSOUTINYS ARE T INCTORE
3	IN NO IST LAT WHEY CRATICT FROURE

Les dépendances séquentielles font que chaque information d'une séquence n'apparaît pas au hasard ; on voit l'énorme différence dans des séquences de lettres entre l'approximation zéro et les autres approximations qui ressemblent superficiellement à l'anglais (tab. 4) ; dans le cas de l'approximation zéro, chaque lettre apporte l'information maximum puisque rien ne nous permet de deviner la lettre suivante ; en revanche, plus l'approximation est grande, plus la probabilité de devinement est grande. L'écart entre l'information réellement transmise et l'information maximale (en théorie si la séquence est au hasard) est appelée la *redondance*. Dans la théorie de la communication, la redondance est nécessaire pour compenser le bruit qui va masquer certaines portions du message ; en télécommunication, le message peut être morcelé (pour compresser le signal électrique par exemple) sans que la compréhension en soit affectée ; seule la voix subit une altération, et on observe que les voix ne sont pas toujours facilement reconnues au téléphone. La création du célèbre langage des Schtroumpfs du dessinateur Peyo n'est possible que parce qu'il y a une forte redondance dans le langage = « Comment schtroumpfez-vous la psychologie ? Très schtroumpf ».

■ La loi du moindre effort

George Zipf s'est spécialisé dans l'étude des statistiques du langage, au niveau des mots, lettres et phonèmes (1974). Un résultat très général est la découverte d'une relation inverse

entre la fréquence et la longueur. De même que les plaisanteries les meilleures sont les plus courtes, les mots les plus fréquents sont les plus courts. Zipf le démontre en citant un comptage de Kaeding sur un total de onze millions de mots de textes allemands :

TABLEAU 4 : Relation inverse entre la fréquence et la longueur du mot (Kaeding, cité par Zipf, 1974).

Nombre de syllabes dans le mot	Pourcentage d'apparition
1	49,76 %
2	28,94 %
3	12,93 %
4	5,93 %
5	1,72 %
6	0,50 %

Dans les exemples de fréquence des mots de la langue française parlée (tab. 2), on constate également que les mots les plus fréquents sont très courts ; le verbe «être» est souvent monosyllabique, sous sa forme conjuguée «est» ; et il n'est guère possible d'avoir plus court que le verbe «avoir» sous sa forme conjuguée la plus fréquente «a» ; de même, les autres mots les plus fréquents sont des mots de liaison, très courts : «le», «de», «il», «et», etc. Ce phénomène qu'on nomme «loi de Zipf», était appelé par lui-même «la loi du moindre effort».

Cette loi du moindre effort s'observe également dans le phénomène très courant de raccourcissement des mots longs très usités : les étudiants vont au «RU», à la «bibli» ; on dit les «exams», la «psycho», les «psy», la «bio» (ou biolo), les «stats», et on dit toujours la «fac», bien que le terme officiel soit «université» depuis de nombreuses années. Il en est de même dans tous les milieux, et l'on dit : le vélo, le ciné, la télé... ; les Américains utilisent des raccourcis encore plus saisissants : «L.A.» pour «Los Angeles», et chacun connaît le célèbre «J.R.» de la série télévisée Dallas...

1.4. La grammaire générative

La description statistique apparaît cependant superficielle et ne rend pas compte du statut des mots (verbe ou nom, etc.) ; de

plus, les dépendances séquentielles ne permettent d'analyser que les relations séquentielles, alors que des mots éloignés sont peut-être en relation étroite ; par exemple dans la phrase «le ballon rouge avec des étoiles vertes est tombé dans l'eau», le fait que le ballon soit tombé dans l'eau est plus important que sa couleur, alors que du point de vue séquentiel, ce verbe est très loin du sujet de la phrase. Plusieurs linguistes, en particulier Noam Chomsky (1965, etc.), ont donc proposé des modèles (Caron, 1989) dans lesquels il y a une structure de base, la *phrase noyau*, et des *règles de transformation* qui permettent de faire différentes dérivations syntaxiques. Dans le modèle de Chomsky, qui a conduit probablement au plus grand nombre de recherches et qui a ouvert le domaine de la psycholinguistique, la proposition a comme structure sous-jacente principale un syntagme nominal et un syntagme verbal qui se décomposent eux-mêmes en structures plus différenciées mais également plus optionnelles, l'article ou les qualificatifs étant eux aussi secondaires par rapport au sujet et au verbe.

Le modèle de transformation, appelé *grammaire générative*, doit avoir une réalité psychologique et le modèle de Chomsky a suscité un très grand nombre de recherches pluridisciplinaires. Une déduction importante du modèle transformationnel est que toute transformation est un supplément de complexité : elle requiert à la fois un temps de traitement supplémentaire et constitue une surcharge plus grande en terme de capacité de traitement. Savin et Perchonok (1965) ont utilisé une procédure de mémorisation pour tester le modèle transformationnel, en supposant que par rapport à la phrase noyau, active-affirmative (Le chasseur a tué le lion), chaque transformation (négative, passive, interrogative) utilise une unité-mémoire. Les transformations négative, passive et interrogative (Le chasseur ne chasse pas le lion) utilisent, par hypothèse, une unité-mémoire tandis que les transformations passive-négative (Le lion n'est pas chassé par le chasseur), interrogative-négative (Le lion n'est-il pas chassé par le chasseur ?) en utilisent trois. Afin de tester cette hypothèse, les auteurs présentent pour la mémorisation la phrase test suivie de huit mots, en supposant que le rappel de mots additionnels baisse d'autant plus que la transformation de la phrase test occupe un nombre plus grand d'unités-mémoire (tab. 5).

TABLEAU 5 : Nombre de mots rappelés sur 8 en fonction de la complexité des transformations syntaxiques (d'après Savin et Perchonok, 1965).

Nombre transformations	Type de phrase		
0	Noyau	5,27	
1	interrogative 4,67	passive 4,55	négative 4,44
2	interrogative négative 4,39	passive- négative 3,48	
3	passive- interrogative-négative 3,85		

La phrase noyau apparaît bien la plus simple des phrases, mais les autres résultats ne sont pas tous conformes au modèle ; dans les phrases nécessitant deux transformations, seule la passive-négative détermine une baisse de rappel très nette par rapport aux phrases nécessitant une transformation, et cette phrase passive-négative n'apparaît pas plus difficile que la phrase à trois transformations. Avec la technique des temps de réaction, on mesure le temps de production d'une phrase transformée, et Celia Jacobowicz (1968) trouve des résultats un peu différents, avec les temps les plus longs pour l'interrogative-passive et la passive-négative (sur des phrases françaises) ; ces résultats la conduisent à faire l'hypothèse que l'incertitude sur les variantes transformationnelles joue un rôle ; ainsi, l'interrogative en français peut utiliser deux indicateurs, le renversement sujet-verbe par un pronom (le lion est-il...) ou l'addition du «est-ce que», qui est courant dans la langue parlée.

L'étude génétique des transformations syntaxiques confirme qu'un modèle uniquement syntaxique est trop simple pour décrire la réalité psychologique du langage. Hermine Sinclair a étudié la genèse de la transformation passive chez des enfants de 3 ans 1/2 à 7 ans 1/2, faisant une démonstration avec des poupées et des objets : par exemple «Jean a renversé Lucienne», «Marianne a renversé la tasse» ; on induit ensuite la transformation passive en demandant à l'enfant : «Dis-moi ce

qui s'est passé en commençant par...». Les réponses des enfants peuvent se classer en quatre stades :

- *stade 1* : les enfants les plus jeunes utilisent une seule action indifférenciée «Ça roule», «Ça bouge», ou répètent la phrase active «La fille lave la tasse» ;
- *stade 2* : la description est incomplète ; par exemple, à l'induction «Commence par la tasse», la réponse est «Elle est propre». Pour l'action «Jean a renversé Lucienne», l'induction «Commence par Lucienne» donne la réponse «Lucienne est tombée» avec une forte fréquence : à 5 ans 50 %, à 6 ans 35 %, et à 7 ans : 15 % ;
- *stade 3* : la description est plus du point de vue de l'agent que du patient pour garder une forme active ; et à l'induction passive les enfants répondent par exemple «La tasse tombe parce que Marianne a renversé la tasse» ; il n'y a pas de pronoms à ce stade ;
- *stade 4* : ce n'est qu'à ce stade que l'inversion se fait au moyen du même verbe «La tasse a été renversée par Marianne».

L'évolution génétique des transformations indique donc une interdépendance entre la sémantique de la phrase et la forme syntaxique ; et l'on constate que les enfants, en particulier du stade 2, privilégient la sémantique, au point de préférer un changement de verbe «Lucienne est tombée», plutôt que d'opérer une transformation syntaxique. L'analyse sémantique précède donc probablement tout autre type d'analyse. Et, depuis Molière, on sait que la compréhension résiste à bien des bouleversements syntaxiques, «D'amour, belle marquise, mourir, vos beaux yeux, me font».

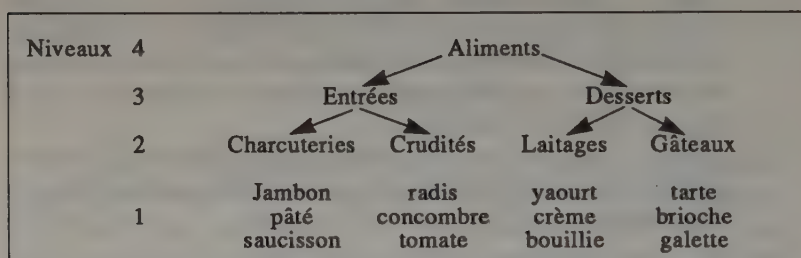
1.5. La sémantique

Les catégories, les traits sémantiques et le marquage semblent être les bases de l'organisation sémantique (supra chapitre 4).

■ Les catégories

Depuis Collins et Quillian (1969), on s'intéresse de plus en plus à la genèse des catégories comme la base de la représentation des connaissances (Gérard, 1974). Dans cette perspective, Geneviève Bramaud du Boucheron (1981) a réalisé de nombreuses expériences, utilisant le « jeu » de l'intrus, par exemple pour connaître l'évolution de l'étendue des catégories conceptuelles.

TABLEAU 6 : Modèle de hiérarchie catégorielle dans les connaissances enfantines (d'après Braumaud du Boucheron, 1981, en coll. Cotillon)



L'intrus est d'autant plus aisément identifié que la distance sémantique entre l'intrus et les autres mots est grande ; par exemple, l'intrus de « tomate-concombre-livre » est trouvé dès l'âge de 4-5 ans, alors que l'intrus dans « yaourt-crème-galette » n'est vraiment détecté que chez les 7-8 ans, car la catégorie de niveau 3, les desserts, est commune.

■ Les traits sémantiques

Plusieurs chercheurs ont fait l'hypothèse que les concepts sont des complexes de traits sémantiques (Meyer, 1970 ; Le Ny, 1976), les traits étant des propriétés ou des constituants essentiels. À vrai dire une telle conception pose problème, et pour ma part je trouve plus réaliste de penser que les images et les mots d'objets ou d'action sont à l'origine de nos connaissances. Cependant cette hypothèse est intéressante pour les concepts complexes, qui sont peut-être des agglomérats de concepts plus simples. Dedre Gentner (1975), du laboratoire de Donald Norman à San Diego, a procédé à une analyse de verbes d'une même famille et observé l'ordre d'acquisition de ces mots. À

partir de verbes primitifs, comme «donner» et «prendre», s'ajoutent des sens supplémentaires (les traits), par exemple, l'idée d'un transfert :

- **donner** + l'idée d'un transfert contre un objet = **échanger**
- **donner** + l'idée d'un transfert contre de l'argent = **payer**

L'addition d'autres traits, comme l'idée de négociation, génèreraient des verbes plus complexes, comme «acheter», «vendre», «dépenser».

Les enfants doivent commenter ce que font des poupées représentant Ernie et Bert (marionnettes de la série télévisée *Sesame Street*). L'analyse des mots produits indique bien une diminution avec l'âge des verbes élémentaires («prendre» et «donner») et un remplacement progressif par des verbes plus complexes, mais plus spécifiques, comme «vendre».

■ *Le marquage sémantique*

Freud avait remarqué que les négations et les contraires n'apparaissent jamais dans les rêves, et c'est l'expérimentation en sémantique qui semble confirmer ces observations. Eve Clark puis Patricia Carpenter (1974) ont montré avec différentes techniques (temps de jugement, mémoire) que les adjectifs contraires sont inégaux sur le plan sémantique : l'adjectif positif («grand», «rapide», etc.) est plus rapidement compris ou plus facilement rappelé que son contraire, en général négatif («petit», «lent»). L'idée a donc été émise que l'adjectif négatif existe sous forme du concept positif corrigé par un trait indiquant le contraire, le marqueur (le nouvel adjectif est dit «marqué») ; l'accès plus lent et la moindre disponibilité en mémoire s'expliquent alors par le fait que l'adjectif contraire est plus complexe structurellement que l'adjectif positif : il correspond au noyau sémantique, plus un marqueur sémantique négatif. On observe d'ailleurs couramment chez l'enfant l'utilisation du même adjectif pour signifier une idée et son contraire («J'ai chaud» pour dire «J'ai froid»).

2 L'IMAGE

Une voie de réflexion à peine explorée et qui paraît correspondre à des fondements de nos mécanismes de représentation est la distinction entre représentation numérique (digitale qui vient de l'américain «digit» = chiffre) et analogique.

2.1. Code alphanumérique et code analogique

Cette distinction est familière depuis la commercialisation des disques compacts numérisés. De même, les informations dans les ordinateurs, en particulier les dessins, peuvent être codées de façon analogique ou numérique. Prenons l'exemple d'un cercle : la façon analogique est de construire le cercle par des coordonnées, comme dans une grille de mots croisés, en remplissant en noir ou par une croix les cases qui forment le périmètre d'un cercle ; la façon numérisée est de faire un programme en fonction de la formule $2 \pi R$. Ces deux types de représentations ont bien évidemment leurs caractéristiques propres, en particulier sur le plan de l'économie et de la fiabilité : la formule est évidemment plus économique en ce sens qu'elle surcharge moins les mémoires et le décodage en est également sans ambiguïté ; le programme par coordonnées est plus lourd mais correspond mieux au signal original. Il semble bien que notre système cognitif soit capable de ces deux grands types de représentations, numérique, ou plutôt alphanumérique, et analogique ; ce n'est pas une coïncidence, car avant qu'on ne cherche consciemment à copier notre système cognitif dans le cadre du dialogue homme-machine, les informaticiens ont toujours recherché une compatibilité entre les systèmes machines et les systèmes humains pour «converser».

Le principal système de représentation alphanumérique est évidemment le langage phonétique, et le principal système analogique est l'image ; certains systèmes sont mixtes, comme les hiéroglyphes ou les idéogrammes chinois.

Dans les deux cas, il semble d'après l'évolution de ces langues que l'origine soit analogique. Le dragon ou le tigre en

chinois ancien, vers 2000 ans avant notre ère, étaient représentés par des dessins ressemblant à ces animaux ; ils ont ensuite évolué vers des graphismes standardisés et simplifiés (Wang, 1973). Dans les hiéroglyphes, certains objets sont représentés par des dessins, comme le soleil par deux ronds concentriques. Mais l'usage a retenu des dessins de mots monosyllabiques pour coder des éléments phonétiques ; par exemple, le dessin du soleil, se prononçant «Rê» (le dieu du soleil), a été utilisé par la suite pour la syllabe «ré».

Les hiéroglyphes sont donc un langage mixte, à la fois pictographique et phonétique, un rébus au sens strict du terme. La difficulté du déchiffrement, réussi par Champollion, est de découvrir si un dessin a une valeur pictographique ou phonétique dans le contexte ; le dessin signifie-t-il, par exemple, le son «ré» ou le dieu solaire ?...

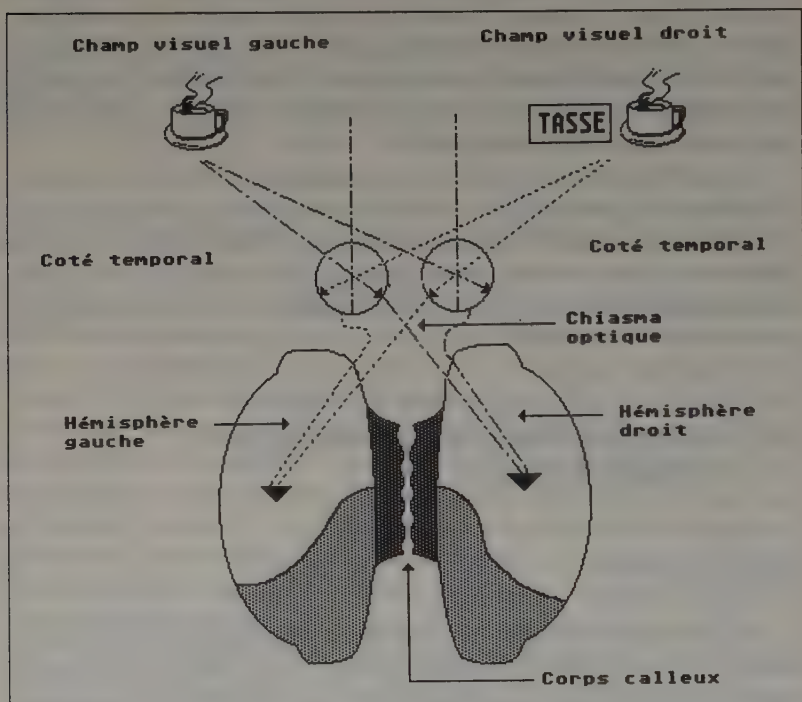
2.2. Langage, image et spécialisation hémisphérique

2.2.1. L'aphasie

Le cerveau est constitué de deux hémisphères cérébraux reliés entre eux par d'énormes réseaux de «câbles», les *corps calleux*, les commissures antérieures et postérieures et le chiasma (pour les parties les plus visibles anatomiquement ; Sperry, 1964). Le câblage des voies nerveuses a ceci de particulier que les voies controlatérales (allant dans l'hémisphère opposé) sont dominantes par rapport aux voies ipsilatérales (restant du même côté), de sorte que tout est inversé ; ce qui est présenté dans le champ visuel droit est traité par l'hémisphère gauche qui commande également les membres droits. Inversement, l'hémisphère droit gère tout ce qui se passe à gauche. Nous avons donc deux «cerveaux» (fig. 16)...

La spécialisation hémisphérique chez l'homme a suscité un très grand nombre de recherches, tant en neurologie chez des sujets qui ont une atteinte des corps calleux ou qui ont subi une opération dans cette région (cerveau dédoublé), qu'en psychologie chez les sujets normaux, recherches qui font appel à des

16. Les «2 Cerveaux» et la spécialisation hémisphérique. [Le câblage des voies nerveuses entraîne une inversion entre perception et traitement hémisphérique. De plus, les mots sont programmés par le «cerveau gauche» tandis que les images sont traitées par les deux hémisphères.]



techniques spéciales. Le résultat le plus stable dans ce domaine est la dominance de l'hémisphère gauche, chez les sujets droitiers, pour le traitement du langage articulé ; résultat souvent démontré depuis la célèbre observation de Broca sur l'aphasie (1968 ; cit. Penfield et Robert, 1963, etc.) montrant qu'une lésion importante dans l'hémisphère gauche entraîne une incapacité de parler et souvent une paralysie plus ou moins importante de la partie droite du corps (hémiplégie droite). Il faut cependant noter que la dominance hémisphérique ne concerne vraiment que la production du langage, et que les recherches sur les patients au cerveau dédoublé (par une section ou une atteinte pathologique des commissures inter-hémisphériques)

sont capables de compréhension à la fois au niveau de l'hémisphère gauche et de l'hémisphère droit (Gazzaniga, 1970). Quant à l'image, elle est traitée des deux côtés du cerveau (Ehrlichman et Barrett, 1983 ; Lieury et Le Nouveau, 1987).

2.2.2. *Image et écriture idéographique*

Les idéogrammes présentent une alternative en cas de déficience neurologique de l'hémisphère gauche. Ainsi, les Japonais possèdent deux systèmes linguistiques, le kanji et le kana : le langage kanji ou idéographique est basé sur un grand nombre de caractères, au minimum 1 800 (dans la liste officielle), puisque des centaines de concepts sont des complexes de kanjis de base ; par exemple le kanji de «psychologie expérimentale» est formé par deux kanjis «mesure» et «mental» ; tandis que le kana, qui est une écriture alphabétique à l'instar de la nôtre, est basé sur 46 unités sonores, 71 si l'on compte les syllabes.

Deux neuropsychologues de Tokyo, Sumiko Sasanuma et Osamu Fujimura (1971), ont montré que des patients atteints de troubles aphasiques et apraxiques du langage conservaient pour une grande part le langage kanji, comme nous pouvons le voir dans un extrait de leurs résultats expérimentaux (tab. 7). En revanche, ce type d'expérience ne permet pas de savoir si l'hémisphère gauche est également capable de traiter les kanjis (équivalence des hémisphères pour les images), ou si le langage idéographique est une spécialité de l'hémisphère droit.

TABEAU 7 : Pourcentage d'erreurs en fonction du type de langage pour les aphasiques (d'après Sasanuma et Fujimura, 1971).

	% d'erreurs Kanji	Kana
aphasiques	45	96
contrôles	16	0

Les aphasiques échouent complètement (96 % d'erreurs) à écrire en langage phonétique (kana) sous dictée, alors que le nombre d'erreurs est moins grand en utilisant les idéogrammes (kanji) ; en kanji, le nombre d'erreurs est important également

dans le groupe contrôle, car le kanji est un langage complexe comprenant des milliers de dessins.

Le mode de fonctionnement des hémisphères cérébraux, la compensation des langages, phonétique, idéographique, etc., apparaissent d'ores et déjà comme des thèmes de réflexion essentiels en psychologie et posent pour la pédagogie la grande question de savoir si nous avons complètement exploité les ressources du cerveau.

LECTURES CONSEILLÉES

Caron, J. — *Précis de psycholinguistique*, Paris, PUF, 1989.

Denis, M. — *Les images mentales*, Paris, PUF, 1979.

Gazzaniga, M. — *Le cerveau dédoublé*, Bruxelles, Mardaga, 1976.

Chapitre 6

L'INTELLIGENCE

Le concept d'intelligence est polysémique, et il est utilisé de façon très variée dans la vie courante, et même chez les spécialistes : un animal sera qualifié d'intelligent dans un documentaire animalier et on emploiera le même terme dans un sens évidemment différent pour qualifier des compétences humaines...

1 LE DÉVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE

Le problème de la diversité des définitions ou conceptions de l'intelligence peut se résoudre en abandonnant l'idée d'une intelligence unique : l'intelligence doit plutôt être conçue comme l'avait pressenti Pierre Janet et comme l'a proposé Jean Piaget comme une évolution, phylogénétique et génétique, des capacités cognitives. À la suite de recherches avec de nombreux chercheurs, en particulier Bärbel Inhelder, Piaget définit trois grands stades du développement de l'intelligence :

- le stade sensori-moteur, de 0 à 18 mois
- le stade pré-opératoire de 18 mois à 6 ans
- le stade opératoire à partir de 7 ans

L'apport de Piaget pour la psychologie générale est surtout original pour le stade opératoire, et c'est donc surtout cet aspect qui sera traité. Pour les deux premiers stades, de nombreux chercheurs ont également apporté des résultats importants avec d'autres terminologies ; afin d'intégrer ces résultats, je parlerai de *niveau d'intelligence* plutôt que de stade.

1.1. Le niveau sensori-moteur de l'intelligence

Avec une terminologie différente, celle du conditionnement et des associations, c'est en fait ce niveau des capacités cognitives qu'étudient les behavioristes, en particulier lorsque le modèle pris est un animal qui n'a pas ou peu de capacités de représentation mentale, comme le rat ou le pigeon. Il s'agit là seulement d'«intelligence» sensori-motrice, et le terme d'intelligence a ici une acception extrêmement générale signifiant plutôt capacités cognitives ; c'est dans ce sens qu'on parlera de l'intelligence de l'abeille et du chien bien dressé. Un exemple typique de comportement identique étudié sous deux terminologies différentes est la *réaction circulaire* chez Piaget (Piaget et Inhelder, 1967). L'enfant de 4 à 5 mois, touchant par hasard un hochet qui fait du bruit, va avoir tendance à reproduire le geste qui sera progressivement plus efficace au fur et à mesure des essais. Ce comportement est en fait un conditionnement opérant : le hochet est le stimulus discriminatif, la réponse opérante est le geste de l'enfant, et le renforcement, le bruit du hochet. Avec le développement psycho-moteur de l'enfant, de même qu'en fonction de l'évolution phylogénétique chez l'animal, les possibilités augmentent, allant dans le sens de l'élargissement d'un répertoire de conditionnements.

1.2. Le niveau symbolique de l'intelligence

Les structures de l'intelligence sensori-motrice ne sont pas complètement flexibles, car elles restent liées aux actions et à l'environnement. Ainsi le plus souvent les actions ne sont pas réversibles ; un récipient qui est renversé, par exemple, ne peut se remplir du liquide qui a été répandu sur le sol, et un objet

lancé au loin ne peut revenir dans la main (sauf le boomerang, ce qui prouve que les aborigènes ont le sens de la réversibilité). L'apparition de la fonction symbolique (ou sémiotique), notamment l'image mentale et le langage, va permettre deux possibilités nouvelles, comme l'avait bien vu Pierre Janet, et après lui Jean Piaget :

- *le détachement de l'action* et des objets ; selon l'expression de Pierre Janet, le langage permet de rendre «transportables» les objets ;
- *la réversibilité des actions* : l'inverse d'une action pourra être imaginé ou verbalisé, comme dans un film ou un dessin animé.

En fait, la réversibilité n'est opérationnelle qu'à partir de l'âge moyen de 7 ans, d'après les travaux de Piaget et Inhelder (*infra* même chapitre). Ce n'est qu'après une longue période de développement de l'abstraction et du langage que l'action est nettement intériorisée et réversible, et devient dans la terminologie de Piaget, une opération. C'est en ce sens que le stade qui va de 18 mois à 6 ans est appelé par Piaget *stade préopératoire* : il prépare au stade opératoire. Cependant, ce terme ne permet pas de qualifier le stade par ce qui le caractérise avant tout, c'est-à-dire le développement fantastique du langage ; cette période de l'intelligence est par conséquent mieux caractérisée par le qualificatif de symbolique.

L'intelligence symbolique présente deux caractéristiques essentielles, déjà remarquées par les philosophes, l'abstraction et l'intuition.

■ *L'abstraction*

Les symboles et surtout les signes permettent de se détacher du réel ; à la limite, ils permettent de construire un monde irréel, comme dans les jeux et fabulations de l'enfant, ou encore dans la maladie mentale, les rêves, fantasmes ou délires de l'adulte et dans les créations imaginaires de l'artiste. Mais le langage lui-même est un continuum d'abstractions progressivement plus complexes que les psychologues cognitivistes ont mis en évidence. L'étude des niveaux de lecture au cours du développement de l'enfant (Leroy-Boussion, 1971) montre que

le développement de la lecture se présente comme un continuum marqué notamment par l'acquisition des lettres, des syllabes, des mots, avant de passer à la lecture courante.

■ *L'intuition*

L'enfant de cette période possède une logique imparfaite, que les philosophes et le langage commun appellent «intuition», et que Piaget a bien définie sous le terme d'«opérations infralogiques» :

- dans une tâche de sériation de baguettes de tailles inégales (qui consiste à ranger des baguettes de la plus petite à la plus grande ; *infra* «opérations concrètes» même chapitre), l'enfant de ce niveau, vers 5-6 ans, va fréquemment faire des petits paquets : par exemple les grandes baguettes ensemble et les petites ensemble ; ou encore des petites séries : une petite et une grande ou une petite, une moyenne et une grande, etc.
- l'enfant de l'âge pré-opératoire utilise imparfaitement les marques de temps, les nombres, etc. ; ainsi un enfant de 6 ans confond «hier» et «demain» en disant des expressions du type «Demain, on a fait de la peinture avec la maîtresse» ; de même, les nombres sont utilisés comme des étiquettes marquant l'idée de numération mais sans sériation, l'enfant jouant à la marchande pourra dire «C'est trente six dix francs, madame».

■ *Les catégories de la connaissance*

En fait, on peut reconnaître à la fois dans l'abstraction et l'intuition le rôle d'une même structure, la catégorie, qui correspond à la structure élémentaire des mathématiques, la *classe d'équivalence*. Par exemple, dans l'apprentissage de la lecture, une lettre comme la lettre «a» est le trait auquel correspondront un ensemble, une classe de graphismes qu'on dénommera «A» malgré les légères différences de graphismes ou de format (minuscules, majuscules, script, etc.) ; on sait d'ailleurs à quel point cet apprentissage est difficile pour les jeunes enfants et plus encore pour les ordinateurs. Dans la tâche de sériation, l'enfant ne fait qu'appliquer des catégories, petits paquets ou

petites séries. Dans les marques de temps ou dans l'emploi des nombres, l'enfant ne fait qu'utiliser des étiquettes verbales qui représentent la catégorie «temps» ou la catégorie «nombre» ; mais à l'intérieur de la catégorie, tous les termes sont équivalents : «hier» est équivalent à «demain», «cent» à «mille»... Comme une base fondamentale du langage et de la mémoire sémantique (*supra* chapitres 4 et 5), c'est au cours de la période préopératoire que se construisent les catégories naturelles des connaissances ; les couleurs sont, semble-t-il, les catégories les plus précoces (environ 2 ans d'après Nelson). Claire Gérard (1974 ; 1975) a étudié le développement génétique de plusieurs catégories usuelles (animaux, jouets, etc.) en demandant à des enfants d'âge variable de classer des images. Alors que l'enfant réussit à reconstituer environ la moitié des catégories vers 4 ans, les enfants de 8 ans réussissent pratiquement à les reconstituer toutes.

2 LES OPÉRATIONS INTELLECTUELLES

L'intelligence au sens strict paraît pouvoir se caractériser, notamment en fonction des recherches de Piaget et de ses collègues, par l'application de transformations sur les représentations mentales, les opérations ; mais comment appliquer des transformations sur des représentations inconstantes, changeantes ? Pourrait-on construire un programme informatique si les informations étaient instables et changeantes ? L'apparition des opérations au cours du développement mental de l'enfant ne peut donc se faire que lorsque les représentations qu'il se fait de son environnement physique sont stables ; c'est la conquête des invariants du monde physique, grande découverte de Bärbel Inhelder et Jean Piaget (1963).

2.1. Les invariants du monde physique

Il faut noter néanmoins que cette grande révolution dans l'univers mental de l'enfant, qui se fait vers 7 ans, est préparée

par d'autres invariants ; chaque niveau d'intelligence semble être caractérisé par un type d'invariant.

- *niveau sensori-moteur* : les invariants sont perceptifs. C'est la constance perceptive : la perception de caractéristiques des objets (forme, taille, couleur, etc.) est stable, malgré les déformations de l'image rétinienne en fonction de l'éloignement et des variations lumineuses multiples ;
- *niveau symbolique* : les concepts sont les invariants du langage et seule cette relative invariance permet la communication ; le mot «table» représente à peu près la même chose pour tout le monde, faute de quoi, il serait difficile de se comprendre : c'est le mythe de la Tour de Babel ; mais à l'origine du développement du langage, les mots ont plus une valeur épisodique que générique pour l'enfant : le mot «singe» n'évoquera que le singe qu'il a vu au zoo, le concept de «mer» désignera celle de la plage où on l'emmène ; un concept comme celui du singe est donc la catégorie de tous les épisodes utilisant ce mot.

Afin d'observer le développement des invariants du monde physique, les chercheurs piagétiens (en particulier Inhelder et Vinh-Bang) présentent devant chaque enfant deux boules de pâte à modeler de même grosseur ; après que l'enfant ait constaté que les deux boules ont la même grosseur, l'expérimentateur fait des transformations de forme devant l'enfant, une boule devenant une galette, un cylindre (saucisse), des morceaux.

Trois catégories d'invariants sont étudiées :

- *la quantité* : on demande après transformation s'il y a toujours la même quantité de pâte (la même «chose de pâte», pour les plus petits) ; rappelons que les transformations se font sous les yeux de l'enfant, celui-ci pouvant constater qu'on n'ajoute ni n'enlève de pâte ;
- *le poids* : la même procédure générale est utilisée mais, cette fois, on fait juger l'invariance de poids en demandant d'anticiper le résultat sur une balance à deux plateaux ; si l'enfant juge que les morceaux pèsent plus lourds que la boule, il dira que le plateau où seront les

morceaux va pencher (on sait qu'on peut «piéger» des enfants plus âgés en demandant lequel, d'un kilo de plume ou d'un kilo de fer, est le plus lourd, le problème nécessitant, dans ce jeu, une abstraction supplémentaire) ;

- *le volume* : l'enfant doit juger de l'équivalence, ou non, des volumes en désignant le déplacement que va produire l'immersion des boules dans deux bocaux gradués contenant de l'eau.

En fonction des réponses des enfants, on peut distinguer trois grands types de conduite :

- *pas de conservation, ou d'invariance* : un enfant dit, par exemple, que la saucisse a plus de pâte parce qu'elle est plus longue, mais un autre enfant peut dire que c'est la boule qui a plus de pâte parce qu'elle est plus grosse ;
- *invariance incertaine* : l'enfant peut changer d'avis lorsqu'on lui demande s'il en est sûr, ou si on lui pose des questions ;
- *invariance systématique* : la réponse est, pour lui, évidente : «Tu n'as pas enlevé (ou ajouté) de pâte».

TABEAU 1 : Pourcentage d'enfants ayant un jugement d'invariance (conservation) (d'après Vinh-Bang et Inhelder ; cit. Piaget et Inhelder, 1963).

	Âge de l'enfant						
	5	6	7	8	9	10	11
% d'enfants							
Quantité	16	16	32	72	84	—	—
Poids	0	12	24	52	72	76	96
Volume	0	0	12	28	32	56	82

La majorité des enfants (50 à 75 %) ont un jugement dénotant une invariance de la quantité vers 8 ans, du poids vers 9-10 ans et du volume seulement vers 11 ans. On constate donc que l'invariance des représentations mentales de l'environnement physique est loin d'être une évidence comme l'adulte pourrait le considérer par égocentrisme. L'instabilité des abstractions physiques se constate d'ailleurs dans des détails de la vie cou-

rante, l'enfant de 5-6 ans apportant par exemple son petit pot de colle à papier pour aider ses parents à encoller du papier peint.

2.2. Les opérations concrètes

Le génie de Piaget a été de penser que les structures mathématiques sont les reflets de notre intelligence : «la logique est le miroir de la pensée». Ces structures, dites opératoires, apparaissent après 7 ans et caractérisent, dans la théorie de Piaget, le niveau opératoire de l'intelligence. Avec de nombreux collaborateurs, il a orienté ses recherches vers l'exploration du développement génétique de ces structures. Piaget distingue les opérations concrètes, qui représentent des structures de transformation de représentations mentales mais portant sur des dimensions perceptibles des objets (couleur, forme, taille), et les opérations abstraites, qui portent sur des dimensions non perçues, mots, nombres et images mentales. Piaget a défini un grand nombre d'opérations dont la sériation est une des plus représentatives.

La sériation : au stade des opérations concrètes, le problème est exposé à partir de 10 baguettes de 10 à 16,5 cm que l'enfant doit ranger de la plus petite à la plus grande («Comme pour faire un escalier», pour les plus petits). Les expérimentateurs (en particulier Inhelder et Vinh-Bang) constatent trois grandes stratégies ou manières de faire :

1. *pas de sériation, manipulation au hasard* ;
2. *sériation empirique (stade préopératoire)* :
 - petits paquets ou petites séries : les petites baguettes ensemble, les grandes ensemble, ou une petite, une moyenne et une grande, etc.
 - sériation par tâtonnement : l'enfant, faisant des erreurs, modifie la configuration ;
3. *sériation systématique ou opératoire* :
 - l'enfant pose la plus petite des baguettes, puis la plus petite de celles restantes, et ainsi de suite jusqu'à la dernière. Les expérimentateurs proposent également une épreuve de vérification consistant pour l'enfant à insérer sans erreur une 11^e baguette de taille intermédiaire.

TABEAU 2 : Répartition des enfants d'un âge donné en fonction des stratégies de sériation (d'après Ving-Bang et Inhelder ; cit. Piaget et Inhelder, 1963).

	Âge de l'enfant				
	4	5	6	7	8
% d'enfants					
non-sériation	53	18	7	0	0
paquets/séries	47	61	34	22	0
sériation empirique	0	12	24	15	5
sériation opératoire	0	9	34	63	95

On constate (tab. 2) que les enfants de 4 ans ne font aucune tentative de sériation ou opèrent des petites séries (ou paquets), ce que font majoritairement les enfants de 5 ans ; l'âge de 6 ans paraît être de transition et aucune stratégie ne domine, tandis qu'à partir de 7 ans la stratégie de sériation opératoire devient dominante.

On peut penser que la sériation est une opération logique sous-jacente à des raisonnements nombreux, impliquant la transitivité ($A > B$ et $B > C$ implique $A > C$) : compréhension des indicateurs temporels, sériation d'images dans une histoire, etc.

2.3. Les opérations formelles

Les opérations concrètes portent sur des dimensions physiquement présentes, mais il faut attendre un nouveau développement entre 11-12 ans et 14-15 ans pour des raisonnements plus abstraits, comme dans l'algèbre, la chimie, etc. Une structure fondamentale est le groupe des deux réversibilités (groupe INRC).

Piaget avait remarqué que dans des tests de raisonnement verbal (ou logique des propositions) certaines épreuves apparaissent formellement comme des problèmes de sériation alors que les enfants ne commencent à pouvoir les résoudre qu'après 14 ans. Soit le problème suivant :

- A) Natacha est moins grande que Sabine
- B) Cécilia est moins petite que Sabine
- C) Quelle est la plus grande des trois ?

En fait, le problème apparaîtrait comme un simple problème de sériation si toutes les propositions étaient formulées avec les mêmes opérateurs de grandeur (plus grand) que dans la question. Le problème consiste donc à transformer les propositions pour les rendre compatibles entre elles, conformément aux termes de la question :

- *transformation de A* : pour la proposition A, transformer «moins grand» en «plus grand» est possible en inversant le sujet et le prédicat (second terme en logique) ; ce qui donne :
 $S > N$: Sabine est plus grande que Natacha
- *transformation de B* : pour la proposition B, il suffit d'inverser l'opérateur «moins petit» en «plus grand» ; ce qui donne :
 $C > S$: Cécilia est plus grande que Sabine
- *résolution* : les propositions étant transformées, la résolution est une simple opération de sériation :
 $C > S > N$: Cécilia est la plus grande des trois.

Dans la terminologie de Piaget, la première transformation est la *réciproque* (inversion sujet/prédicat) et la seconde est la *négation*. Cependant tous les problèmes de raisonnement verbal ne peuvent être résolus par les deux transformations illustrées plus haut, et deux autres transformations doivent être envisagées, comme dans l'exemple suivant :

- A) Edith est plus blonde que Suzanne
- B) Edith est plus brune que Lili
- C) Quelle est la plus brune des trois ?

- *transformation de A* : pour A, la négation ne suffit pas, cela donnerait «moins brune», ni la réciproque puisque cela donnerait «Suzanne est moins blonde que Edith» ; en fait, à cette réciproque il faut appliquer en supplément la négation, ce qui donne :
 $S > E$: Suzanne est plus brune que Edith

Il a fallu appliquer deux transformations, ce que Piaget appelle la *corrélative* ; il semble que la corrélative corresponde à une opération en soi car, dans le raisonnement, on passe directement de la phrase «Edith est plus blonde...» à «Suzanne

est plus brune...» sans avoir à décomposer comme précédemment en deux opérations successives, réciproque et négation.

— *transformation de B* : le problème est plus simple pour B qui est dans les termes de la question, la transformation est nulle, ce que Piaget appelle la transformation identique :

$$E > L$$

Au total, nous avons par sériation : $S > E > L$, c'est donc Suzanne la plus brune des trois.

Les quatre transformations — Identique, Négation, Réciproque, Corrélatrice — forment le groupe INRC (initiales des transformations), ou également, dans la terminologie de Piaget, le groupe des deux réversibilités, réciproque et négation. Si l'on peut distinguer la négation de la réciproque dans le raisonnement verbal, il n'est pas toujours aisé de le faire dans certains raisonnements physiques où les transformations apparaissent comme deux inversions équivalentes sur deux dimensions différentes. Ainsi, dans l'exemple simple de la balance romaine, l'égalisation des deux plateaux s'obtient en plaçant un poids deux fois moins lourd s'il est deux fois plus loin, ou inversement deux fois plus lourd si le poids est deux fois moins loin. Il y a donc double inversion comme dans tous les problèmes de proportionnalité. La théorie du groupe INRC, ou double réversibilité, apparaît donc très souple et d'un grand intérêt pour expliquer de nombreux types de raisonnement.

3 LA MESURE DE L'INTELLIGENCE

Contrairement à d'autres fonctions psychologiques comme la perception, la mémoire, où de nombreux mécanismes apparaissent généraux, l'intelligence présente une très grande diversité entre les individus. Ces différences individuelles sont apparues pour certains comme des différences quantitatives, ce qui a conduit à une perspective de mesure globale de l'intelligence,

alors qu'elles passaient aux yeux des autres pour des différences qualitatives basées sur des aptitudes distinctes.

3.1. Alfred Binet et l'échelle psychométrique

Alfred Binet (1857-1911) peut être considéré comme l'inventeur du premier test ayant une certaine valeur prédictive (sur la réussite scolaire). Mais le mot «test» lui-même avait été introduit par James Mc Keen Cattell (1890). Celui-ci, ayant étudié chez Wundt dans le premier laboratoire de psychologie expérimentale, avait eu l'idée de mesurer l'intelligence par des épreuves (*tests* en américain) de temps de réaction, issues des études de l'époque. En fait ce type de test s'est avéré très faiblement en relation avec le niveau culturel réel des individus, et il fut abandonné. On verra plus tard que cet échec est dû au fait que l'on mesure essentiellement des caractéristiques sensori-motrices ; mais l'idée en soi de mesurer des processus intellectuels était bonne, aussi sera-t-elle reprise dans le cadre de la perspective du traitement de l'information.

Alfred Binet s'intéresse à l'analyse des processus supérieurs, la mémoire, le raisonnement, etc. ; pour lui l'intelligence est essentiellement caractérisée par la capacité de bien juger, et il observe ses filles, les enfants à l'école, attentifs aux observations des enseignants... Personnalité très riche, ses études sont diverses : la perception des couleurs chez les teinturiers des Gobelins, la mémoire des phrases, les calculateurs prodiges de son époque, Inaudi et Diamandi, les joueurs d'échecs, etc. Binet n'est pas un homme de préjugés, et il abordera le problème de la mesure de l'intelligence par des voies multiples, s'attachant entre autres à vérifier l'absence de fondement de certains préjugés sociaux (1904 ; 1908a) comme la phrénologie (1900 ; 1902).

La phrénologie : cette idée est dans l'air depuis que le médecin allemand Franz Josef Gall (1758-1828) a émis la *théorie de la phrénologie* selon laquelle les fonctions psychologiques sont localisées dans le cerveau. Le développement d'une aptitude déterminerait un hyper-développement de la zone correspondante du cerveau et entraînerait une déformation du crâne dans cette région ; c'est la théorie des bosses, dont l'expression «avoir la

bosse des maths» est une survivance. Bref, on croit à cette époque que le fait d'avoir une «grosse tête» est un signe d'intelligence ; Binet montre que non, mais après y avoir cru lui-même, au point de passer tout un mois d'août à mesurer des têtes...

Parallèlement, Binet entreprenait, souvent avec la collaboration du Dr Simon, des études sur l'intelligence de l'enfant en étudiant ses capacités à résoudre des situations de la vie courante (connaissances générales, mémoire de phrases) ou de la vie scolaire (calcul, vocabulaire...). Le ministère de l'Instruction publique instaurait une commission, pour le dépistage des arriérés, qui soumit à Binet le problème des critères de ce dépistage. Il eut l'idée de constituer une série d'épreuves variées dont chacune est caractéristique d'un âge et correspond en quelque sorte aux échelons d'une échelle, d'où le nom d'*échelle psychométrique* donné au premier véritable test de l'intelligence (paru en 1905 puis 1908b).

- 1 an : discerner les aliments...
- 5 ans : comparer deux boîtes et indiquer la plus lourde ; copier un carré...
- 8 ans : faire une lecture et en conserver deux souvenirs ; nommer quatre couleurs ; écrire sous dictée...
- etc.

L'échelle psychométrique conduit à une mesure empirique de l'intelligence en terme d'âge mental ; on attribue à l'enfant l'âge moyen de réussite à un groupe d'épreuves. C'est la notion d'*âge mental*.

L'échelle psychométrique, bientôt appelée le Binet-Simon, connut très vite un succès retentissant (surtout aux États-Unis) dans différents domaines, scolaire, psychiatrique, judiciaire, etc. Cet usage intensif a cependant fait apparaître la nécessité d'améliorations, qui ont été essentiellement entreprises par Lewis Terman à Stanford dans deux révisions, en 1916 puis en 1937 (Terman-Merill), réadaptées en français (Cesselin, 1959) ; la dernière réadaptation française sous la direction de Zazzo est la NEMI (nouvelle échelle métrique de l'intelligence).

La révision de Terman en 1916 comprend de nombreuses corrections : le déplacement d'items (par exemple, nommer quatre couleurs est placé à 5 ans et non à 8) ; l'augmentation du nombre total d'items, qui passe à 90 ; l'étalonnage est basé sur

des populations plus larges de sujets, et l'on calcule ainsi les moyennes de réussite et les écarts-types sur des distributions plus fiables ; enfin, cette révision intègre une notion nouvelle proposée par Stern, le quotient intellectuel, le célèbre QI. En effet, la notion d'âge mental est très pratique, mais un retard n'a évidemment pas la même signification selon l'âge réel (chronologique) ; par exemple un retard de 2 ans n'a pas la même signification si l'enfant a 3 ans ou 16 ans. Le QI est simplement le rapport multiplié par 100 entre l'âge mental et l'âge réel :

$$\text{QI} = \frac{\text{âge mental}}{\text{âge chronologique}} \times 100$$

Ainsi, dans notre exemple, un retard de 2 ans à l'âge de 3 ans correspond à un QI de 33, alors qu'un même retard à 16 ans donne un QI de 88. D'autres améliorations ont été apportées dans une autre révision, le Terman-Merill (1937) : addition de nombreux items, découpage en demi-années pour la petite enfance, et subdivision du test en deux formes équivalentes. Ces formes parallèles, L et M, permettent le test et le «retest» des mêmes enfants dans une perspective de consultation clinique ou dans une étude longitudinale (étude des mêmes enfants sur plusieurs années).

3.2. La «standardisation» de l'intelligence

Le test de Binet-Terman a une valeur empirique que les années n'ont pas démentie ; ce test a plus de 80 ans, mais sa conception pose des problèmes théoriques et statistiques qu'a tenté de résoudre David Wechsler dans son test pour enfants, le Wechsler-Bellevue (1939), et sa version adulte, le WAIS (Wechsler adult intelligence scale, 1955) [cf. Wechsler, 1956].

■ *Composition de l'échelle*

Les problèmes théoriques tiennent au fait que le test de type Binet-Terman est extrêmement hétérogène, la nature des épreuves qui le constituent différant selon l'âge ; ce sont des épreuves de jugement, de copie de formes géométriques, des épreuves de mémoire, de calcul, de compréhension, etc.

Wechsler a fabriqué un test constitué de séries d'items homogènes (en développant parfois de nombreux items pour des épreuves déjà présentes dans le Binet-Simon, similitude, etc.) avec une difficulté graduée pour tous les âges.

De plus, il va intégrer des recherches sur la distinction entre l'intelligence verbale et l'intelligence non-verbale en constituant une échelle verbale et une échelle de performance, avec la possibilité de calculer un score et un QI spécifiques pour chaque échelle. Cette distinction, utile par ailleurs en gériatrie ainsi que nous le verrons plus loin, a pour intérêt de dissocier les facteurs linguistiques d'autres potentiels intellectuels ; comme dans le cas d'un enfant de famille immigrée dans laquelle la nouvelle langue n'est pas complètement assimilée. Cette préoccupation rejoint celles de chercheurs qui ont essayé de fabriquer des tests «*culture-free*», c'est-à-dire indépendants de la culture.

- *l'échelle verbale* : elle est constituée de 6 subtests contenant des items de difficulté croissante (les exemples sont tirés du WAIS, 1968), information, compréhension, arithmétique, similitude, mémoire immédiate et vocabulaire.

Un exemple de test de similitude est de trouver les points communs entre deux concepts :

orange-banane (question 1) ; bois-alcool (question 13).

- *l'échelle de performance* : elle est constituée de 5 subtests, code, complètement d'image, cubes de Kohs, arrangement d'images, assemblage (puzzle).

Par exemple le test des cubes, découvert par Kohs, est un très bon test d'analyse ; dans le Wechsler, il y a 16 cubes dont les faces sont de différentes couleurs : rouge, blanc, jaune, bleu ou blanc et rouge (la face étant séparée par une diagonale) et jaune et bleu ; il faut assembler des cubes (4, 9 ou 16) pour reconstituer des figures de plus en plus difficiles.

■ *Le QI standard*

Wechsler introduit les procédés de normalisation statistique (comme dans l'exemple de la loi normale réduite) pour que les différents échantillonnages soient comparables. Les distributions des QI sont normalisées pour obtenir une moyenne de 100 et un écart-type de 15. Ainsi, par construction, les distributions

à chaque âge auront pour moyenne un QI de 100 et un écart-type de 15. Le QI aura donc la même «signification» statistique pour des âges différents. Cette conception est importante pour l'adulte, car il serait absurde d'estimer l'intelligence d'un adulte en terme d'âge mental. Dans le WAIS, deux comparaisons sont possibles pour un individu donné, soit par rapport à son groupe d'âge (le WAIS est étalonné par tranches d'âge de 10 ans, au total sur 1 800 adultes de 17 à 80 ans), soit par rapport à une population de référence ayant les performances les plus élevées (500 hommes et femmes de 20 à 34 ans). Un des intérêts de cette comparaison est l'estimation d'une dégradation des performances intellectuelles chez les personnes âgées.

■ *Les subtests qui «tiennent» ou ne tiennent pas avec l'âge*

Wechsler a montré dans ses étalonnages sur les différentes tranches d'âge entre 15 et 65 ans (Wechsler, 1967) que les scores aux tests de performance diminuent en moyenne après 25-30 ans, ce qui n'est pratiquement pas le cas des tests verbaux ; on dit que les tests «tiennent» ou «ne tiennent pas» ; cette différence est utilisée en gérontologie pour évaluer la détérioration naturelle ou pathologique en fonction de l'âge. Une analyse plus fine entre les subtests indique cependant que les tests de chaque échelle ne se comportent pas de la même façon :

tests qui tiennent	tests qui ne tiennent pas
information (Verbal)	arithmétique (V)
compréhension (V)	similitude (V)
vocabulaire (V)	mémoire de chiffres (V)
complètement d'images (P)	code (Performance)
assemblage d'objets (P)	cubes (P)

Le code et les cubes de Kohs se détériorent nettement avec l'âge, mais aussi des tests verbaux comme l'arithmétique et la mémoire immédiate de chiffres. Ce problème épineux illustre fort bien la limite définitive des tests composites élaborés de manière empirique ; on ne sait pas vraiment ce qu'ils mesurent et leur utilité ne réside que dans le pronostic moyen qu'ils permettent d'établir sur les performances d'un individu en référence avec un échantillon d'individus de caractéristiques similaires. Le test composite doit être considéré comme un

instrument de mesure approximatif, grossier, et ne peut être utilisé pour faire un pronostic fin, par exemple pour évaluer un individu brillant. Tout comme une balance de Roberval ne pourrait être utilisée en chimie pour mesurer des milligrammes. Les tests composites ne sont valides et utiles que pour dépister des retards importants et comme point de départ d'un examen plus attentif de l'enfant. Un usage également souvent sous-estimé du test composite est de permettre dans une recherche une comparaison standardisée de groupes auxquels on appliquera un traitement expérimental, par exemple la comparaison de non-voyants à des voyants, la comparaison d'une méthode pédagogique à une autre, etc.

4 L'ANALYSE FACTORIELLE DE L'INTELLIGENCE

Parallèlement au développement des tentatives de mesure globale de l'intelligence, d'autres chercheurs, notamment Spearman en Angleterre et Raymond Cattell aux États-Unis, développaient une perspective plus fondamentale, celle de l'analyse des processus de l'intelligence. Cette analyse est basée sur le constat des différences individuelles, interprétées comme l'expression d'aptitudes différentes selon les individus. L'objectif de ce courant de recherche est donc d'identifier ces aptitudes, et les chercheurs de ce courant ont construit ou utilisé des méthodes statistiques ayant pour fonction d'isoler, d'extraire ces aptitudes : c'est l'analyse factorielle (Reuchlin, 1966) ; les aptitudes extraites d'une analyse factorielle s'appellent les facteurs de l'intelligence.

4.1. Notions sur l'analyse factorielle

Les analyses factorielles se calculent à partir de matrices de coefficients de corrélation. Le coefficient de corrélation est un

indice statistique qui exprime conventionnellement de 0 à 1 (ou -1 pour une relation inverse) le degré de ressemblance entre deux séries de valeurs, notes, résultats à un test, etc. Par exemple, les vrais jumeaux ont souvent des scores voisins dans les tests, donnant une forte corrélation de l'ordre de .80 (mis pour 0,80, car selon l'usage américain adopté en statistique, la virgule devient un point avec suppression du 0 devant la virgule ; on prononce «point quatre-vingts»).

La deuxième étape de l'analyse factorielle est basée sur l'étude des corrélations deux à deux de nombreuses activités, scolaires ou tests, que l'on dispose dans un tableau ou matrice. Le tableau suivant en est un exemple, avec les corrélations réelles entre quelques matières scolaires extraites d'une expérience de Ann N'Guyen Xuan (1969) réalisée sur 300 élèves de 3^e (tab. 3).

TABLEAU 3 : Intercorrélations entre matières scolaires chez des élèves de 3^e (d'après Ann N'Guyen Xuan, 1969).

	M	S	O	CF	HG	D
maths	—	.35	.01	.08	.28	.12
sciences nat.		—	.25	.29	.34	.35
orthographe			—	.44	.17	-.04
comp. française				—	.41	-.01
histoire-géo					—	.01
Dessin						—

L'examen de la matrice de corrélations révèle des sous-ensembles ou familles (en anglais, *clusters*) à l'intérieur desquels les corrélations sont les plus fortes à l'inverse des corrélations d'une famille à l'autre. Par exemple, il existe une famille qui regroupe les maths, l'histoire-géographie et les sciences, car les corrélations sont fortes entre ces matières prises deux à deux (.35 entre maths et sciences, .28 entre maths et géographie, et .34 entre sciences et géographie).

Des méthodes statistiques permettent d'«extraire» des facteurs théoriques qui sont le point commun d'une famille, ce sont les *facteurs* de l'analyse factorielle. Un facteur est exprimé sous la forme d'une corrélation avec chaque épreuve : cette corrélation spéciale est appelée *saturation*.

4.2. Le facteur G de l'intelligence

L'analyse factorielle la plus simple, inventée par Spearman (1904), est basée sur l'extraction d'un facteur général à toutes les épreuves (mais différemment saturé dans chacune) et un facteur spécifique de chaque épreuve. L'interprétation qu'il en a donnée a évolué tout au long de sa vie (Oléron, 1957) : intelligence générale, plasticité du système nerveux, énergie mentale. Enfin l'analyse des épreuves les plus saturées dans le facteur G le conduit (1923) à définir les processus néogénétiques de l'intelligence, dont les plus constructifs sont l'éduction (on dirait actuellement induction ou raisonnement) des relations et l'éduction des corrélats.

- *éduction des relations* : «Quand un homme a dans l'esprit deux ou plus de deux idées... il est à un certain degré apte à concevoir mentalement les relations essentielles qui existent entre elles». Ce processus a souvent été utilisé par la suite pour construire des tests de raisonnement verbal.

Par exemple, trouver la même relation que dans bateau-navire :

• *vitesse-célérité* • *argent-puissance* • *hauteur-profondeur*

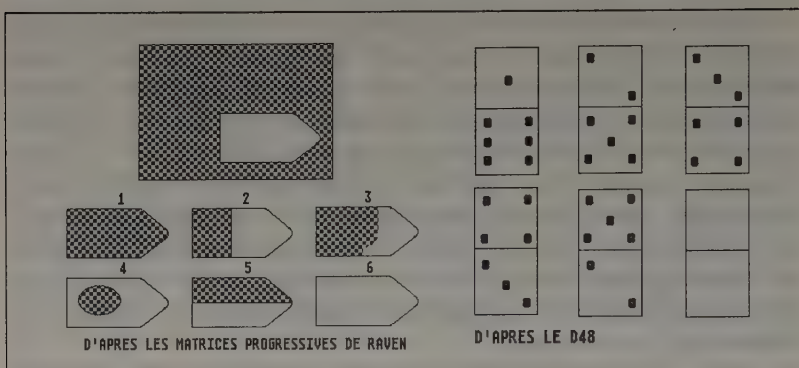
- *éduction des corrélats* : «Quand un homme a dans l'esprit à la fois une idée et une relation, il est, à un certain degré, apte à concevoir l'idée qui correspond à son idée initiale dans la relation en question».

Par exemple, compléter la phrase :

«*La pauvreté est à la richesse ce que la laideur est à la...*»

Les tests composites apparaissent comme fortement saturés en G, ce qui explique en définitive leur bonne valeur pronostique dans les performances scolaires. D'autres tentatives ont été faites pour construire des tests «purs» du facteur G, c'est-à-dire très saturés en G (mesuré par des corrélations avec d'autres épreuves). Ces tests s'inspirent de l'éduction des relations ou des corrélats et sont non verbaux pour qu'il n'y ait pas de facteur verbal diminuant la part du facteur G.

17. Tests du Facteur G de l'intelligence
 [exemples fictifs inspirés du D 48 et des matrices de Raven].



En fait cette dernière règle n'est pas absolue, car on trouve souvent que le test des similitudes (ex. dans le WAIS) est très saturé en G, ce qui n'est pas étonnant puisqu'il met en œuvre l'éduction des relations. Cela dit, l'intérêt des tests non verbaux est de repérer des individus intelligents qui, pour certaines raisons, ne maîtrisent qu'imparfaitement la langue (immigrés, enfants dont la scolarité a été incomplète, etc.). Les deux tests les plus connus (fig. 17), construits dans cette perspective, sont les matrices progressives, le PM 38 ou le PM 47, de Raven et Penrose (1938 et 1947), dont la saturation en G est de .79 (Vernon, 1949), et le célèbre test des dominos utilisé dans l'armée britannique pendant la guerre, le D 48 de Anstey (récemment D70) (fig. 17), dont la saturation en G est de .87.

4.3. Les aptitudes primaires

Le cas postulé par Spearman de deux facteurs seulement, l'un général pour toutes les épreuves et l'autre spécifique à chacune, est relativement rare. Aussi d'autres méthodes d'analyse factorielle ont-elles été inventées. La plus fondée sur le plan mathématique est l'analyse en *composantes principales* de Pearson-Hotelling, l'ACP ; mais elle est très fastidieuse, et son emploi n'est devenu commun qu'avec l'introduction des ordinateurs ; elle permet d'extraire par ordre d'importance les fac-

teurs en fonction de la part de variance qu'ils représentent. Les deux méthodes les plus populaires à l'époque où les ordinateurs n'étaient pas opérationnels sont la *méthode des facteurs communs* de l'Américain Thurstone et la *méthode hiérarchique* de l'Anglais Cyrill Burt. Les études de Thurstone s'appuient sur des représentations graphiques qui permettent par tâtonnement différentes «rotations» des facteurs. Sur le plan graphique, les corrélations apparaissent comme des points dans un nuage ; la méthode de Thurstone est de faire passer un facteur par le centre du nuage, plutôt que de prendre les projections sur des axes orthogonaux (perpendiculaires) comme dans les méthodes numériques pures. Les facteurs s'interprètent mieux sur le plan psychologique puisqu'ils représentent le «centre» d'une famille de corrélation. Les nombreuses études de Thurstone le conduisent à identifier huit facteurs stables à travers différentes recherches, les *aptitudes primaires* :

- V : facteur de *signification verbale* ; compréhension des idées exprimées par les mots
- S : facteur *spatial* ; représentation des objets dans deux ou trois dimensions
- R : *raisonnement* ; problèmes logiques, prévision, plan...
- N : facteur *numérique* ; maniement des chiffres, problèmes quantitatifs
- W : ce facteur indépendant du facteur V concerne la *fluidité verbale*, rapidité et aisance à manier les mots (un individu intelligent peut être éloquent comme il peut ne pas l'être du tout...)
- M : *mémoire* ; souvenirs des expériences passées...
- P : *rapidité perceptive* ; détection d'identités et de différences
- Mo : *motricité* ; coordination des mouvements des yeux et de la main.

Thurstone a construit des tests spécifiques pour les cinq premiers facteurs et un test «résumé» portant sur l'ensemble de ces mêmes facteurs, le test PMA (*primary mental abilities* : aptitudes mentales primaires).

4.4. Les théories hiérarchiques

Les aptitudes mises en évidence par Thurstone ne sont évidemment pas simples ; rappelons simplement à titre d'exemple la mémoire (supra chapitre 4), dont les mécanismes sont si complexes qu'ils ne peuvent correspondre à une seule aptitude ; à l'évidence, il en est de même pour les autres facteurs, spatial (Juhel, 1989, a, b,), verbal, numérique. Les facteurs de Thurstone ne représentent donc que des *facteurs de groupe*, comme on les appelle dans une autre méthode d'analyse factorielle développée par Cyril Burt et reprise par Vernon et, plus récemment aux États-Unis, par Arthur Jensen ; cette méthode, l'analyse hiérarchique, est une généralisation de l'analyse de Spearman ; elle permet d'extraire un facteur G, puis des facteurs de groupe (approximativement, les aptitudes primaires de Thurstone), et enfin des facteurs spécifiques.

De quelle nature est le facteur G dans une analyse de type hiérarchique ? Une théorie intéressante est celle de Jensen qui montre que le facteur G issu d'un très grand nombre de tests, correspond à un facteur de raisonnement abstrait. L'analyse porte sur les tests utilisés dans le recrutement de 4 925 recrues de la marine américaine, la Navy. Une comparaison est faite sur une recherche similaire de Moursy (citée et réanalysée par Maxwell, 1972) sur 166 élèves anglais de 10-11 ans. Le facteur G extrait par l'analyse sature de manière très différente les tests selon leur nature, et Jensen comme Maxwell reprennent la théorie de Cyril Burt d'une hiérarchie de l'intelligence selon quatre niveaux (relationnel, associatif, perceptif et sensori-moteur) dont quelques tests représentatifs sont indiqués ici (tab. 4). Le premier niveau d'épreuves est très fortement saturé en G, par exemple les mathématiques et l'électronique, ou les syllogismes chez les enfants. Ces corrélations très importantes permettent d'interpréter ici le facteur G comme un facteur de raisonnement abstrait ou relationnel. Le second niveau, appelé associatif par Jensen, présente une corrélation d'environ .30 à .50, dont les épreuves de mémoire sont très représentatives. Le troisième niveau, perceptif, correspond à des épreuves perceptives corrélées aux environs de .30. Enfin le quatrième niveau, sensori-moteur, est bien représenté par des épreuves dont la corrélation est très faiblement saturée en G relationnel ; c'est le temps de réaction, la vitesse d'écriture, etc.

On comprend en fonction de ces résultats la raison de l'échec du premier test historique de Cattell. Car, en prenant des épreuves des laboratoires de psychologie expérimentale du XIXe (seuils perceptifs, temps de réaction), J. Mc K. Cattell ne mesurait en fait que le niveau sensori-moteur et non les niveaux les plus élevés de l'intelligence.

TABLEAU 4 : Hiérarchie des niveaux d'intelligence en fonction de la saturation en G dans des tests variés (adapté d'après Jensen, 1980, et Moursy-Maxwell, 1972).

Niveau d'intelligence	Tests Navy	Tests d'élèves
Relationnel	mathématiques .71	sylogismes .79
	électronique .79	séries numériques .79
Associatif	mémoire chiffres .46	association .62
	code radio .51	mémoire formes .51
Perceptif	mémoire sonar .36	perception parties .35
	secrétariat .31	classement formes .31
Sensori-moteur	rapidité manuelle .06	vitesse écriture .25
		temps de réaction .22

La théorie hiérarchique est fort intéressante, car elle permet de faire le pont entre les conceptions factorielles de l'intelligence et la conception en stade de Piaget ; le niveau sensori-moteur est identique, le niveau associatif correspond au stade pré-opératoire et le niveau relationnel correspond au stade opératoire.

5 HÉRÉDITÉ ET MILIEU

Le problème de savoir si les différences individuelles en général, mais surtout à propos de l'intelligence, sont déterminées par l'hérédité ou le milieu a donné lieu à de nombreuses polémiques, alimentées par des préjugés idéologiques.

Les deux positions extrêmes, héréditaristes ou environmentalistes, sont défendues avec plus ou moins de nuances par différents auteurs, mais il est important de noter que, dans les deux cas, une position extrême est intenable car les arguments forts en faveur d'une des thèses sont inévitablement contre l'autre. De plus, les recherches dans ce domaine amènent à considérer d'autres éléments du problème comme primordiaux :

- *l'interaction hérédité/milieu* : certains caractères héréditaires n'apparaissent que dans des conditions de milieu favorable (épigénèse, période critique) ; un milieu très favorable peut compenser un caractère défavorable ;
- *la distribution inégale des aptitudes* : l'idée que les aptitudes sont distribuées comme une courbe de Gauss (distribution en forme de cloche) n'est pas partagée par tous ; néanmoins, il est très vraisemblable que, comme dans cette distribution, les aptitudes moyennes sont beaucoup plus répandues que les aptitudes très fortes ou très faibles, le génie ou le handicap mental. Par exemple, dans les modèles statistiques de génétique (Roubertoux et Carlier, 1976), l'intelligence est déterminée par plusieurs gènes (modèles multigénétiques), de sorte que la distribution des phénotypes (expression des caractères héréditaires) se fait selon une *courbe binomiale* qui elle-même tend vers une *courbe gaussienne* (reportez-vous à votre manuel de statistiques). Dans ce cas, les données du problème hérédité ou milieu changent, car l'hérédité donnant bien plus de cas moyens, il devient évident que ce sont les différences de milieu, en particulier d'éducation, qui sont décisives pour la majorité d'une population. Ainsi, dans la *distribution normale* (prise comme standard dans beaucoup de tests), 68 % des individus sont compris entre 1 écart-type de part et d'autre de la moyenne : par exemple ont un QI compris entre 85 et 115 dans les tests de Weschler (dont l'écart-type est de 15 par convention).

La seule position réaliste est l'*interactionnisme*, l'hérédité et le milieu jouant en interaction un rôle considérable. À quelques

variations chromosomiques près, nous serions chimpanzé ou pithécanthrope, mais sans éducation, nous serions des hommes préhistoriques. Étudions donc l'effet de ces deux grands groupes de facteurs puis leur interaction.

5.1. Le déterminisme génétique

5.1.1. *Les anomalies génétiques*

Certaines anomalies génétiques provoquent des déficiences mentales :

- *le syndrome de Down* (Parsons, 1970) ou mongolisme est associé à un nombre anormal de chromosomes, 47 au lieu de 46 : la paire n° 21 présente cette fois 3 chromosomes, on parle dans ce cas de trisomie 21 ;
- *l'oligophrénie phénylpyruvique* (ou phénylcétonurie) : dans quelques cas, un seul gène peut être responsable d'une déficience mentale. C'est le cas pour un gène récessif qui altère la production d'une enzyme transformant la phénylalanine en tyrosine (acides aminés). Or la tyrosine est le précurseur de deux neurotransmetteurs essentiels du cerveau, la dopamine et la noradrénaline.

5.1.2. *La sélection animale*

La sélection en élevage et dans l'agriculture est utilisée depuis des siècles et fait actuellement l'objet de procédures scientifiquement contrôlées ; on sait ainsi que de nombreux facteurs sont sous la dépendance de facteurs génétiques, allant de la résistance des céréales au froid à la production laitière.

Les premières expériences de sélection animale sur des caractéristiques comportementales ont été faites par Tryon de 1927 à 1940 (Roubertoux et Carlier, 1976) sur la base d'un apprentissage d'un labyrinthe à 17 branches par des rats. Chaque animal est soumis à 19 essais et on mesure sa performance par le total d'erreurs (entrées dans les impasses) ; les rats qui commettent le moins d'erreurs sont appelés « brillants » (« *brights* »), et ceux qui commettent le plus d'erreurs sont les « cancre » (« *dulls* »).

Les rats brillants de cette population des parents sont croisés entre eux pour la reproduction, tandis que les rats cancrés sont également croisés entre eux. Les rats issus de ces croisements forment la première génération, G1 ; après apprentissage des rats G1, on opère une nouvelle sélection en croisant les nouveaux brillants entre eux et les nouveaux cancrés entre eux, et ainsi de suite jusqu'à la 18^e génération (pendant 11 ans). Une différenciation s'opère par la sélection, aboutissant à la génération n° 7 à une nette séparation de deux variétés génétiques.

Certains laboratoires d'élevage continuent d'ailleurs cette sélection, parmi d'autres, et les chercheurs peuvent acheter des souches de rats brillants ou cancrés.

Chez l'homme, on vient tout récemment de découvrir les gènes agissant dans la vision des couleurs, puisqu'il s'agit des trois gènes déterminant la fabrication des trois pigments de la vision des couleurs (Nathans, 1989). Le gène du pigment bleu serait sur le chromosome n° 7, tandis que les gènes du vert et du rouge seraient sur le chromosome sexuel X (l'autre étant Y). Ces deux gènes seraient en position terminale du chromosome X, le gène rouge en avant dernier et le gène vert en dernier. Au cours de la duplication des chromosomes dans la division cellulaire, il peut se produire des anomalies de duplication du fait de ces positions terminales. En particulier, un chromosome peut perdre le gène vert, ou même les gènes vert et rouge, ce qui donne le daltonisme, cécité au rouge et au vert. On voit donc sur cet exemple, bien qu'il ne concerne pas l'intelligence, comment des gènes peuvent être à l'origine d'un fonctionnement cognitif.

5.1.3. Degré de parenté et intelligence : le cas des jumeaux

Beaucoup de travaux ont été faits sur les corrélations intra-paires de personnes de degré de parenté génétique croissant, allant de la corrélation entre deux personnes sans lien de parenté aux vrais jumeaux, qui ont les mêmes chromosomes. De nombreuses recherches similaires ayant été faites, certains auteurs sélectionnent, dans des revues de synthèse, les recherches les plus fiables sur certains critères, par exemple lorsque le niveau intellectuel est mesuré par un test (et non sur

une estimation subjective) et quand les jumeaux sont identifiés par des critères biologiques. La revue la plus complète a été faite par Thomas Bouchard et Matthew Mc Gue (1981) de l'université du Minnesota à Minneapolis ; cette synthèse porte sur 111 études ; dans cette revue, par exemple, 34 études ont été sélectionnées sur les vrais jumeaux élevés ensemble, ce qui fait un total de 4 672 paires de jumeaux étudiées. L'ensemble des travaux porte sur des groupes différents du point de vue ethnique, socio-économique, de l'âge, etc., et les études sont faites dans des pays différents. Le diagnostic établissant que les jumeaux sont monozygotes (ou jumeaux vrais) est fait sur la base de tests biologiques (mêmes antigènes dans les groupes sanguins), de façon à être certain que les jumeaux viennent d'un même œuf (ou zygote, en biologie) ; ils ont par conséquent le même patrimoine génétique, contrairement aux jumeaux dizygotes (ou faux jumeaux), biologiquement issus de deux œufs différents, et ne présentant donc pas plus de ressemblance génétique qu'entre frères et sœurs ; les faux jumeaux ne sont que des frères et sœurs nés au même moment.

TABLEAU 5 : Corrélation entre le degré de parenté et le niveau intellectuel (la mesure indiquée est la moyenne de toutes les corrélations) (d'après Bouchard et Mc Gue en 1981).

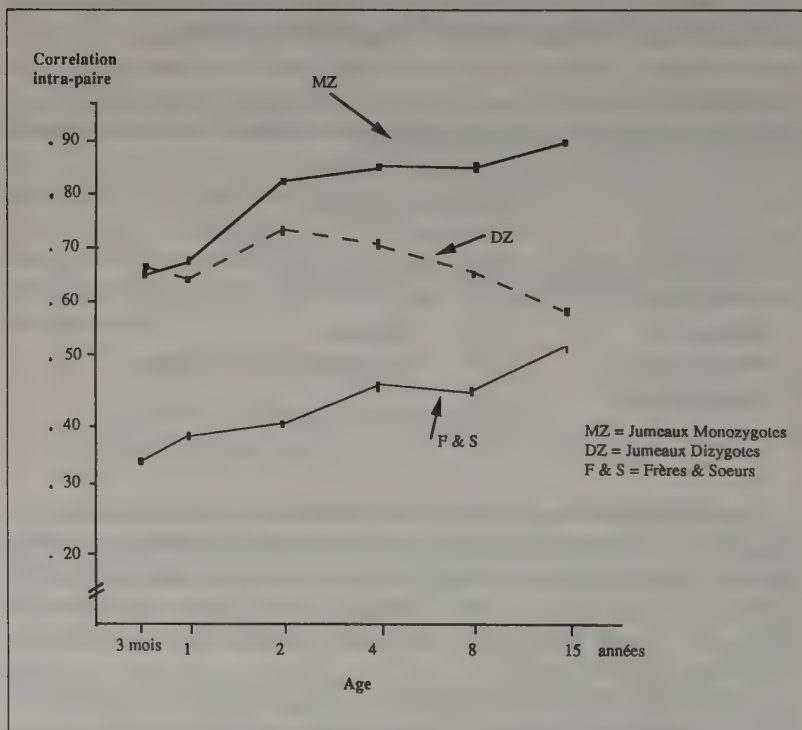
Degré de parenté			
Jumeaux MZ		Parents adoptifs/ enfant adopté	
■ élevés ensemble	.86		.24
■ séparés	.72		
Jumeaux DZ	.60	Cousins	.15
Frères et sœurs	.47	Homogamie (entre conjoints)	.33
Parents/enfants	.50		

On constate (tab. 5) que la corrélation moyenne se situe de .00 pour des personnes sans relation et élevées dans des milieux familiaux différents à .85 pour les jumeaux monozygotes élevés ensemble : les frères et sœurs, ou les parents/enfants, ou les jumeaux dizygotes, présentent des corrélations moyennes d'environ .50.

Parmi de nombreuses recherches sur les jumeaux, celles de l'École de médecine de l'université de Louisville sont remar-

quables. Commencé par Falkner en 1957, un programme systématique d'étude des jumeaux de la région comprend des visites et des tests à des périodes régulières depuis la naissance. Ce programme, continué par Vandenberg, est actuellement dirigé par Ronald Wilson (1983) et porte sur 494 paires de jumeaux âgés de 3 mois à 15 ans, avec l'addition d'une trentaine de nouvelles paires de jumeaux chaque année. Les jumeaux sont testés tous les trois mois la première année, tous les six mois jusqu'à la troisième année et annuellement jusqu'à 9 ans ; un examen final est fait à l'âge de 15 ans. Les jumeaux sont identifiés comme MZ et DZ sur la base de 22 antigènes du sang, sauf bien entendu lorsque les jumeaux sont de sexe différent, ce qui prouve qu'ils sont DZ. Les tests sont ceux qui offrent les meilleures garanties notamment pour la standardisation : Stanford-Binet, Wechsler (WPPSI et WISC), etc.

18. Évolution des corrélations en fonction de l'âge et du degré de parenté (d'après Wilson, 1983).



Les résultats sont spectaculaires pour les MZ, puisque les corrélations ne cessent d'augmenter de .66 à l'âge de 3 mois jusqu'à .88 à 15 ans (fig. 18). Les corrélations sont si élevées que Wilson remarque que le score d'un jumeau est un aussi bon prédicteur du score de son co-jumeau que de son propre score au test suivant (.80 entre 9 ans et 15 ans). Les jumeaux DZ offrent un tableau nettement différent, puisque les corrélations sont aussi fortes à 3 mois, de .67, mais déclinent après 3 ans pour atteindre la corrélation d'environ .50 des frères et sœurs. Il semble donc que le milieu, utérin et à la naissance, accentue les ressemblances au cours des premiers mois, puisque les jumeaux DZ se ressemblent entre eux autant que les MZ, ce qui n'est pas le cas de frères et sœurs (*siblings*) des jumeaux, qui ont pourtant le même degré de parenté génétique que les DZ. Mais le développement des jumeaux suit des voies différentes, les MZ se ressemblant entre eux de plus en plus, tandis que les corrélations entre DZ convergent vers les corrélations entre frères et sœurs. Les généticiens y voient l'effet d'une pression génétique, les gènes exerçant leur rôle de commande dans la fabrication des molécules qui entreront dans la fabrication des constituants élémentaires du cerveau (protéines, neurotransmetteurs...). Les jumeaux MZ sont sur le plan génétique des clones, c'est-à-dire que leurs chromosomes sont des duplicata ; dès lors, il n'est pas étrange de constater que leur ressemblance ne fait que s'accroître : trouver le contraire serait une incompréhensible exception aux lois biologiques de la reproduction et de la croissance.

Les jumeaux séparés : retrouver des jumeaux MZ qui ont été élevés séparément fournirait des résultats décisifs pour la comparaison des facteurs génétiques et de milieu. Malheureusement, cette méthode est difficile et a en outre été marquée par un scandale retentissant autour du célèbre Cyrill Burt. Dans des publications consécutives, Burt complète le nombre de paires de jumeaux séparés, 21 paires, puis 30, puis 53, mais à chaque fois la corrélation intra-paire s'avère curieusement inchangée : .771 (Burt, 1958 ; 1966). L'Américain Léon Kamin (1984) a attiré l'attention sur ces résultats qui, depuis, sont retirés des synthèses sur les jumeaux. Cependant, même pour des résultats dignes de foi (plusieurs enquêtes ont été réalisées ; Shields, 1962 ; Newman, Freeman et Holzinger, 1973 ; Juel-Nielsen, 1963 ; cf. Kamin) le concept de « séparation » en terme de

milieu est à envisager avec précaution, car les jumeaux sont parfois élevés par des branches collatérales de la même famille et, de toute façon, sont baignés dans la même culture : école, télévision, mode... Dans des conditions idéalement équilibrées (plan factoriel ; cf. Cooper et Zubeck en conclusion), il faudrait faire varier les conditions d'éducation de façon aussi extrême, par exemple en imaginant qu'un des jumeaux soit élevé dans une société moderne et l'autre dans des conditions sauvages (infra même chapitre, les enfants sauvages), comme si par exemple Tarzan et Mowgli avaient chacun un frère jumeau, c'est ce que j'appellerais le modèle de «Tarzan et son frère jumeau». La ressemblance entre jumeaux serait cette fois très faible : un Tarzan non hollywoodien ne saurait pas parler...

5.1.4. Les adoptions

La ressemblance entre les enfants et les parents est théoriquement déterminée à la fois par l'environnement familial commun et par le patrimoine génétique commun, alors qu'un enfant adopté ne partage que l'environnement familial ; l'adoption constitue donc une autre opportunité de séparer les influences du milieu et celle de l'hérédité.

Les pionniers dans ce domaine, Barbara Burks (1928) et Alice Leahy (1935), comparaient la corrélation entre parents adoptifs/enfants adoptés et la corrélation parents/enfants naturels dans d'autres familles.

D'autres recherches sont basées sur la mesure de caractéristiques intellectuelles des vraies mères (biologiques) des enfants adoptés. Lorsque l'enquête est longitudinale, c'est-à-dire qu'elle suit les mêmes enfants, une recherche patiente est souvent nécessaire ; Marie Skodak et Harold Skeels de la station de recherche sur la protection de l'enfant en Iowa déclarent avoir fait 18 000 km au cours de 10 semaines de recherche des enfants (1949). Cette étude approfondie et les grandes enquêtes récentes convergent vers le même type de résultat (tab. 6). Le «Projet d'adoption du Texas» dirigé par Joseph Horn (1983) porte sur un ensemble de 300 familles adoptives et concerne des mères célibataires ne pouvant prendre en charge leur enfant.

TABLEAU 6 : Corrélation entre la mère et son enfant en fonction des relations génétiques et/ou environnementales

	<i>Recherche</i>		
	Texas	Minnesota	Iowa
mère x enfant biologique (hérédité)	.28 n = 297	.33* n = 135	.44 n = 63
mère x enfant adopté (environnement)	.15 n = 401	.21 n = 174	.02* n = 100
mère x enfant naturel (hérédité + environnement)	.21 n = 143	.34 n = 141	.35** n = 168

* niveau éducatif de la mère et non QI
 ** résultats de M. Honzik sur des enfants différents
 n = nombre étudié

L'enquête du Minnesota dirigée par Sandra Scarr et Richard Weinberg (1976, 1981, 1983) utilise comme méthode originale l'étude des familles qui adoptent des enfants en plus de leurs enfants naturels ; la différence de corrélation entre l'enfant biologique et l'enfant adopté, avec le même parent, ne reflète en principe que les influences liées au patrimoine génétique commun. Cette dernière recherche a en outre l'intérêt de porter sur des adoptions transraciales, en accord avec une politique de mixité raciale de l'État du Minnesota.

Au total, les corrélations indiquent un effet génétique sur les potentialités intellectuelles (tab. 6) : les corrélations sont plus élevées entre mère et enfant lorsqu'ils sont liés biologiquement (mère biologique, c'est-à-dire lorsque mère et enfant sont séparés ou mère naturelle, c'est-à-dire lorsque la mère élève son propre enfant).

Les recherches sur les adoptions indiquent aussi un effet du milieu : Horn montre une augmentation des scores absolus des enfants adoptés par des parents au score plus élevé (dans les tests). En somme, les corrélations reflètent le classement des potentialités génétiques, tandis que les scores absolus reflètent l'effet moyen d'un meilleur milieu quelles que soient les potentialités. De même chez Scarr et Weinberg, les enfants noirs adoptés dans les familles blanches ont un QI moyen de 110, c'est-à-dire 20 points de plus que la moyenne des enfants noirs élevés dans la communauté noire, ce qui montre que le niveau

de réussite dans les tests, plus faible chez les noirs, serait lié à l'éducation et non à des différences génétiques tenant à la race, comme certains l'ont supposé (Jensen, 1980).

5.2. Le rôle de l'environnement

L'environnement est en fait très complexe, regroupant des facteurs très différents de nature physiologique et psychologique. Les nombreux facteurs physiologiques (nutrition, vitamines, hygiène, alcoolisme de la mère pendant la grossesse, etc.) sont évidemment déterminants pour le développement intra-utérin et celui de la petite enfance ; en Afrique, par exemple, la malnutrition produit des maladies spécifiques qui ralentissent fortement le développement intellectuel (Tapé, 1987), mais dans les pays au niveau économique élevé il existe encore de très nombreuses familles qui souffrent de malnutrition. Sachant, par exemple, que des acides aminés (provenant des protéines) sont les précurseurs de neurotransmetteurs (la tyrosine est le précurseur de la dopamine et de la noradrénaline, et le tryptophane est le précurseur de la sérotonine, etc.), on devine que les enfants n'ayant pas leur ration protéique ne peuvent avoir un développement intellectuel normal...

L'environnement regroupe également des facteurs psychologiques concernant les stimulations sensori-motrices, linguistiques, affectives, sociales, de la petite enfance, ainsi que le rôle des attitudes parentales (Lautrey, 1978 ; Esperet, 1979), du niveau socio-économique, des cultures sociales et ethniques (Tapé, 1987), du milieu cognitif et culturel : télévision (Singer et Singer, 1981), musique, littérature, etc. Le rôle du milieu est certainement très puissant si l'on s'appuie sur des cas extrêmes, ce qui est légitime sachant que des cas extrêmes sont également pris en considération pour évaluer le déterminisme génétique (mongolisme, jumeaux vrais).

5.2.1. *L'évolution historique des connaissances*

Adam et Ève étaient-ils intelligents ? À la boutade de Binet «l'intelligence c'est ce que mesure mon test», la réponse serait «non». Les premiers Homo Sapiens, il y a quelque 50 000 ans,

avaient la même capacité crânienne que la nôtre (Washburn, 1960 ; Holloway, 1974) ; les performances intellectuelles de l'individu actuel ne sont dues qu'à l'environnement (langage, lecture, mathématiques, etc.) et sont le produit de longs apprentissages au cours des millénaires, transmis par l'éducation familiale, scolaire, sociale...

5.2.2. *Les enfants sauvages*

Plusieurs cas historiques d'enfants très isolés du milieu social indiquent le rôle crucial de l'environnement, notamment au cours de la petite enfance. Le cas le plus célèbre parmi les cas dignes de foi (il y a eu des enfants-léopard, babouin, singe, panthère, gazelle [Malson, 1964], mais aussi des légendes ou des pièges à touristes) est celui des enfants-loups, Amala et Kamala, qui ont inspiré Mowgli à Kipling. Le 9 octobre 1920, le révérend Singh apprend dans un village des Indes, l'existence d'«hommes fantastiques». Sur les lieux, il voit sortir d'un repaire, trois loups adultes, deux louveteaux et deux «monstres» marchant à quatre pattes, avec une longue crinière emmêlée et se comportant comme des loups. Plus tard, les deux «monstres» sont pris et emmenés à l'orphelinat de Midnapore, ce sont deux petites filles. La plus jeune sera appelée Amala, on estime son âge (en 1920) à 1 an 1/2, tandis que la plus âgée, qu'on appellera Kamala, a un âge estimé de 8 ans 1/2. Amala et Kamala se déplacent à quatre pattes comme les loups, courant sur les coudes et les genoux, et ont d'épaisses callosités sur la paume des mains, les coudes, la plante des pieds et les genoux. Elles laissent pendre leur langue et halètent, ouvrant parfois démesurément leurs mâchoires ; les liquides sont lapés ; elles préfèrent les aliments carnés, déterrent les charognes et poursuivent les volailles. Elles ont peur du jour (photophobie) et préfèrent la nuit (nyctalopie), se tapissant tout le jour à l'ombre et s'agitant la nuit, gémissant et hurlant... La petite Amala est morte de néphrite en 1921 et Kamala n'a vécu que jusqu'à l'âge de 17 ans environ. Pendant les huit années passées à l'orphelinat, Kamala a appris progressivement de nouveaux comportements. Après 10 mois elle tend la main pour demander un aliment, après 16 mois, elle se dresse sur les genoux, mais ce n'est qu'après 6 ans (en 1926, elle a environ 14 ans) qu'elle

réussit à marcher ; dès lors elle continuera à marcher. Elle réalise de nombreuses commissions simples, signale les nourrissons qui pleurent, ramasse les œufs dans le poulailler...

Sur le plan du langage, il y a apparition rapide de deux mots : «ma» pour maman et «bhoo» pour faim et soif. Après 3 ans, elle prononce «hoo» pour dire «oui», «bha» pour dire «riz» et «am jab» pour dire «je veux». Après 6 ans, elle reconnaît ses objets personnels «assiette», «verre», elle connaît trois dizaines de mots, comprend bien les instructions verbales et est capable de quelques conversations. Elle avait un vocabulaire de 50 mots à l'époque précédant sa mort en novembre 1929.

5.2.3. *Milieu et stimulations précoces*

L'expérimentation animale confirme l'importance cruciale du milieu et permet de contrôler différentes variables ; de même l'étude des déficits sensoriels chez l'homme permet indirectement d'évaluer l'importance de certaines stimulations pour le développement cognitif.

■ *Enrichissement sensori-moteur et période critique*

Spitz (1949 ; 1968) avait décrit sous le terme d'hospitalisme le fait que les enfants confinés en hôpital présentaient une apathie générale et un retard dans le développement qui pouvaient être attribués à un manque affectif mais aussi à un manque de stimulations sensorielles, les murs, les draps, etc., des hôpitaux étant généralement, à cette époque, de couleur blanche. L'expérimentation animale a permis d'analyser ces phénomènes et en particulier de mettre en évidence que les stimulations ont un rôle décisif dans le développement à l'intérieur de certaines périodes, c'est la notion de *période critique*. Chez le chat, dont le système perceptif est physiologiquement voisin du nôtre, la privation sensorielle totale mais temporaire (paupières cousues) entraîne des dégénérescences nerveuses irréversibles, les chats restant aveugles. La privation peut être spécifique (Blakemore et Cooper ; cit. Blakemore, 1978), et les cellules du cortex ne réagissent pas (enregistrement par micro-électrodes) pour des lignes horizontales si les chatons ont été élevés dans un univers de verticales (supra chapitre 2 «Traits»).

La période critique se situe pour la vision entre la 3^e semaine et le 3^e mois. Des recherches biochimiques ont permis de découvrir qu'une grosse protéine serait en cause, les chercheurs l'ont appelé «MAP» (carte) : synthétisée dans la rétine par l'effet des stimulations photoniques, MAP voyage au sein des axones des voies optiques pour délivrer des messages de construction nerveuse.

■ *Milieu appauvri et milieu enrichi*

Des recherches sur la biologie du cerveau démontrent que des changements profonds se déroulent en fonction des stimulations précoces, comme par exemple les travaux de Rosenzweig (1976) sur l'environnement enrichi et l'environnement appauvri. Mark Rosenzweig de l'université de Californie raconte l'origine de cette découverte : dans les années 50, les chercheurs de son laboratoire (notamment David Kretch) tentaient d'établir une corrélation entre les différences individuelles des rats dans les résolutions de problèmes et une enzyme du cerveau, l'acétylcholinestérase, enzyme régulateur qui détruit l'excédent d'acétylcholine (un neurotransmetteur très important). Or les mesures ont indiqué que l'activité de l'enzyme était plus importante dans le cerveau, surtout dans le cortex et le cortex occipital, pour les rats qui avaient servi dans les expériences de résolution de problèmes. Cette découverte a conduit Rosenzweig et ses collègues à constituer des environnements différents pour l'élevage des rats. Sachant que l'environnement d'élevage standard est une petite cage avec un biberon d'eau pour trois rats, on constitue un *environnement appauvri* en élevant un rat seul dans ce type de cage, et un *environnement enrichi* par une grande cage contenant 12 rats, des objets différents (échelle, roue...), changés chaque jour, avec de la nourriture et de l'eau fournies en permanence. Les rats qui ont été élevés de 4 à 10 semaines dans cet environnement enrichi ont le cerveau qui présente des différences par rapport à celui des rats élevés en milieu appauvri :

- le cortex cérébral est plus lourd et plus épais ;
- l'activité d'enzymes est plus grande (cholinestérase et acétylcholinestérase) ;
- les cellules gliales (cellules nourricières des neurones) sont plus nombreuses.

Toutes ces recherches attestent de l'extrême importance des stimulations précoces.

■ *Les déficits sensoriels chez l'homme*

Les déficits sensoriels diminuent ou suppriment des stimulations sensorielles et ont généralement pour conséquence un retard important dans le développement intellectuel. Yvette Hatwell a montré que des aveugles de naissance présentaient des retards parfois très importants par rapport aux voyants sur des épreuves piagétienne. Si les retards ne sont que d'un an sur des épreuves de nature verbale, il y a un retard d'environ trois ans sur des épreuves logiques à base de manipulation, et des retards allant jusqu'à 5 ans sur des épreuves de type spatial.

Pierre Oléron et Herren (1961) ont également considéré le retard que la surdité entraîne sur le développement intellectuel, sachant que la surdité empêche le développement naturel du langage (on disait d'ailleurs «sourds-muets») en supprimant les autorégulations entre l'audition et la vocalisation ; le retard est parfois de six années pour des épreuves de conservation, quantité, poids et volume, ainsi que sur des problèmes relationnels avec les symboles «plus», «égal», et «moins», représentés visuellement par une balance. Depuis l'époque de ces recherches, le langage est systématiquement appris dans les écoles pour malentendants grâce à des méthodes appropriées (appareillage acoustique, autorégulations visuelles...), mais les expériences de cette période montrent à quel point le langage est indispensable à l'intelligence, comme outil de représentation.

5.2.4. L'environnement culturel : la famille et l'école

L'environnement culturel est certainement constitué en très grande partie par la famille et l'école, la famille jouant un rôle déterminant pour les stimulations précoces et l'acquisition du langage, l'école étant le lieu privilégié des acquisitions intellectuelles, la lecture, les mathématiques, etc.

Dans les études récentes, les auteurs cherchent à apprécier par des questionnaires détaillés, les questionnaires Home (celui de Wilson et al. porte sur 200 questions), les caractéristiques du milieu familial. En fait on s'aperçoit comme dans l'étude longitudinale de Wilson sur les jumeaux que beaucoup de para-

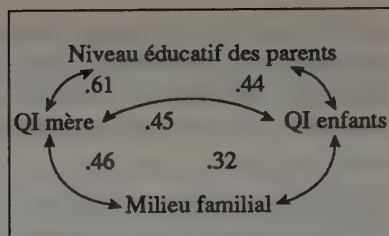
mètres sont corrélés avec le QI de l'enfant, exception faite de certains qui causent quelques surprises, comme le tempérament maternel ou social de la mère qu'on aurait pu croire important ne serait-ce que dans les premiers mois (tab. 7 ; Wilson, 1983).

TABLEAU 7 : Corrélations entre le QI de l'enfant et des paramètres de son milieu familial (d'après Matheny, Thoben et Wilson, cit. Wilson, 1981)

	Âge	
	6 mois	6 ans
Éducation du père	.28	.53
Éducation de la mère	.19	.50
Statut socio-économique	.17	.51
Environnement familial	.23	.55
Capacités de la mère	.24	.52
Tempérament de la mère	.03	-.08
Affectivité de la mère	.10	.25

Avec l'âge, la performance de l'enfant est de plus en plus corrélée avec l'environnement familial. Cependant de nombreux paramètres se trouvent également corrélés avec le QI de l'enfant, de sorte que certains chercheurs se sont demandés si en définitive toutes les corrélations ne pouvaient pas être déterminées par le même paramètre, les autres corrélations n'étant qu'une conséquence. Le milieu familial ou le statut socio-économique ne reflètent-ils pas indirectement le QI des parents (c'est souvent le QI de la mère qui est mesuré) ? Certaines recherches récentes s'attachent précisément à mesurer de nombreuses intercorrélations pour estimer la part de diverses influences. Longstreth et ses collègues (1981) ont ainsi mesuré plusieurs paramètres sur des enfants de 12 ans en moyenne et sur leurs parents (essentiellement la mère) : le test des matrices progressives de Raven et le Peabody test qui est un test de compréhension verbale (il faut désigner une parmi quatre images qui correspond le mieux à un mot), et un questionnaire sur le milieu éducatif. Ce questionnaire contient une soixantaine de questions sur l'environnement intellectuel (les grandes rubriques sont très corrélées entre elles .80) : les aspirations, le langage, les outils éducatifs (livres, bureau, etc.).

TABEAU 8 : Représentation de quelques intercorrélations entre des caractéristiques parentales, le milieu éducatif (Home) et le QI de l'enfant (simplifié d'après Longstreth et al., 1981)



On constate que toutes les corrélations sont fortes. Grâce à des techniques statistiques sophistiquées (corrélations multiples et partielles), on peut estimer l'influence d'un paramètre tout en excluant d'autres variables. Par ce type d'analyse, Longstreth et ses collègues trouvent que le QI de la mère est plus déterminant que l'environnement familial, au sens où cet environnement serait lui-même une conséquence des capacités intellectuelles de la mère (et du père).

Harold Skeels (1966), dont nous avons parlé à propos des adoptions, a démontré l'influence essentielle d'un environnement cognitif et affectif. Il constitua un groupe expérimental d'enfants délaissés et déficients, dont le QI médian était de 65 à 16 mois. Un groupe contrôle de QI moyen (90 à 16 mois : *contrast group* chez Skeels) fut laissé à l'orphelinat pendant que les enfants du groupe expérimental étaient envoyés dans une école spécialisée pour enfants déficients, disposant d'un personnel qualifié. Le niveau intellectuel a très vite progressé dans ces conditions, le QI médian atteignant 93 à l'âge médian de 3 ans ; dans le même temps, les enfants laissés à l'orphelinat baissaient de niveau (jusqu'à 60 à l'âge de 4 ans). L'environnement cognitif et social est donc décisif.

L'environnement modèle-t-il pour la vie les capacités de l'individu ? Pour le savoir Skeels s'est lancé dans une recherche des enfants... 20 ans après. Comme il le dit lui-même, les vertus d'une étude longitudinale sont la flexibilité et la ténacité. Dans un style qui n'est pas loin d'un James Hadley Chase, Skeels raconte sa recherche des enfants exactement comme un «privé» de romans policiers : «Le 20 octobre 1961, je m'arrête à Bradshaw (les noms des personnes et des villes sont changés), 355 habitants, pour essayer de trouver la famille Ted Mitchell. Leur fille Ruth est une des 13 enfants du groupe expérimental et le dernier contact date de 1941...» Il se rend à la poste ;

l'employée ne connaît pas l'adresse mais pense que le dentiste se rappellerait peut-être de cette famille. Le dentiste le renvoie à des fermiers voisins des Mitchell ; l'un des fermiers du voisinage lui déclare que les Mitchell ont divorcé mais que Ruth serait restée en contact avec une Mrs Marshall. La fille de celle-ci était une amie d'une des sœurs de Ruth qui s'est mariée à un certain Ralph Strand résidant à Des Moines. Il est localisé par l'annuaire et dès lors la recherche est plus facile...

TABEAU 9 : Comparaison 20 ans plus tard du devenir des enfants laissés à l'orphelinat (groupe contrasté) ou élevés en école spécialisée (groupe expérimental) (les valeurs reportées sont des médianes) (d'après Skeels, 1966)

	20 ans après			
	années scolarité	index profession	revenus annuels	situation familiale
groupe expérimental	12	63	4200 \$ (2)	11/13 mariés
Groupe contrasté	2,75	18 (1)	1200 \$	2/11 mariés

1. trois sont laveurs de vaisselle

2. ce qui correspond à la moyenne des revenus en Iowa

Les résultats (tab. 9) montrent sans ambiguïté que les conséquences d'une éducation déficiente sont catastrophiques et de surcroît définitives. Les jeunes enfants qui étaient laissés en orphelinat, alors qu'ils avaient au départ un niveau intellectuel normal, sont devenus plus tard des inadaptés sociaux avec un niveau éducatif très bas, une profession non qualifiante (trois d'entre eux sont simplement plongeurs), non mariés et avec des salaires misérables ; un seul est parvenu à avoir une bonne situation (imprimeur). Les conditions d'éducation déterminent de façon définitive le statut intellectuel et social de l'individu.

L'environnement est certainement sous-estimé la plupart du temps, dans la mesure où les recherches se font fréquemment dans des pays où l'éducation est largement répandue. Les recherches faites dans des pays où la scolarité n'est pas toujours assurée sont donc précieuses.

Ainsi, Greenfield en Afrique a comparé la réussite à des épreuves de conservation des liquides par des enfants de brousse scolarisés ou non. L'absence de scolarisation détermine un retard très important : 100 % des enfants scolarisés de 11-13 ans réussissent les épreuves, contre seulement 40 à 50 % des enfants du même âge mais non scolarisés.

5.3. L'interaction hérédité-milieu

L'interaction est une notion méthodologique et statistique qui exprime le fait qu'un facteur ne joue pas le même rôle lorsqu'un autre facteur intervient ; les facteurs n'ajoutent pas leurs effets, ils se modifient réciproquement. Cette notion est très importante dans le problème de l'hérédité et du milieu, et rend fausse l'idée d'un pourcentage d'intelligence qui serait imputable à l'hérédité. La démarche expérimentale adéquate est de chercher à déterminer le rôle du milieu, à hérédité constante, et le rôle de l'hérédité, pour un environnement donné, et enfin de rechercher les interactions milieu-hérédité. En fait, les deux facteurs sont difficiles à manipuler ensemble, et seule l'expérimentation animale permet le contrôle des interactions, comme ont pu le réaliser Cooper et Zubeck en élevant des souches de rats brillants et cancrs de Tryon dans les environnements, appauvri, standard ou enrichi de Rosenzweig.

TABLEAU 10 : Nombre d'erreurs dans un labyrinthe chez des rats sélectionnés et élevés dans différents milieux (d'après Cooper et Zubeck, 1958)

	Milieu		
	appauvri	normal	enrichi
«Brillants»	169	117	111
«Cancres»	169	164	119

La performance est mesurée par le score d'erreurs dans un labyrinthe (meilleurs résultats = moins d'erreurs) et on constate que le génotype, ou patrimoine génétique, ne s'exprime que dans un milieu moyen, les conditions d'élevage standard. Lorsque le milieu est appauvri, les rats brillants font énormément d'erreurs tout comme les cancrs, tandis qu'à l'inverse, lorsque le milieu d'élevage est enrichi, les cancrs «rat-trapent» les brillants. Plus spectaculairement on observe que

les cancrs élevés en milieu enrichi réussissent mieux que les rats brillants élevés en milieu appauvri ; c'est un renversement de l'effet génétique par l'effet du milieu.

Toute proportion gardée, nous retrouvons la démonstration expérimentale du renversement de l'effet génétique causé par des modifications extrêmes du milieu, entre les 50 mots de la petite Kamala et les 120 mots du chimpanzé Washoe.

En conclusion, on peut dire que l'hérédité joue un rôle considérable, nous ne sommes pas de purs esprits ; que le milieu joue un rôle considérable, nous ne sommes plus à l'âge de pierre ; que les interactions sont à ce point importantes qu'un génotype très défavorable peut annuler des effets très favorables de milieu (trisomie 21, phénylcétonurie), et qu'à l'inverse un milieu très défavorable (enfants sauvages) peut annuler les potentialités génétiques les plus puissantes du règne animal.

Sachant enfin qu'un modèle polygénétique aboutit à une distribution binomiale ou normale, l'hérédité ne provoque de grosses différences individuelles que pour une petite proportion de la population, c'est donc plutôt le milieu qui va le plus probablement exercer son influence sur la majorité des individus.

LECTURES CONSEILLÉES

Piaget, J., & Inhelder, B. — *La psychologie de l'enfant*, Paris, PUF, 1966.

Reuchlin, M. — *Culture et conduites*, ouvrage collectif sous la direction de Reuchlin, Paris, PUF, 1978.

Roubertoux, P. & Carlier, M. — *Génétique et comportements*, Paris, Masson, 1976.

Chapitre 7

MOTIVATION, ÉMOTION ET PERSONNALITÉ

I LES MOTIVATIONS

Il ne peut y avoir comportement, même si des connaissances ont été enregistrées, sans déclenchement et orientation vers un but. Beaucoup de termes sont employés pour parler de cet aspect énergétique des conduites, besoin, intention, volonté, sentiment, tendance, etc. Ces termes hérités de la philosophie ou de la littérature ont des sens voisins ou différents selon les auteurs ou les époques, aussi préfère-t-on actuellement le terme général de motivation pour désigner l'ensemble des mécanismes qui déterminent :

- le déclenchement d'un comportement
- l'orientation du comportement, attirance vers un but ou au contraire rejet ou fuite
- l'intensité de la mobilisation énergétique, émotion, attention...

1.1. La motivation : instinct ou apprentissage

Historiquement, l'idée la plus simple pour expliquer la motivation à faire quelque chose est de dire qu'il s'agit d'un instinct, c'est-à-dire d'un déclenchement inné. Mais cette idée devient vite caricaturale, car on ne peut pas imaginer qu'il existe autant d'instincts que de besoins ; il n'y a pas d'instinct dans le besoin

de regarder la télévision ou d'acheter une voiture. Beaucoup de nos besoins résultent d'apprentissages, comme les behavioristes ont été les premiers à le souligner. Les éthologues ont montré par ailleurs, grâce à leurs fines observations, qu'il était difficile de dissocier instinct et apprentissage et que bien souvent un comportement possède des composantes innées et des composantes acquises.

1.1.1. Les mécanismes innés de déclenchement

Chez des espèces primitives, la programmation innée l'emporte sur les capacités d'adaptation, cette fois il s'agit vraiment d'instinct. Par exemple la guêpe solitaire lors de la ponte met un œuf dans le nid qu'elle a construit ; si l'on fait un trou au fond du nid, l'œuf tombe et la guêpe le ramasse et le remet indéfiniment jusqu'à épuisement ; il y a donc programmation sans possibilité d'adaptation.

■ *Les déclencheurs innés*

Niko Tinbergen, qui a reçu le prix Nobel pour ses travaux, a particulièrement observé des chaînes de comportement chez le goéland argenté (la mouette) et l'épinoche, petit poisson de nos mares. Par exemple, le bébé goéland tape sur une tache rouge située sur le bec de la mère et ce tapotement déclenche une régurgitation chez celle-ci ; ces comportements sont innés, car le bébé goéland tape sur la tache rouge d'un bâton et, de son côté, la mère régurgite lorsque l'expérimentateur tape sur le bec. Ce sont des *mécanismes innés de déclenchement* (IRM : *innate releasing mechanism*, Tinbergen, 1966). Les stimulus pièges sont appelés les leurres et sont très utilisés : les «mouches» à la pêche, les «appeaux» à la chasse (petits sifflets qui imitent le chant ou le cri des oiseaux). Existe-t-il chez l'homme des stimulus déclencheurs et des leurres qui les imitent ? Probablement, et le maquillage en est sans doute un bon exemple, puisque chez les animaux on observe que les leurres exagérés, plus gros ou plus colorés, sont plus attractifs.

■ *Les phéromones*

Une gamme particulière de ces stimulus déclenchants ou attractifs est constituée par des molécules odorantes, les phéro-

mones ; certaines phéromones sont attractives, par exemple dans les comportements alimentaires ou sexuels, et l'existence d'une industrie du parfum nous laisse supposer qu'il existe des phéromones sexuelles chez l'homme ; une molécule appelée «*androstenol*» provoquerait selon certaines expériences une excitation sexuelle, mais d'autres expériences trouvent des résultats négatifs (Benton et Wastell, 1986). Il faut se rappeler à ce sujet (supra chapitre 2) que les humains n'ont pas un odorat développé. Chez les rongeurs (la souris), il existe même des phéromones de peur sécrétées par des glandes situées dans la plante des pieds, comme l'a montré Philippe Ropartz (1977) de l'université de Strasbourg.

1.1.2. Les composantes innées et acquises : l'exemple des migrations d'oiseaux

Les migrations des oiseaux (Dorst, 1956) fournissent un excellent exemple de la complexité de ce qu'on appelle trop superficiellement un instinct, dans ce cas l'instinct de migration. Tout d'abord, tous les oiseaux ne migrent pas, certains hivernent sur place comme les merles, les mésanges, d'autres font simplement une dispersion hivernale, se répartissant pour les oiseaux du nord de l'Europe vers le sud-ouest, mais sur un large front géographique. Lorsqu'il y a migration, celle-ci n'obéit pas à un déterminisme simple. Les oiseaux septentrionaux (Scandinavie) migrent plus que des espèces voisines vivant à des latitudes plus basses donc moins froides. Par ailleurs, le «style» des migrations est très variable : les cigognes paraissent suivre des lignes de relief ou des côtes, ne survolant que les étendues d'eau les plus courtes, tandis qu'à l'inverse les grands voiliers, comme la sterne arctique, le puffin australien, se laissent porter à la façon des planeurs sur des milliers de kilomètres par les grands courants aériens.

L'une des migrations les plus étonnantes est celle du pluvier doré ; se reproduisant au nord du Canada en été, les pluviers s'envolent en automne pour un très long voyage vers leur aire d'hivernage en Amérique du Sud et traversent environ 3 800 kilomètres d'océan ; au printemps, le retour se fait par une autre route passant à l'intérieur du continent. Il est difficile de penser que ce comportement complexe est inné, et l'hypothèse

la plus séduisante (Dorst, 1966) est d'imaginer que cette migration actuelle est une complication d'un trajet plus ancien appris de génération en génération au cours des glaciations. Les oiseaux sont descendus de plus en plus bas, «poussés» par le refroidissement de leurs aires d'hivernage en fonction des glaciations du quaternaire (qui débutent il y a un million d'années).

Les mécanismes de la navigation sont eux-mêmes différents ; les jeunes suivent les oiseaux les plus âgés (comme les oies et les canards sauvages qui volent selon un V pour suivre un «chef») et apprennent ainsi différents repères géographiques (le Mississippi par exemple), ou des repères astronomiques comme les étoiles. Stephen Emlen (1972) a montré par des expériences en planétarium avec un autre grand migrateur, le bruant indigo, que les jeunes se guident par rapport à l'axe de rotation apparent de la voûte céleste et se trompent de direction si l'on donne artificiellement un autre axe de rotation dans le planétarium, tandis que les oiseaux les plus âgés ne se trompent pas et se guident d'après les constellations, qu'ils ont apprises lors de voyages antérieurs. Il y a donc une sorte de transmission d'une «tradition» de voyage basée sur l'apprentissage par observation des jeunes au contact des plus âgés au cours de plusieurs voyages (les oiseaux ont une excellente acuité et mémoire visuelle, infra chapitre 3).

1.2. Les bases physiologiques

Le déterminisme physiologique d'un besoin correspond généralement à une chaîne complexe de mécanismes allant du cerveau aux glandes endocrines qui produisent les hormones, dont les effets terminaux sont les plus immédiatement observables.

1.2.1. *Les hormones*

Alors que les phéromones sont des molécules qui servent de signaux entre des individus (abeilles dans la ruche par exemple), les hormones sont des molécules qui servent de signaux internes véhiculés par le sang. Il en existe de nom-

breuses, dont le rôle est varié mais crucial dans le déclenchement du besoin.

Dans l'impulsion migratoire chez les oiseaux, on remarque une augmentation de la thyroxine (glande thyroïde) entraînant la libération d'énergie à partir des dépôts graisseux, qui permet les vols, parfois très longs, effectués lors des migrations. Le rôle des hormones sexuelles est plus connu. Les éleveurs de bétail utilisent couramment la castration ; le taureau sans glandes sexuelles devient le bœuf, le cheval devient hongre, etc. La castration annule le comportement sexuel (il y a parfois des simulacres, par exemple chez le bœuf) et les eunuques étaient castrés pour garder les femmes dans les harems de l'Orient, selon une pratique qui remonte dit-on à Sémiramis. En élevage, les animaux sont castrés, ce qui leur permet de former plus de graisse et moins de muscles durs, et d'avoir un comportement moins agressif. L'expérimentation démontre que c'est le taux d'hormone qui détermine directement le comportement sexuel, l'activité et le comportement agressif (Beach, 1951).

1.2.2. *L'hypothalamus : «cerveau végétatif»*

Les hormones des glandes endocrines sont régulées par une structure mixte du cerveau : l'*hypophyse*. La partie inférieure est de nature endocrine, divisée en plusieurs parties sécrétant des hormones qui elles-mêmes n'ont qu'un rôle de stimulation des glandes endocrines spécifiques : c'est pour cette raison que l'hypophyse est appelée le «chef d'orchestre» des glandes endocrines. La partie supérieure est de nature nerveuse et fait la transition entre l'hypophyse et un centre sous-cortical spécialisé dans la régulation des fonctions végétatives : l'*hypothalamus*. Lié à de nombreuses autres formations nerveuses complexes, cortex, thalamus («ordinateur» de la vie perceptive), bulbes olfactifs, etc., l'hypothalamus peut être considéré comme un véritable ordinateur de la vie végétative, qui programme les composantes physiologiques de la faim, la soif, la sexualité, l'ovulation, les rythmes de base du sommeil, etc. L'impulsion migratoire pourrait par exemple être provoquée par l'hypothalamus en fonction d'un déterminisme complexe ayant pour origine la quantité d'ensoleillement ; la quantité de lumière stimulerait chez les oiseaux, à travers la voûte osseuse plus mince au

sommet du crâne, une structure qui serait une sorte d'œil fossile, l'*épiphyse*, correspondant à ce que les Anciens appelaient la glande pinéale. Descartes pensait que Dieu communiquait avec l'âme par la glande pinéale, qui était ainsi le point de départ des esprits animaux qui rendaient mobiles les différentes parties du corps. Il n'avait pas tout à fait tort, mais, comme pour les Incas et les Égyptiens, Dieu est ici le soleil et les esprits animaux sont constitués de molécules qui sont des neurotransmetteurs, des hormones ou encore des substances neurocrines. Ces substances sont des molécules intermédiaires, découvertes par le prix Nobel français Guillemin, dans la partie supérieure de l'hypophyse, et ce sont ces molécules qui feraient la liaison entre les neurotransmetteurs de l'hypothalamus et la partie endocrine de l'hypophyse.

Ainsi la stimulation chimique ou électrique de l'hypothalamus déclenche différents besoins et comportements végétatifs ; l'injection en micro-quantité d'hormones sexuelles chez le rat déclenche une hyper-sexualité : Vaughan et Fisher déclenchent chez le rat par stimulation électrique des coïts complets, avec éjaculation, quarante-quatre fois successivement. Des comportements similaires d'hyperphagie sont obtenus, ou d'ovulation chez la lapine (Donnet, 1969). Des médicaments (clomifène) permettent l'ovulation chez les femmes qui ne parviennent pas à avoir d'enfant.

L'hypothalamus est en étroite relation avec d'autres centres dans un système général, appelé système limbique, dont le lien avec le déterminisme de l'*agressivité* a particulièrement été étudié, notamment par Pierre Karli de l'institut de neurochimie de Strasbourg (1971). La suppression des bulbes olfactifs chez les rats transforme ceux-ci en véritables tueurs, faisant périr puis dévorant les souris laissées dans leur cage ; apparemment, les stimulations olfactives, très importantes chez le rat, servent à moduler, à contrôler par des inhibitions, l'activité programmée de l'hypothalamus. C'est le monde souterrain des pulsions puissantes que Freud avait découvertes, les appelant du nom vague d'«inconscient», en fonction des connaissances médicales de son époque, et qu'on appelait autrefois le Diable ou les puissances du mal. L'homme n'admet pas la Bête qui est en lui et a tendance à attribuer à des entités extérieures l'apparition de ces comportements qui inspirent parfois honte et crainte. Ainsi,

les rescapés de la campagne de Russie pendant les guerres napoléoniennes se rappelaient avec honte des actes de cannibalisme dont ils avaient été témoins.

1.2.3. *Les systèmes de récompense : le centre du plaisir*

James Olds et Peter Milner (1954 [cf. Olds, 1956]) ont découvert que la stimulation électrique (impulsions de l'ordre de l'électricité cérébrale naturelle) dans certains sites du cerveau faisait le même effet qu'une récompense alimentaire. Leur méthode consiste à implanter à demeure (rats chroniques) des électrodes dans certains sites du cerveau, et la stimulation électrique peut être produite par l'appui sur le levier dans une boîte de Skinner, de sorte que l'animal se stimule lui-même. L'effet est spectaculaire : les rats appuient jusqu'à épuisement, pouvant atteindre 5 000 fois par heure, puis s'endorment et recommencent au réveil. Les rats vont même jusqu'à passer sur une grille électrifiée pour appuyer sur le levier. Des singes macaques rhésus se laissent mourir de faim pour s'autostimuler.

Après avoir appelé ces sites le *centre du plaisir*, on préfère actuellement le terme de *systèmes de récompense*, car il existe de nombreux sites dans des régions parfois différentes du cerveau (hypothalamus, bulbe, cortex frontal...). Chez l'homme (Sem-Jacobsen et Torkildsen, 1960, cit. Kretch et Crutchfield, 1969), des sujets humains qui peuvent s'autostimuler de cette façon (au cours d'opérations du cerveau), disent qu'ils se sentent bien, sourient et paraissent contents, mais ils ne peuvent identifier ce plaisir ou le relier à des expériences antérieures ; l'essence même du plaisir n'est pas sexuelle comme le pensait Freud dans sa conception de la *libido* (pulsion sexuelle).

1.3. L'apprentissage dans les motivations

L'apprentissage a évidemment un rôle énorme chez l'homme dans la modulation ou le raffinement des motivations et des besoins. Les niveaux d'apprentissage qui interviennent sont très variés : conditionnement, processus symboliques et apprentissage social. Dans tous les cas, les besoins ou les moti-

vations acquis sont qualifiés de motivations ou *besoins secondaires*, par opposition aux motivations ou besoins innés qui sont qualifiés de primaires.

1.3.1. Les besoins conditionnés

Dans un souci de rigueur et de simplification théorique, les behavioristes ont cherché à réduire au maximum le nombre de besoins primaires, les autres étant acquis par conditionnement. Dans les théories du conditionnement, notamment chez Hull et chez Skinner (supra chapitre 3), tout stimulus conditionné à un stimulus renforçateur va devenir lui-même un renforçateur, mais secondaire ; par exemple, le son du sifflet pour le chien ou le clic du levier de la boîte de Skinner pour le rat. En généralisant, on peut ainsi expliquer le besoin de l'homme d'avoir certains objets ou de faire certains gestes ; ainsi le besoin d'avoir une assiette n'est qu'un besoin conditionné (certaines personnes éprouvent le besoin de prendre une petite cuillère pour remuer le café dans leur tasse, alors qu'ils ne prennent pas de sucre). On connaît par ailleurs la puissance émotive de certains objets qui sont associés à des personnes chères, et depuis Freud on qualifie de fétichisme un certain excès dans la recherche de ces objets conditionnés. Les besoins ou renforçateurs secondaires, tout comme les primaires, peuvent être soit positifs (on dit souvent appétitifs, chez l'animal) soit négatifs (on dit également aversifs ; infra exemple de la peur dans le paragraphe sur les émotions, même chapitre). Les multiples conditionnements intervenant dans la faim illustrent bien le caractère complexe des motivations et besoins, et surtout le fait que les besoins achevés, tels qu'ils nous apparaissent quotidiennement, sont en grande partie conditionnés.

Dans la célèbre expérience du « repas fictif » de Pavlov et Choumova-Simanovskaïa, un chien est opéré de façon à ce que le tube de l'œsophage ressorte à l'extérieur et ne conduise plus à l'estomac ; par ailleurs, une fistule stomacale permet de mesurer la sécrétion gastrique. Cette méthode inaugurée par Pavlov, dite des *animaux chroniques*, consiste à placer des fistules (plus tard, des électrodes) sur des animaux vivants ; cette méthode peut choquer les étudiants sensibles, mais elle représente néanmoins un progrès dans l'expérimentation en physio-

logie animale, car les études antérieures procédaient par sacrifice des animaux après un traitement expérimental, pour constater les effets ; Bykov, un grand continuateur de Pavlov, parle des « monceaux de cadavres » de certains physiologistes. Dans l'expérience du repas fictif, il apparaît que, sitôt les aliments absorbés par l'animal, une abondante sécrétion gastrique se produit alors que les aliments tombent par l'orifice de l'œsophage. Les stimulus associés à l'absorption de nourriture (sensations gustatives, tactiles, etc.) sont devenus des stimulus conditionnels de la sécrétion gastrique. Ces expériences ont été souvent confirmées dans le laboratoire de Bykov chez des sujets n'ayant plus d'œsophage à la suite de brûlure accidentelle et porteurs d'une fistule gastrique. La sonnerie, ou les préparatifs de la table dans une pièce voisine, provoquent une sécrétion gastrique importante chez un homme adulte.

De nombreuses expériences dans le laboratoire de Bykov (1956) ont montré le conditionnement d'autres mécanismes intervenant dans la digestion, sécrétion de la vésicule biliaire et du pancréas, mouvements de la paroi intestinale, etc., en fonction de stimulus divers, comme le gonflement d'un ballon dans l'estomac... Le volume des aliments dans l'estomac provoque donc des réactions digestives conditionnées et l'on peut supposer que les aliments « coupe-faim » tiennent leur rôle du fait d'une satiété conditionnée provoquée par le volume occupé dans l'estomac ou la fatigue musculaire de la mastication.

1.3.2. *L'effet placebo*

Un effet bien connu des médecins et des pharmacologues (et intuitivement des charlatans) est l'*effet placebo* : c'est l'apparence du médicament (ou du médecin) qui soigne. L'expérimentation en pharmacologie nécessite d'ailleurs toujours pour cette raison un ou plusieurs groupes placebo comme groupe contrôle. Le mécanisme de l'effet placebo est un conditionnement pavlovien, et le premier à l'avoir démontré de façon expérimentale est Bykov (1956), élève et continuateur de Pavlov, directeur de l'Institut de médecine expérimentale à l'université de Léninegrad. Avec ses chercheurs, il a mené des recherches systématiques sur le conditionnement des organes internes : le rein, le foie, le cœur, la vésicule biliaire, les glandes endocrines, les vaisseaux sanguins, etc.

Les premières recherches ont porté sur le rein et la sécrétion d'urine, plus facile à mesurer en faisant sortir (par opération sur les chiens d'expérience) les canaux urinaires au niveau de la peau, de façon à éviter la rétention d'urine par la vessie. Dans une série d'expériences avec Borodavkina sur le chien Tobik, on constate que l'injection d'eau dans l'estomac déclenche une sécrétion abondante d'urine de l'ordre de 40 ml par heure (tab. 1) ; si l'on injecte ensuite une solution de pituitrine, substance qui diminue la sécrétion urinaire, on s'aperçoit que la quantité d'urine n'est plus que d'environ 1 à 10 ml.

TABLEAU 1 : démonstration de l'effet placebo sur la sécrétion d'urine (en ml par heure) d'après Bykov (1956).

N° d'expérience	Contrôle eau	Conditionnement eau + pituitrine	Placebo eau + solution neutre
1	49,9	1,5	18,0
2	34,8	11,9	18,5
3	44,9	13,5	26,0

Cependant même si la solution injectée ne contient plus la substance active mais seulement une solution placebo (solution physiologique d'eau salée à 8 g par litre comme dans le sang) la sécrétion urinaire diminue à nouveau (alors qu'on vient d'injecter 400 ml d'eau). Toutefois, le placebo n'est pas aussi fort que la substance active (tab. 1), de même que le stimulus conditionné est généralement moins fort que le stimulus inconditionnel, mais on constate qu'il est tout à fait efficace.

1.3.3. *L'amour est-il un besoin conditionné ?*

Si les behavioristes ont eu raison de simplifier la liste des besoins innés, il ne faut cependant pas tomber dans l'excès inverse : tout n'est pas conditionnable. La technique du conditionnement est un excellent critère pour évaluer le caractère primaire ou secondaire d'un besoin ; si un besoin apparaît sans avoir été conditionné dans des conditions contrôlées d'élevage, il y a de fortes chances qu'il soit primaire. Harry Harlow a utilisé cette technique pour évaluer l'amour du petit singe pour sa

mère ; l'espèce étudiée est le macaque rhésus. L'attachement du petit pour sa mère a fait l'objet de nombreuses études en éthologie, et Lorenz ainsi que d'autres ont montré que, chez les oiseaux, on retrouvait la notion de stimulus déclencheur, puisque l'oisillon a tendance à s'attacher à tout objet mobile qui lui est présenté quelques heures après sa naissance ; Lorenz a raconté ses aventures (1968) avec la petite oie Martina, qui le suivait partout jusqu'à coucher dans son lit ; ce mécanisme très instinctif est appelé l'*attachement* ou l'*empreinte*.

Dans une des expériences d'Harlow (1959), les bébés singes sont élevés avec deux mères artificielles différentes, une mère grillage et une mère peluche recouverte d'un tissu doux et moelleux. Répartis dans deux groupes, les singes sont nourris sur la mère grillage ou sur la mère peluche grâce à un biberon dont la tétine sort au niveau de la poitrine.

Si l'amour pour la mère était une motivation conditionnée associée à la nourriture comme renforçateur primaire, le grillage de la mère nourricière deviendrait un stimulus renforçateur secondaire aussi efficace que la peluche de la mère peluche lorsque celle-ci est nourricière. Or il n'en est rien, car les petits nourris par la mère grillage ne vont sur elle que pour se nourrir et vont se blottir sur la maman peluche pendant un temps identique aux bébés singes nourris sur la maman peluche. Le contact doux et chaud (ici, de la peluche, mais, vraisemblablement, de la peau chez les humains) est donc un stimulus inné pour l'attachement et paraît être pour le singe le «stimulus» de l'amour pour la mère. C'est là peut-être l'origine de l'attrait des enfants pour les peluches...

1.3.4. *Les processus symboliques*

Avec l'émergence des mécanismes de représentation symbolique, notamment le langage et l'image, l'acquisition des motivations prend une nouvelle dimension, les renforçateurs ou incitateurs deviennent plus abstraits et plus généraux. L'argent devient ainsi un renforçateur universel pouvant médiatiser n'importe quelle satisfaction ; c'est le grand renforçateur de la vie sociale, avec le salaire, les primes, les allocations...

La représentation cognitive des motivations au niveau symbolique produit de nouveaux phénomènes, bien observés par

Freud, de déplacement ou généralisation symbolique par similitude perceptive, phonétique ou sémantique. Freud raconte, par exemple, comment un homme avait commis un lapsus sur le mot «*aliquis*» dans un vers latin. Comme les associations libres du patient étaient centrées autour du miracle de St Janvier, relique qui soi-disant saignait à date fixe, Freud devina que ce jeune homme était inquiet du retard de règles de sa compagne. Cependant, les symboles dépendent en grande partie des apprentissages culturels, on le constate dans l'évolution des publicités, et il faut rester prudent ou sceptique à l'égard de théories qui considèrent les symboles comme très stables. Ainsi, Jung considérerait les symboles comme archétypiques, c'est-à-dire liés à des motivations innées ou transmises de générations en générations. Par exemple, selon lui, l'attrance vis-à-vis du feu ou de l'eau daterait de nos ancêtres préhistoriques. En fait, les goûts, attrances et attraits évoluent, les enfants, aujourd'hui, sont certainement plus attirés par la vidéo que par le feu.

1.4. La régulation des besoins

Les besoins ne sont pas parfaitement régulés, d'où de nombreux mécanismes de frustration, conflit et dérivation lorsque les apprentissages ne permettent pas une harmonisation suffisante.

1.4.1. Le modèle de l'homéostasie

Plusieurs chercheurs de spécialité différente, Cannon en physiologie, Lorenz en éthologie, Freud en psychologie, ont pensé qu'il y a une certaine *régulation des besoins*, une «sagesse du corps» (Cannon) : lorsqu'il y a manque, l'organisme développe une grande énergie pour combler ce manque (c'est le cas pour la soif), et il y a diminution ou annulation de la motivation lorsque le besoin est comblé, c'est la satiété. Sur le plan physiologique, l'organisme dispose évidemment de nombreux mécanismes d'autorégulation, appelée *homéostasie*. Par exemple,

lorsque la chaleur est excessive, la transpiration en évaporant de l'eau abaisse la température du corps ; à l'inverse, la « chair de poule » est un mécanisme de contraction des muscles des poils qui produit de la chaleur pour lutter contre le froid. Au point de départ de l'autorégulation, il faut des récepteurs sensoriels : on constate qu'à l'origine de la faim, abstraction faite des conditionnements qui provoquent ce besoin, il y a détection d'un manque de glucose par des gluco-récepteurs dans l'hypothalamus (Mayer, 1952, cit. Pieron, 1966) ; ainsi, l'injection massive d'insuline, hormone pancréatique qui détruit le glucose, provoque une hyperphagie, tandis qu'une injection de l'hormone antagoniste, le glucagon, qui transforme les réserves de glycogène du foie en glucose, supprime les contractions stomacales et les sensations de faim.

Les recherches électrophysiologiques ou chimiques sur l'hypothalamus ou le système limbique révèlent l'existence de *systèmes antagonistes* de faim ou de satiété qui ont leurs propres mécanismes et stimulus, de sorte qu'on peut facilement imaginer que, par suite de dérèglements, le fonctionnement d'un système l'emporte sur l'autre ou même, dans une perspective différentielle, on peut comprendre que certaines personnes soient boulimiques et d'autres ascétiques. Dans le cas particulier de la dépendance (drogues, alcool, etc.), on peut supposer que le mécanisme de satiété n'existe pas, ou n'est pas aussi fort que le mécanisme créant le besoin.

Enfin, les apprentissages, et spécialement les apprentissages sociaux, peuvent également déséquilibrer l'antagonisme besoin/satiété et détourner les besoins de leur finalité biologique ; on connaît, par exemple, la pratique du vomitorium des romains pour satisfaire à l'excès les plaisirs de la table.

1.4.2. Frustration et mécanismes de dérivation

Freud a également une conception homéostasique qui est particulièrement riche, car elle tient compte des processus symboliques : elle aboutit aux notions de frustration, de refoulement et de *mécanismes de défense*. Chez Freud, la pulsion sexuelle, ou libido, non satisfaite aboutit à un ensemble de réactions complexes (sentiment de non satisfaction, comportements orientés vers la satisfaction), appelé la *frustration*. Pour Freud, le sentiment de non satisfaction va être refoulé du

conscient à l'inconscient, mais, comme la tension existe toujours, elle va se manifester d'une autre manière. Ces mécanismes de défense sont variés. Le *déplacement* est un changement de motivation, par exemple la faim ; la *sublimation* est une dérivation vers une motivation plus abstraite, comme des intérêts esthétiques ou altruistes ; la *régression* est un retour à un stade antérieur où la motivation était satisfaite, etc. (Lagache, 1966). Il ne fait pas de doute pour l'essentiel que Freud a mis en évidence des mécanismes fondamentaux que l'on peut d'ailleurs généraliser aux motivations autres que sexuelle, et il a été montré en expérimentation animale (où l'on peut contrôler la frustration) que la frustration crée réellement un état de tension qui déclenche certains comportements (y compris l'alcoolisme, Masserman, 1950). Les éthologues ont, par exemple, observé (Tinbergen, 1966) qu'un oiseau qui a été attaqué sans pouvoir affronter l'adversaire va donner de violents coups de bec à une brindille, ce qui ressemble chez nous au coup de pied dans la porte. Des expériences sur animaux chroniques indiquent que des réactions physiologiques sont associées à ces états de tension allant jusqu'à provoquer l'ulcère gastro-intestinal (Brady, 1958), et les expériences en psychopharmacologie montreront sans doute que la libération de neurotransmetteurs constitue cette tension, qui cherche à «s'écouler», que les pionniers concevaient intuitivement selon un modèle hydraulique (Lorenz).

1.4.3. *Le conflit*

Lorsque plusieurs motivations incompatibles, ou ne pouvant être simultanément réalisées, sont en présence, il y a conflit. Le psychologue gestaltiste Kurt Lewin (1964) a distingué trois types de conflit :

- le conflit approche-approche ou conflit ++ (plus/plus) :
exemple : l'enfant qui hésite entre deux jouets
- le conflit évitement-évitement ou conflit -- (moins/moins) :
exemple : se faire mouiller par une averse ou attendre longtemps
- le conflit approche-évitement ou conflit + - (plus/moins).

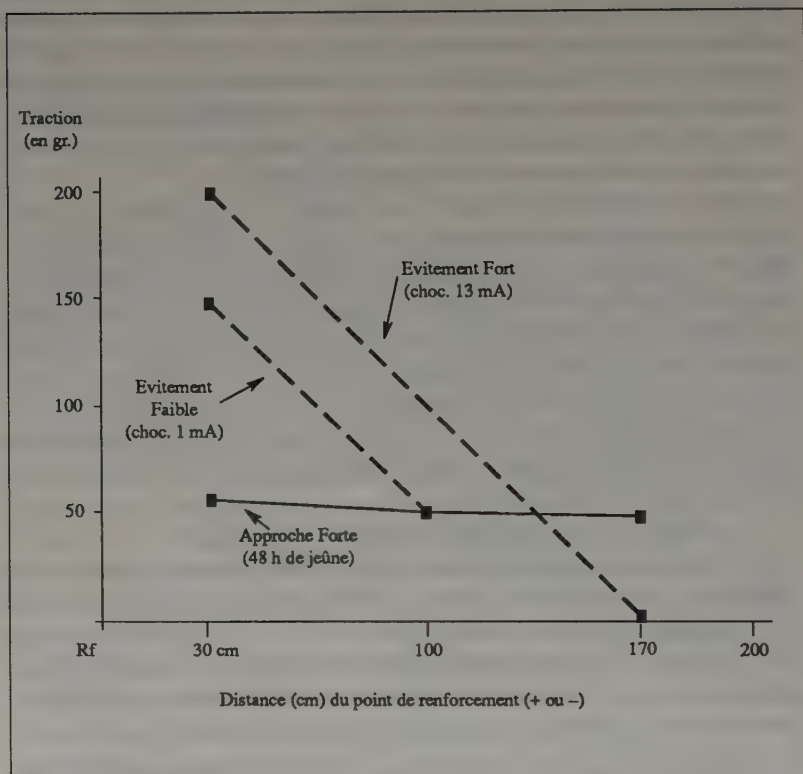
Le conflit plus/moins est certainement le plus courant, car il est rare que la poursuite d'un but agréable ne soit pas associée à des éléments négatifs : l'enfant va regarder la télévision au risque de se faire gronder s'il n'a pas fini ses devoirs, la demande d'une augmentation peut être refoulée avec agressivité, et d'une manière générale tout achat est un conflit puisqu'il faut dépenser de l'argent, chose peu agréable en soi : «On ne peut avoir le beurre et l'argent du beurre»...

Neal E. Miller (université de Yale), le très grand psychologue expérimentaliste de la vie affective, a utilisé avec profit, pour expliquer le conflit, les résultats et théories de l'apprentissage, en particulier la notion de gradient de but de Hull (supra chapitre 3). Selon la loi du gradient de but, la motivation augmente en fonction de la proximité du but : si le but est positif (nourriture), la tension à approcher est plus grande ; si le but est positif (nourriture), le rat va plus vite en s'approchant du but ; si le but est négatif (choc électrique), c'est l'énergie pour fuir qui est la plus grande.

La notion de gradient de but permet de comprendre le conflit ainsi que certains comportements associés, comme l'ont montré Miller et les chercheurs de son laboratoire, notamment Brown et Lipofsky (Miller, 1944). Brown a eu l'idée de mesurer l'approche et l'évitement en attachant le rat à un dynamomètre, grâce à un petit harnais, de façon à mesurer avec quelle force (mesurée en grammes) le rat tire pour aller vers le but (nourriture) ou le fuir (choc électrique) ; l'expérience se déroule dans un couloir de 2 m de long, et l'on place le rat à différents emplacements (30 cm, 170 cm du but) pour mesurer la traction. Les expériences révèlent un résultat fondamental dont dépend le modèle théorique : le gradient d'évitement augmente beaucoup plus rapidement que le gradient d'approche ; sur un graphique (fig. 19) la pente du gradient d'évitement est plus raide que la pente du gradient d'approche : on fuit avec plus d'énergie un lieu négatif qu'on approche d'un but positif.

Miller a déduit de ce résultat fondamental un modèle explicatif du conflit approche/évitement, dans la mesure où la différence de pente des deux gradients rend obligatoire leur croisement (visible sur une représentation graphique, fig. 19), ce qui permet de prévoir une inversion du comportement. Prenons l'exemple d'un conflit entre un évitement fort et une approche

19. Modèle du conflit approche-évitement en fonction de la force des gradients (d'après Miller, 1944)



forte. Le rat a été conditionné à trouver de la nourriture au but, puis a reçu un choc électrique fort dans ce même but au cours de plusieurs essais ; en situation d'expérience, le rat a été privé de nourriture pendant deux jours (48 h), donc l'approche est forte et l'évitement est fort. Placé en différents points tests du couloir, le rat se comporte comme le modèle permet de le prédire : loin du but (170 cm), le rat approche. Placé près du but (30 cm), le modèle (fig. 19) indique que la tension d'évitement est beaucoup plus forte que celle de l'approche, et le modèle prévoit donc une fuite du rat, ce qui se produit en effet. Enfin, on observe un comportement très intéressant du rat lorsqu'il se

promène librement dans le couloir ; à quelque distance du but (au point de croisement des deux gradients), le rat a un *comportement d'oscillation* typique du conflit ; il fuit puis revient vers le but, se retourne pour fuir à nouveau, etc. Ce comportement s'interprète facilement dans le modèle : loin du but, la tension d'approche est plus forte, donc le rat va vers le but ; mais en se rapprochant du but, le gradient d'évitement devient vite plus fort et le rat recule, et ainsi de suite, pour produire le comportement d'oscillation bien connu des conflits.

Le psychosociologue américain Festinger a décrit sous le nom de *dissonance cognitive* des mécanismes mentaux qui déterminent une diminution de la motivation d'approche quand il y a conflit ; par exemple, si le prix d'une voiture est trop onéreux, il n'est pas rare d'entendre des réflexions du type : «De toute façon, elle consomme trop d'essence» ou «Le rapport qualité/prix n'est pas intéressant», arguments qui diminuent la motivation d'approche mais qui objectivement sont dus à l'augmentation de la motivation d'évitement. À l'inverse, le vendeur cherche à diminuer la tension d'évitement, par exemple en proposant au client un crédit, qui divise la somme à payer en mensualités moins onéreuses. Ce modèle a été repris par les psychosociologues (Stevens, 1963 ; cit. Touzard, 1977) pour expliquer les conflits sociaux. La négociation représente le comportement d'oscillation entre des stratégies de coercition qui consistent à élever la tension d'évitement pour faire peur à l'adversaire (perte de salaire en cas de grève ou chômage technique...) et des stratégies de persuasion qui consistent à augmenter l'approche (octroi de primes...).

Dans tous les conflits, l'éloignement du but résoud tout par annulation de toutes les tensions, «Loin des yeux, loin du cœur».

Herbert Barry et Neal Miller (1962) ont essayé différentes drogues dans la situation du conflit. Les résultats nous permettent, en les généralisant à l'homme, de comprendre certaines causes de l'alcoolisme ; on constate que l'injection d'alcool augmente (par rapport à une injection placebo) la vitesse d'approche, par une diminution du gradient d'évitement ou de peur (ce qui est dangereux parfois : conduite automobile) : l'alcool est anxiolytique...

Le modèle permet également de comprendre les autres types de conflit. Le conflit approche/approche est supposé produire des conflits plus faibles, puisque les gradients d'approche sont faibles et n'augmentent que lentement. De plus, dans ce type de conflit, s'il n'y a pas de tension d'évitement sous-jacente, il n'y a pas de comportement d'oscillation, puisqu'en approchant d'un des choix la tension de l'autre choix diminue. Cependant dans le temps le conflit peut réapparaître, comme nous le montre l'expérience commune. Supposons que l'on hésite entre deux plats, deux disques, deux vêtements, etc., le choix réalisé, par exemple pour A, détermine une suppression de la tension d'approche vers A. Mais il y aura alors réapparition sans concurrence de la tension vers B, c'est le regret de n'avoir pas pris B.

Le conflit évitement/évitement est plus pénible, car les tensions sont fortes et génèrent des anxiétés fortes (réactions internes d'évitement) ; dès qu'on évite un but négatif A, on s'approche du but négatif B, d'où la tendance à retourner vers A dont la force d'évitement est alors moins forte, et c'est un comportement d'oscillation duquel il est difficile de sortir, comme entre le gouffre Charybde et les rochers de Scylla.

1.5. Les motivations humaines

Chez l'homme, la complexité des structures cognitives détermine, grâce aux nombreux apprentissages (éducation, culture), des motivations abstraites qui lui sont propres et qui s'ajoutent aux motivations physiologiques. Parmi plusieurs théories ou classifications, celle de Maslow a connu un succès mérité, bien que sa validation reste encore problématique. Pour Maslow (1943), les besoins peuvent être regroupés en cinq catégories principales, qui sont hiérarchisées de sorte qu'un besoin supérieur ne s'exprime que lorsque les besoins du niveau immédiatement inférieur sont satisfaits. La théorie de Maslow se résume bien dans le dicton «Ventre vide n'a pas d'oreille».

- 5. besoin de réalisation
- 4. besoin d'estime

- 3. besoin d'affection
- 2. besoin de sécurité
- 1. besoins physiologiques

Si les *besoins physiologiques* (faim, soif, désir sexuel, besoin de sommeil...) sont satisfaits, d'autres besoins apparaissent, ceux de sécurité et de confort matériel : le besoin d'avoir un chez-soi, un moyen de locomotion ; la manifestation de ces nouveaux besoins se traduirait, chez les enfants, par la peur de l'inconnu, de l'imprévu. Ce niveau satisfait laisse apparaître les besoins d'affection, ou d'amour, dans leurs différentes manifestations : tendresse filiale et amoureuse, cohésion familiale, amitié... Un autre aspect intéressant de la théorie de Maslow est de considérer les besoins de façon multidimensionnelle ; par exemple, l'amour, souvent considéré comme une même entité, est vu comme un complexe de motivations très différentes : désir sexuel, symbiose sur le plan de la vie matérielle, tendresse, concordance d'intérêts sur le plan cognitif, etc.

Une fois réalisée cette «couche» de besoins, apparaissent des motivations plus sociales, qu'on peut regrouper sous le terme de *besoin d'estime*. Adler, le disciple dissident de Freud, insiste plus sur la position sociale de l'individu dans son groupe social que sur la libido. Reprise par les psychosociologues américains, cette idée aboutit à divers concepts : le besoin d'estime, d'indépendance professionnelle, ce qu'on appelle dans la vie courante «l'ambition». Enfin, le niveau le plus élevé de la hiérarchie des besoins concerne la *réalisation de soi*, de ses intérêts, aptitudes et valeurs. Cette théorie est séduisante et a souvent été utilisée comme modèle théorique dans la psychologie des entreprises ; ce modèle explique bien par exemple le phénomène de la formation permanente où l'on voit des individus de plus en plus nombreux demander une formation correspondant à leurs intérêts, après avoir obtenu un métier (d'ailleurs qualifié d'alimentaire), qui leur assure la vie matérielle mais sans satisfaction des intérêts.

Cependant, les études expérimentales ne soutiennent guère la théorie dans sa généralité. Ainsi, dans une étude de Barbara Goebel et Dolorès Brown (1981), des sujets de différentes tranches d'âge, allant de 9 à 80 ans, doivent classer des besoins par ordre d'importance ; on pourrait penser que les niveaux inférieurs des besoins vont se trouver en moyenne satisfaits, en

fonction du développement de l'âge, et voir apparaître des besoins supérieurs, mais l'étude révèle qu'à tout âge c'est le besoin d'affection qui domine. D'autre part, l'ordre des besoins n'est pas toujours réalisé : ainsi, le besoin de réalisation est important et se développe plus chez les adultes jeunes, alors que le besoin d'estime reste faiblement exprimé. Une autre étude (Hall et Nougaim, 1968) dans une grosse entreprise américaine structurée, avec des niveaux de hiérarchie très nombreux chez les cadres, montre que le besoin de réussite reste toujours très fort, même chez ceux qui ont bénéficié de nombreux avancements. Il semble donc qu'il y ait des profils selon les individus ou en fonction des différents âges de la vie, avec différentes priorités. L'observation ou les biographes montrent que certaines personnalités ont un besoin de réalisation si fort qu'il n'y a même pas satisfaction des besoins physiologiques : Marie Curie fut trouvée plusieurs fois inanimée par manque de nutrition au cours de ses études de médecine.

2 LES ÉMOTIONS

Les émotions sont des réactions violentes, explosives, de l'organisme face à des situations où il ne peut donner des réponses adaptées ou modulées. De tout temps, philosophes et psychologues (Fraisie, 1965) ont remarqué que les émotions se caractérisent par un double aspect, l'aspect physiologique et l'aspect psychologique, qu'on peut appeler, après les philosophes, les sentiments.

2.1. Les systèmes de commande des émotions

De très nombreuses théories ont eu cours dans ce domaine des émotions, donnant des classifications variées (Fraisie,

1965 ; Izard, 1977 ; Pankseep, 1982), faisant presque concurrence au riche vocabulaire de la littérature et du théâtre, de Shakespeare à Marivaux : joie, plaisir, colère, jalousie, peur, anxiété, etc. Certains se sont posé la question de savoir qui, des réactions physiologiques ou des sentiments, étaient les premiers, les seconds étant une simple conséquence (théorie de James-Lange, cf. Fraisse, 1965).

Dans la perspective du traitement de l'information, la double face de l'émotion peut s'expliquer en terme de mécanismes en parallèle. Différents centres de traitements sont alertés par une situation émouvante et déclenchent en parallèle à la fois des mécanismes végétatifs et des mécanismes cognitifs, éventuellement en interaction. Il n'est pas nécessaire de penser que c'est une catégorie de mécanismes qui déclenche l'autre. En revanche, la vitesse des mécanismes n'étant pas la même, les réactions n'apparaissent pas dans le même ordre.

Les travaux contemporains intégrant les recherches en micro-électrophysiologie et pharmacologie (Karli, 1971 ; Lappuke, Schmitt et Karli, 1982) confirment la théorie de Darwin selon laquelle il y a une filiation entre les émotions chez l'animal et celles de l'homme. Les émotions seraient en quelque sorte les fossiles de systèmes de réaction ayant une utilité biologique chez nos ancêtres les bêtes. Chez les mammifères (rat, chat, etc., et vraisemblablement l'homme), il existe au niveau du système limbique, sorte de «cerveau émotif» (hypothalamus, hippocampe, amygdale, bulbe olfactif, une partie du thalamus, etc. ; Karli, 1969), des systèmes de commande des émotions. Ce centre déclenche des réactions correspondant, pour une activité modérée, aux motivations, et correspondant aux émotions lorsque le système est activé à un niveau de grande intensité. Jaak Panksepp (1982) a proposé une synthèse théorique dans laquelle il y a quatre grands systèmes motivationnels-émotifs, les systèmes du plaisir (les motivations appétitives), de la peur, de la colère et enfin de la détresse (panique chez Panksepp).

Chaque système est pré-programmé génétiquement et répond à un nombre réduit d'incitateurs naturels (stimulus inconditionnels), qui déclenchent des réactions spécifiques (tab. 2).

TABEAU 2 : Les quatre grands systèmes biologiques de l'émotion (d'après Panksepp, 1982).

Émotions	Stimulus	Réactions
Plaisir	stimulus appétitifs	satisfaction
Colère	frustration agression	combat
Peur	douleur danger de destruction	fuite immobilité
Détresse	perte du contact social	plaintes, pleurs...

2.1.1. *Le plaisir*

Le plaisir (désir ou joie, etc.) est en fait composite et englobe ce que les physiologistes appellent les motivations appétitives (recherche de nourriture, d'un partenaire sexuel...), ce qui correspond chez l'homme aux besoins hédonistes des philosophes, la recherche des plaisirs.

2.1.2. *La colère*

Le système de la colère (rage, agressivité, etc.) a été le premier découvert. L'ablation du cortex chez le chat (Magoun, 1954), du bulbe olfactif chez le rat (Karli, 1971), ou la stimulation électrique de certaines régions du système limbique déclenchent, chez l'animal, un état de colère d'une violence intense, appelée *rage*, qui aboutit à tuer des congénères qui se trouvent dans le voisinage, ce sont les célèbres rats «tueurs» (Karli, 1971). À l'état normal, les incitateurs naturels sont l'irritation (blessures, douleur) et la frustration. Les réactions correspondantes sont l'attaque et le combat avec, notamment chez l'animal, des morsures. Le cortex comme certaines stimulations (olfactives chez le rat, certainement visuelles chez l'homme) modulent, inhibent, les réactions paroxystiques de rage pour produire la colère ou ce qu'on appelle l'*agressivité*.

2.1.3. *La peur*

Le système de commande de la *peur* (angoisse, etc.) peut être déclenché également par des stimulations électriques, un chat pouvant ainsi avoir peur d'une souris. Les incitateurs naturels paraissent être la douleur et le danger de destruction. Les réactions déclenchées sont paradoxalement opposées, soit la *fuite*, soit l'*immobilité* ; on connaît les diverses expressions employées pour désigner cet état chez l'homme, «les jambes en coton» ou «les jambes flageolantes». On devine sans peine la finalité biologique de la fuite, qui permet d'échapper à un prédateur, mais on voit mal la finalité de l'immobilité (la politique de l'autruche). Les éthologistes ont montré par leurs observations qu'en fait l'immobilité pouvait être un mécanisme de survie.

Beaucoup d'animaux ont des couleurs qui leur permettent de se confondre avec leur environnement, c'est le mécanisme de l'*homochromie*, comme chez le phasme qui ressemble à une brindille, ou certains papillons, grenouilles, serpents, qui, immobiles, se confondent avec l'écorce de l'arbre, l'herbe ou le sable. Chez les oiseaux, Tinbergen (1966) a montré qu'une ombre projetée est un stimulus qui déclenche l'immobilité chez certains oiseaux, comportement de protection lorsque l'oiseau est survolé par un rapace. Chez les mammifères, l'immobilité peut avoir ce rôle, l'homochromie étant parfois particulièrement réussie comme chez le zèbre (dont le système de fuite est également très au point). Konrad Lorenz a montré aussi dans les combats que, chez les loups et les chiens (1969), l'animal dominé s'immobilise, offrant sa gorge en signe de soumission, et ce comportement arrête le combat. Ces réactions de base sont sans doute la lointaine origine de comportements humains, comme se cacher quand on a peur, «se faire tout petit»...

Par sa fonction de survie biologique, la peur, ou sa forme plus chronique chez l'homme, l'angoisse, l'*anxiété*, est certainement un système très puissant et générateur de troubles comportementaux ou mentaux nombreux ; d'après les psychologues cliniciens, indépendamment de toute école ou théorie, l'angoisse semble être le dénominateur commun de la maladie mentale.

2.1.4. La détresse

Le système de la *détresse* (tristesse) n'est pas évident chez le rat mais s'observe plus aisément chez le singe ou l'homme. La détresse sociale est provoquée par le manque de contact social (chaud et doux ; *supra* Harlow, 1.3.3.) et déclenche des pleurs et des plaintes. Ce système correspond également à des sites nerveux : on constate que des stimulations électriques chez le cochon d'Inde provoquent des cris de détresse. Panksepp, qui a travaillé avec des collègues sur ces émotions, pense que les mécanismes biochimiques du système de la détresse (*tristesse et chagrin* chez l'homme) sont étroitement liés aux sites des *endorphines* (neurotransmetteurs ressemblant chimiquement aux morphines et agissant naturellement comme système anti-douleur, Guillemain et Burgus, 1972). Ceci expliquerait la ressemblance comportementale entre la dépendance affective et la dépendance aux opiacées : perte d'appétit, tristesse, bien connue à chaque rentrée des classes dans le comportement des enfants à l'école et dans le comportement amoureux ; comme le dit Frère Laurent à Roméo, «l'amour des jeunes gens, en vérité, n'est pas dans leur cœur mais dans leurs yeux... combien d'eau salée versée en vain pour assaisonner l'amour qui n'en garde point le goût !» (Shakespeare, *Roméo et Juliette*).

2.2. Conditionnement et émotions

Le conditionnement pavlovien paraît être le mode privilégié d'apprentissage des réponses viscérales et glandulaires. Dans l'évolution animale, c'est d'ailleurs le mode d'apprentissage le plus primitif du système nerveux, notamment du système nerveux autonome, sympathique et parasympathique, qui contrôle les réactions viscérales et glandulaires, sécrétion gastrique, miction, sudation, dilatation des vaisseaux sanguins, rythme cardiaque, pression artérielle, etc. Ce sont ces réactions qui sont la face physiologique des émotions, de sorte que le conditionnement pavlovien a un rôle énorme de déclenchement ou d'inhibition des émotions.

2.2.1. *Le conditionnement des émotions*

Dans ses recherches sur les émotions, Watson avec Rosalie Rayner puis avec Mary Cover Jones (Watson, 1958) a montré que, contrairement à l'opinion générale de son époque qui attribuait aux enfants des peurs multiples envers serpents, souris, chat noir, etc. (beaucoup de ces préjugés sont encore vivaces), les réactions émotionnelles sont très peu nombreuses chez les enfants sains et éduqués normalement. Ainsi, l'observation en crèche montre que les jeunes enfants (environ 1 an) ont des réactions positives envers les divers animaux de laboratoire qu'on leur présente : lapin, rat blanc, chien, chat, pigeon, grenouille. De même, en présence du feu, les enfants n'ont aucune crainte et tentent d'attraper les flammes. Watson montre sa surprise de voir des réactions positives face au «proverbial chat noir», de même la peur des souris chez les filles n'apparaît pas...

La vie émotionnelle se complique par des conditionnements, comme l'a démontré Watson ; on provoque par exemple un grand bruit lorsqu'un enfant prend son animal familier (disons un rat blanc, le rat représentant ici le stimulus neutre et le bruit étant le stimulus inconditionnel de la peur) ; à chaque bruit, l'enfant sursaute, pleure, et se cache derrière son matelas. Après plusieurs présentations, la seule vue du rat provoque la peur. Sans le savoir, les parents en poussant parfois de grands cris dans certaines situations provoquent donc de pareilles phobies, notamment envers les araignées ou les souris... Des réactions de généralisation, caractéristiques du conditionnement, sont également apparues, et celles-ci permettent d'expliquer la grande complication des émotions dans la vie courante ; dans l'exemple cité, la réaction de peur est alors déclenchée par tout animal blanc, et par tous les objets similaires, fourrures et lainages blancs...

2.2.2. *Conditionnement et troubles psychosomatiques*

Quantité d'expériences démontrent que certains troubles ou maladies psychosomatiques pourraient provenir d'un conditionnement.

■ *Nausée conditionnée et allergie psychologique*

Bykov (1956) et les chercheurs de son laboratoire ont souvent montré au cours de leurs expériences que la salle d'expé-

rience elle-même devenait un stimulus conditionnel, déclenchant à elle seule les réactions, sécrétion d'urine, de suc pancréatique ou gastrique. L'injection d'une forte dose de morphine (40 mg) provoque chez le chien des réactions inconditionnelles de nausée, haut-le-cœur, frissons, salivation excessive, vomissements... Kleitman et Crisler (1927) ont montré que rapidement le seul fait de placer les chiens dans la salle d'expérience suffit à déclencher la nausée. Chez beaucoup d'individus l'odeur de l'hôpital produit des sensations de malaise. Et il est probable que nombre d'allergies de la vie courante sont des conditionnements à des stimulus spécifiques, odeurs, couleurs, animaux, etc.

■ *Émotions chroniques, anxiété et ulcère*

Au cours de recherches sur le conditionnement au temps, Liddell (1954) a découvert par hasard que la répétition d'un stimulus provoquait une névrose expérimentale : un mouton (animal pourtant peu « nerveux », ne dit-on pas « doux comme un mouton ») reçoit un stimulus électrique de faible intensité (sensation de picotement) sur une patte après cinq secondes de battement d'un métronome. La réponse conditionnelle permettant d'éviter le choc est une flexion de la patte, et on observe une telle flexion après le 4^e ou 5^e clic du métronome. Mais, après plusieurs jours, l'animal présente des troubles violents, tics musculaires, respiration difficile, bêlements, mictions et défécations répétées. Une névrose expérimentale se produit donc en fonction du caractère chronique d'une stimulation désagréable, mais non obligatoirement douloureuse, que l'on nomme *émotion chronique* (stress) : c'est le célèbre supplice de la goutte d'eau ou le tic-tac du réveil.

Des expériences beaucoup plus sophistiquées ont permis de déterminer les mécanismes de ces troubles (Brown et Jacobs, 1949, Le Ny, 1967). Joseph Brady notamment a étudié le développement de l'ulcère gastro-intestinal chez le singe. La situation qui provoque le plus rapidement un ulcère est un *conditionnement d'évitement* à un choc électrique (douloureux) ; le choc (SI) est délivré toutes les 20 secondes et l'animal peut l'éviter en appuyant (réponse opérante) sur un bouton (conditionnement opérant) dans l'intervalle des 20 secondes. Le singe apprend facilement à éviter le choc, de sorte que l'expérience n'est pas douloureuse ; cependant, si les séances de travail et de

repos alternent toutes les 6 heures, les singes meurent en quelques dizaines de jours, l'autopsie révélant de larges perforations du duodénum (partie de l'intestin joignant l'estomac). En revanche, un groupe contrôle de singes «passifs», qui ne peuvent rien faire pour éviter les chocs, deviennent apathiques mais n'ont jamais d'ulcère : c'est l'ulcère ou l'autisme.

Une fistule gastrique est posée chez les animaux d'expériences et on constate alors qu'une sécrétion gastrique (Brady, 1958) se déclenche pendant la période de repos de 6 heures, et atteint son maximum au début de la période de travail ; ce sont donc des *réactions viscérales conditionnées* de préparation à l'action (comme le trac, qui disparaît au moment de l'action) qui sont dangereuses si l'action est retardée. Il ne faut donc pas perdre de vue que le conditionnement produit parallèlement des réponses externes et internes notamment dans les conditionnements d'évitement. L'expérience de Brady met en évidence la sécrétion gastrique, mais les nombreuses expériences du laboratoire de Bykov ont montré que toutes les réactions végétatives sont conditionnables : les émotions chroniques provoquent donc de nombreuses réactions négatives (sécrétions biliaires, hypertension, sécrétion d'hormones, rythme cardiaque...) qui sont certainement en grande partie responsables des maladies psychosomatiques de la vie moderne : hypertension, ulcère gastro-intestinal, maladies cardio-vasculaires, etc.

2.2.3. *L'aspect cognitif des émotions : les sentiments*

L'autre face des émotions, ce sont les sentiments, c'est-à-dire l'appréciation souvent confuse de la situation et des réponses à apporter. Schachter et Singer (1962) ont montré combien la situation sociale était déterminante sur ce plan. Des sujets reçoivent une injection d'adrénaline mais sont placés individuellement parmi des compères (personnes jouant un rôle en fonction des consignes de l'expérimentateur). Les compères simulent soit la tristesse soit la gaieté. Mais, en fait, les sujets interrogés plus tard sur ce qu'ils ressentent attribuent leur état physiologique à l'ambiance spécifique qu'ils viennent de rencontrer, tristesse ou gaieté : l'émotion qu'ils ressentent est en réalité celle des compères.

De même, les enquêtes sociologiques (de Singly, 1987) nous

indiquent combien l'évaluation cognitive, la raison, intervient là où l'on ne verrait que romantisme : le deuxième mari des veuves ressemble fort au premier... (tab. 3).

TABEAU 3 : Profession du second mari en fonction de la profession du premier mari des veuves (d'après F. de Singly, 1987).

Premier mari	Profession du second mari (%)			
	Agriculteur	Cadre sup.	Cadre moy.	Ouvrier
Agriculteur	51	1	4	32
Cadre supérieur	3	48	16	11
Cadre moyen	3	15	22	39
Ouvrier	4	2	5	71

Les sentiments sont donc en général bien contrôlés, les rêves sont plus raisonnés que fous et ce n'est qu'en présence de stimulus très puissants qu'apparaissent les émotions.

3 LA PERSONNALITÉ

La personnalité dans son sens le plus général désigne l'ensemble de toutes les caractéristiques de l'individu : sensorimotrices, par exemple les aptitudes sportives ou artistiques ; cognitives, les aptitudes ou intérêts intellectuels ; émotives, les tempéraments anxieux (peureux) ou colériques ; enfin les attitudes sociales et les valeurs, qui dépendent de la société (Asiatiques et Occidentaux ont des grandes différences de valeurs et de comportements).

Dans un sens plus restrictif, la personnalité ne décrit que les aspects affectifs (motivations et émotions) et sociaux, c'est le tempérament ou caractère, avec l'idée que les individus ont une façon assez stable de se comporter dans les situations sociales. Ce domaine, très complexe puisqu'il concerne la totalité de l'individu, a été abordé par des approches parfois très diffé-

rentes, allant même jusqu'à tenter de relier le tempérament à des types morphologiques, comme si le tour de taille et la chevelure ne variaient pas avec l'âge... La perspective de recherche la plus riche est probablement l'analyse factorielle des composantes de la personnalité, les traits de la personnalité.

3.1. L'analyse factorielle de la personnalité : les traits

Historiquement, les littéraires comme les psychologues ont commencé par décrire des types, c'est-à-dire des profils très caractérisés de personnalité : l'avare chez Molière, le jaloux chez Shakespeare, le paranoïaque ou l'hystérique du psychiatre ou du psychanalyste. Dans les recherches contemporaines, il apparaît que les jaloux ou les avars parfaits sont rares et que les individus ont une pluralité de facettes, qu'on tente de différencier par l'analyse factorielle, les traits.

3.1.1. Les inventaires de personnalité

Les principales recherches procèdent à l'inventaire des traits de personnalité par autoquestionnaires, le sujet s'évaluant lui-même en répondant à de nombreuses questions. L'analyse factorielle permet de mettre en évidence différents facteurs que le chercheur retient ou écarte selon certains critères, et ces études aboutissent éventuellement à une amélioration du questionnaire. De nombreux inventaires existent, dont les plus connus et étudiés sont ceux de Eysenck, Cattell, Guilford et le MMPI ; nous verrons avec quelques détails la théorie d'Eysenck, qui a le mérite de faire le « pont » entre la personnalité normale et la personnalité pathologique et dont la simplicité (en nombre de facteurs) permet de poser le problème théorique des traits de la personnalité.

Eysenck est psychiatre et expérimentaliste. Il ne sépare pas le pathologique du normal et il essaye de faire le lien entre ses résultats et des tentatives plus anciennes de description du tempérament (Eysenck, 1979). L'analyse factorielle est un instrument très sophistiqué, mais qui ne permet qu'une description, de sorte que différentes recherches peuvent être en contradic-

tion pour certains facteurs. Eysenck, comme d'autres, a trouvé différents facteurs au cours de ses recherches ; parmi ceux-ci, deux facteurs très généraux et stables émergent, représentés graphiquement par deux axes (fig. 20), celui de l'introversion et de l'extraversion, et l'axe opposant le névrosisme à la stabilité émotionnelle. Les concepts d'introversion et d'extraversion avaient été proposés par le psychanalyste Carl Jung, mais correspondaient chez lui à des types purs (comme le jaloux et l'avare) :

- l'extraverti typique est : non-inhibé
sociable (aime les réunions)
recherche les émotions fortes
insouciant
aime les grosses plaisanteries
- l'introverti typique est : tranquille
effacé
réservé (amis intimes)
prend les choses au sérieux
a tendance à prévoir
aime une vie bien réglée
contrôle ses émotions

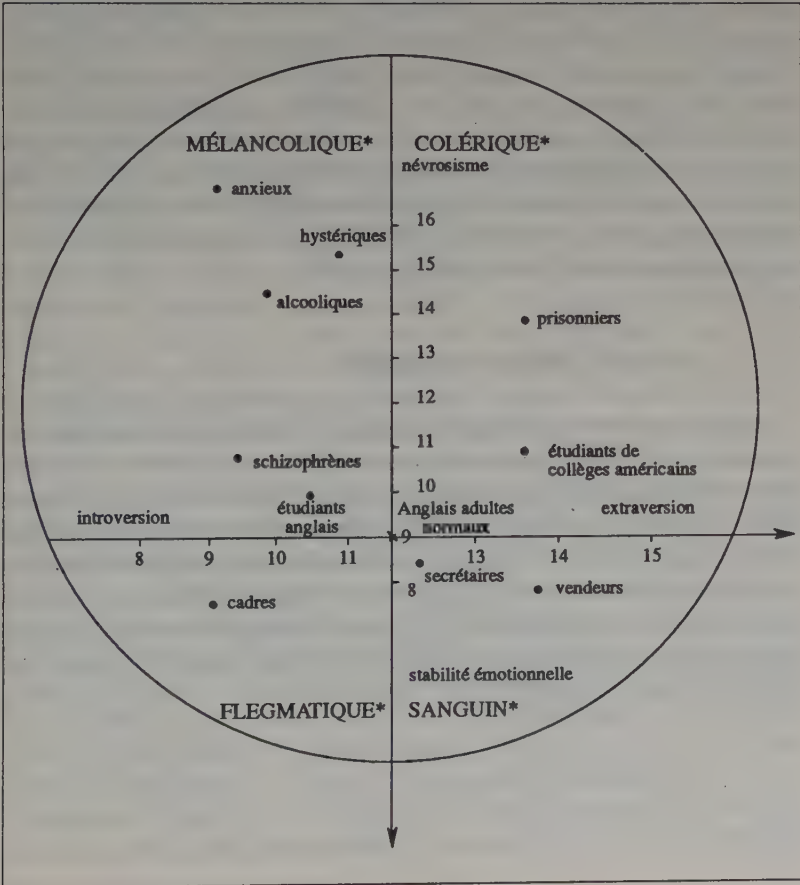
Contrairement à Jung qui ne considérait que ces deux types, la conception en traits signifie que les individus se distribuent statistiquement le long d'un axe extraversion-introversion, la majorité des individus ayant des tendances à la fois introverties et extraverties. Le deuxième axe correspond au névrosisme, désignant chez Eysenck à la fois l'instabilité émotionnelle et l'hyperactivité.

- les individus ayant un fort névrosisme sont :
très anxieux
se plaignent de maux divers
(troubles digestifs, maux de tête...)
ont une prédisposition aux troubles névrotiques

Eysenck a construit différentes versions d'un test (EPI : *Eysenck personality inventory*) et a fait différentes études de

validité ; la validité est la qualité d'un test selon laquelle le test correspond à ses objectifs de mesure : on distingue la validité empirique, où l'objectif est mesuré à l'aide de paramètres de la situation réelle (individus dont on connaît certaines caractéristiques à l'avance ; ex. fig. 20) ou la validité factorielle, qui consiste à confronter les facteurs du test à d'autres facteurs issus d'autres tests (on en verra un exemple plus loin) ; nous verrons les deux autres qualités essentielles d'un test, *fidélité* et *homogénéité*, avec d'autres exemples.

20. Répartition de groupes sociaux sur les axes de névrosisme et d'extraversion (d'après Eysenck, 1979).
(*) Correspondance avec la typologie d'Hippocrate et Galien



On constate que des groupes typés d'individus se répartissent sur les axes d'introversion et de névrosisme, comme on s'y attend d'après la théorie d'Eysenck. Les vendeurs sont des individus peu émotifs et extravertis, tandis que les cadres, tout aussi stables (ou contrôlés) émotivement, sont plus introvertis ; les individus anxieux ou hystériques sont ceux qui ont les plus forts scores de névrosisme.

Eysenck a essayé de mettre en relation les facteurs de sa théorie avec les anciennes typologies. La plus ancienne, attribuée au médecin grec Hippocrate (V^e siècle avant notre ère) et reprise par Galien (médecin grec du II^e siècle de notre ère), est basée sur l'idée d'une prédominance chez chaque individu d'une des quatre humeurs fondamentales, le sang, la bile, la pituite ou phlegme et l'atrabile ou bile noire, pour donner quatre caractères : sanguin, coléreux, flegmatique et mélancolique. Diverses expressions sont un vestige fossile de ces théories, «être de mauvaise humeur», «se faire du mauvais sang», «caractère bilieux»... Ces humeurs sont imaginaires (pituite ou atrabile), mais Hippocrate et Galien préfigurent la tradition de recherche d'une correspondance entre le caractère et des dispositions physiologiques dont la biochimie et la psychopharmacologie commencent à nous donner la clé.

3.1.2. *Les traits de la personnalité*

En fait la théorie d'Eysenck paraît trop simple à beaucoup de chercheurs, qui trouvent d'autres facteurs à partir d'autres questionnaires ou à partir d'autres analyses factorielles (Loo, 1979 ; Rocklin et Revelle, 1981). Le résultat le plus net est de trouver que le facteur d'extraversion combine en fait deux facteurs : un facteur d'*impulsivité* et un facteur de *sociabilité*, car ces deux traits se trouvent fortement corrélés avec le facteur d'extraversion ou avec des questions concernant l'impulsivité ou la prise de risque (tab. 4).

TABLEAU 4 : Caractère composite du facteur d'extraversion (d'après Rocklin et Revelle, 1981).

	1	2	3	4	5
	impulsivité	sociabilité	extraversion	névrosisme	risque
1. Impulsivité	—				
2. Sociabilité	.36	—			
3. Extraversion	.75	.84	—		
4. Névrosisme	.12	.18	—		
5. Prise de risque	.42	.26	.39	.12	—

D'autres chercheurs ont abouti après de nombreuses recherches à des systèmes plus complexes de traits et ont élaboré des questionnaires regroupant des questions relativement homogènes sur les principaux facteurs. Le test 16 PF de Raymond Cattell regroupe 16 facteurs, dont ceux de conservateur, émotif, confiant, indiscipliné, relaxé, réservé (pour prendre les termes modernes de Baird, 1981, plutôt que les noms parfois incompréhensibles de Cattell, tels que *rathymie*). Mais évidemment lorsqu'un système théorique propose de nombreux facteurs, on doit se poser la question de leur persistance dans le temps, c'est ce qu'on appelle la *fidélité* du test : le test mesure-t-il la même chose après un long délai ? Or les études récentes expriment quelques doutes à ce sujet. Ainsi, parmi d'autres, une étude de John Baird (1981) sur des élèves gardes de sécurité révèle des corrélations irrégulières entre un test et un retest après 9 mois : réservé .60, relaxé .55, émotif .35, naïf .31, etc.

Par ailleurs, devant la diversité des tests de personnalité et systèmes théoriques, on peut se demander quels sont les facteurs qui sont vraiment dominants et ceux qui sont spécifiques d'un test. Cette question n'est pas simple à résoudre et n'a pu être abordée que grâce à l'utilisation de gros ordinateurs permettant de traiter d'énormes quantités d'information. Ce travail a pu être fait par James Brown et Edgar Howarth en sélectionnant 1 726 questions issues de différents questionnaires, dont 400 questions non redondantes ont été finalement retenues et présentées à des échantillons de sujets répartis sur tous les États-Unis (grâce à la collaboration d'associations de psychologues praticiens). Au total, 1 003 questionnaires ont été complètement remplis, et les quelque 400 000 réponses ont été traitées par analyse factorielle. Il ressort de cette gigantesque

analyse vingt facteurs, mais dont onze seulement sont «robustes», c'est-à-dire représentent une forte proportion de la variabilité individuelle (de 60 à 70 % de la variance). Voici donc ce qui serait les principaux facteurs de notre personnalité (avec quelques questions représentatives ; Brown et Howarth, 1977) :

- 1/ Timidité
- 2/ Sociabilité
- 3/ Instabilité émotionnelle (dans le sens de cyclothymie)
- 4/ Émotivité (anxiété)
- 5/ Impulsivité
- 6/ Persistance
- 7/ Hypochondrie
- 8/ Dominance
- 9/ Activité générale (au sens d'énergie physique)
- 10/ Confiance (opposé à suspicion)
- 11/ Superego (respect des valeurs morales sociales)

1. Timidité

Questions : «Je prends fréquemment l'initiative en me faisant de nouveaux amis» (corrélation de $-.69$ avec ce facteur ; la corrélation négative signifie bien entendu que c'est la réponse négative à la question qui représente le facteur, ici, de timidité) ; «Le plus souvent, je ne parle pas aux gens avant qu'ils ne me parlent.» (.61).

2. Sociabilité

Q. «J'aime être dans la foule juste pour être avec des gens» (.61) ; «J'aime les fêtes où il y a beaucoup de gens» (.64).

3. Instabilité émotionnelle (dans le sens de cyclothymie)

Q. «Je me sens tantôt joyeux et tantôt déprimé sans raison apparente» (.59) ; «Parfois de fortes émotions me viennent sans cause apparente» (.56).

4. Émotivité (anxiété)

Les auteurs rattachent ce facteur aux facteurs d'anxiété et de névrosisme, dans le sens de sensibilité émotionnelle, le précédent facteur correspondant au basculement d'une émotion à l'autre (cyclothymie, lunatique dans le langage courant). «Je suis fréquemment détaché plutôt que tracassé à l'égard de possibles malchances» ($-.60$) ; «Je perds souvent le sommeil à la suite de mes tracas» (.56).

5. *Impulsivité*

Q. «J'agis souvent en fonction de la première idée qui me vient en tête» (.69) ; «Je réagis souvent rapidement aux suggestions, sans arrêter de penser» (.64).

6. *Persistance*

Q. «Je persiste sur un travail jusqu'à ce qu'il soit terminé même quand les autres ont arrêté (.55) ; «Quand je suis perplexe devant un problème difficile, je reste à essayer de le résoudre» (.53).

7. *Hypochondrie*

Q. «Je n'aime pas avoir du temps pour être seul avec mes pensées» (.52) ; «J'ai souvent à changer mes plans pour des raisons de santé» (.45).

8. *Dominance*

Q. «Quand je travaille à une réunion, j'aime prendre la responsabilité des choses» (.65) ; «J'aime prendre les commandes, connaissant ce qui est le mieux pour mon groupe» (.57).

9. *Activité générale (au sens énergie physique)*

Q. «Je préfère les sports où il y a beaucoup d'action» (.55) ; «Je m'intéresse à des activités sportives plutôt qu'intellectuelles» (.51).

10. *Confiance (opposé à suspicion)*

Q. «Je suis un individu indépendant» (.46).

11. *Superego (respect des valeurs morales sociales)*

Q. «Beaucoup trop de gens essaient de prendre autant qu'ils peuvent et de donner en retour aussi peu que possible à la société» (.45) ; «La plupart des gens ne respectent pas les droits des autres» (.35).

D'autres facteurs, représentant moins de variabilité, correspondent à la coopération, la décontraction, la responsabilité sociale, la frivolité...

3.2. Tempérament ou situation ?

Dans la perspective de l'analyse de la personnalité en traits, on suppose que les traits sont stables et permanents chez l'individu, mais est-ce bien le cas ? Est-ce que seuls les peureux fuient lors d'un incendie, de même comment ne pas être déprimé lors de circonstances graves de la vie : mort d'un proche, chômage, etc. ? Le même individu ne se comporte pas de la même façon en fonction de la situation : on est plus introverti en situation d'examen et plus extraverti après avoir bu un apéritif... D'autre part, un individu change souvent au cours de sa vie ; la timidité, l'émotivité, par exemple, peuvent évoluer avec l'expérience vécue et la prise de responsabilité. Enfin, les situations sont si variées que le comportement des individus peut n'être exprimé que grossièrement par un trait de personnalité.

3.2.1. *Constance des traits et inconstance des comportements*

Les recherches contemporaines semblent indiquer qu'un trait de personnalité (estimé d'après un questionnaire) n'exprime que très approximativement un comportement effectif et que, de plus, différents comportements relevant d'un même trait ne sont même pas corrélés entre eux. Plus exactement (Mischel, 1968 ; Mischel et Peake, 1982, etc.), il semble que la manière dont les gens se jugent est assez fidèle (la corrélation entre test et retest au même questionnaire est bonne), mais que cette auto-estimation n'est que faiblement corrélée avec différents indicateurs de comportements, eux-mêmes faiblement corrélés entre eux : il y a constance des traits, mais inconstance des comportements (Hayden et Mischel, 1976). Cette conclusion basée sur plusieurs études (Mischel, 1968) apparaît clairement dans une étude de validité (corrélation entre un test et des indicateurs externes). Mary Biaggio, Katherine Supplee et Nikki Curtis (1981) font passer plusieurs tests sur le caractère colérique et l'agressivité, et mesurent la corrélation entre le niveau agressif des sujets d'après ces questionnaires et différentes estimations : un enregistrement physiologique de la réponse électro-dermale (mesure de la transpiration) ; une description des réactions dans l'imagination de scènes ou de jeux de rôle. Par

exemple, le sujet doit estimer, sur une échelle en 7 points, le degré de colère ou d'agression verbale qu'il ressent après avoir vu un film ou avoir participé à un jeu de rôle, en fonction de réactions précises comme : «J'ai envie de crier» (antagonisme verbal), «J'ai envie de frapper la personne», «J'ai envie de taper dans quelque chose» (antagonisme physique), etc. Le premier film est un accident de la route dans lequel le sujet doit s'imaginer être un acteur, et le second film concerne un incident l'opposant à une personne qui, après une longue file d'attente dans une épicerie, le bouscule avec son sac à provisions. Dans les jeux de rôle, le sujet doit jouer un client qui retourne une marchandise qui n'est pas satisfaisante, l'acteur jouant le rôle de l'employé provoquant un blocage de la situation ; puis il doit jouer le rôle d'un parent intervenant dans un conseil de classe auprès d'un enseignant prétentieux et insultant.

Alors que les fidélités (corrélations test-retest après deux semaines) sont généralement fortes, par exemple .78 pour la tendance à attaquer, .64 pour l'irritabilité, .68 pour la suspicion, etc. Les corrélations entre le test et les indicateurs externes sont généralement très faibles (pratiquement nuls avec l'enregistrement électro-dermographique, de sorte que les auteurs ne donnent pas de résultats quantitatifs) ; il y a une corrélation de .04 à .08 entre les jeux de rôle et le score total des tests. Les corrélations sont souvent très faibles, même pour des traits plus spécifiques. Le tableau 5 nous en donne quelques exemples.

TABLEAU 5. Corrélations entre des traits issus de tests et des indicateurs extérieurs (adapté d'après Biaggio et al., 1981).

Trait	Antagonisme verbal		Antagonisme physique	
	Film	Rôle	Film	Rôle
Attaque	.16	.10	.27	.12
Irritabilité	.13	.20	.09	-.05
Ressentiment	.24	.08	.16	.10

Des analyses fines de comportements variés relevant en apparence du même trait ne donnent pas non plus de résultats très constants. Ainsi Walter Mischel avec Philip Peake et Neil Lutsky (Mischel et Peake, 1982) ont fait une étude suivie pen-

dant quatre ans de 63 étudiants volontaires dans un collège, en prenant différents indicateurs du caractère consciencieux et amical, comptabilisant, par exemple, pour le caractère consciencieux, l'assiduité, la ponctualité aux cours et conférences, etc. Pour un même comportement, par exemple, la ponctualité, il y a une bonne stabilité dans le temps (corrélation moyenne de .65) : l'étudiant est très souvent ponctuel ou généralement peu ponctuel ; mais la consistance inter-comportements (corrélation entre différents comportements) est très irrégulière : assez forte entre certains comportements, par exemple .31 entre l'assiduité et le temps d'étude, .58 entre l'assiduité et les lectures, mais faible dans d'autres cas, -.03 avec la ponctualité aux conférences, .14 avec la minutie dans la tenue des notes, -.04 avec le comportement soigneux.

Walter Mischel développe une conception cognitive de la personnalité et propose une explication de ces irrégularités en considérant que les traits estimés par les gens sont des *prototypes*, c'est-à-dire ne décrivent selon des théories sémantiques (Eleanor Rosch) que des propriétés typiques ou fréquentes de certaines situations (ainsi le pigeon est un bon prototype des oiseaux dans la mesure où il en possède toutes les propriétés typiques, ce qui n'est pas le cas de l'autruche). Ainsi, les gens attribuent un trait si ce trait qualifie quelques situations fréquentes, même si elles ne sont pas générales. Quelqu'un est colérique s'il a été vu en colère dans une situation éprouvante, même si ce n'est pas une constante de son comportement. Un même trait en effet peut qualifier des situations très différentes ; par exemple, avoir peur du noir, avoir peur d'un échec, avoir peur d'avoir le cancer, ne reflètent pas nécessairement une même composante de la personnalité. L'estimation du trait peut d'ailleurs changer en observant différents comportements ; Theresa Hayden et Mischel simulent cette situation en faisant juger la motivation d'un personnage décrit dans un texte et apparaissant comme agressif, soumis ou raisonnable, selon différents groupes de sujets ; puis on présente aux mêmes sujets les mêmes personnages, apparaissant cette fois dans des bandes dessinées avec une autre attitude (agressif, soumis, raisonnable selon trois sous-groupes de sujets). On observe que dans une estimation finale de la personnalité du personnage, les sujets se basent plutôt sur leur dernière impression (effet de récence). Les

sujets faisant une estimation inconstante justifient en général leur jugement en disant que le personnage masquait sa personnalité dans la première situation, d'où le titre de l'article des auteurs «Le loup déguisé en mouton».

3.2.2. *Les déterminants de la situation*

Ces irrégularités dans le jugement de la personnalité, pour autrui ou pour soi-même, se comprennent mieux si, comme certains chercheurs, on se penche sur la complexité des situations relevant en apparence d'un même trait. Le psychosociologue Albert Bandura l'a bien démontré à partir de nombreuses recherches sur les déterminants psychosociaux de l'agressivité. Dans une de ses recherches à l'université de Stanford, avec Bill Underwood et Michael Fromson (1975), il reprend la technique de punition de victimes par des chocs électriques, utilisée par Stanley Milgram pour étudier les conditions sociales de l'agressivité. En réalité les chocs électriques sont fictifs, et dans les expériences de Milgram la victime est un acteur qui mime la douleur, mais le sujet croit vraiment administrer des chocs réels ; Milgram avait ainsi montré que, «couverts» par l'autorité, la plupart des individus ne se sentent pas personnellement responsables du mal qu'ils provoquent. Dans l'expérience de Bandura, les victimes sont également fictives, les sujets sont placés par trois dans une salle expérimentale et sont chargés par l'expérimentateur d'administrer des chocs électriques à un groupe de personnes (n'existant pas en réalité) travaillant à une tâche de décision collective. L'expérimentateur explique que l'expérience a pour but d'étudier le rôle de la punition sur la qualité des décisions collectives, et qu'une mauvaise décision, signalée par une lampe rouge, doit être sanctionnée par un choc électrique. L'intensité du choc est laissée à l'appréciation des sujets et peut varier d'un niveau 1 (intensité faible) à l'intensité 10 (douloureuse). En fait, victimes et chocs n'existent pas. Bandura et ses collègues veulent étudier les conditions de responsabilité ainsi que la considération de la victime.

La responsabilité est individuelle ou collective ; dans la condition de responsabilité individuelle, on dit à chaque sujet que le choc qu'il détermine est directement administré à l'une

des trois personnes en situation de décision, tandis que dans la condition de responsabilité collective, on dit aux sujets que les personnes reçoivent la moyenne des intensités déterminées par les sujets. La considération que les sujets peuvent avoir des personnes est également influencée de façon à les faire apparaître comme des gens clairvoyants et compréhensifs (humains), ou à l'inverse comme des gens frustrés et grossiers (inhumains). Ces impressions sont suggérées au moyen d'un artifice ; un assistant ayant laissé un haut parleur branché, les sujets entendent les commentaires de l'expérimentateur et de son assistant. Enfin, il existe une condition neutre où aucun commentaire n'est fait.

On constate, en mesurant l'effet des conditions sociales par l'intensité du choc électrique délivré, que la déshumanisation de la victime joue un rôle énorme dans la détermination du comportement agressif, puisque le pseudo choc délivré varie de 2 à environ 4,5 lorsque la victime est déconsidérée ; l'effet est encore plus fort (comme Milgram l'a montré) lorsque l'individu ne se sent plus individuellement responsable mais «couvert» par le groupe, puisque l'intensité du choc varie de 3 à 7.

Dans d'autres recherches, Bandura a mis en évidence d'autres *déterminants sociaux* de l'agression, comme la justification morale, l'euphémisme qui consiste à diminuer la portée de l'action agressive, la mauvaise représentation des conséquences (Bandura, 1979)... La personnalité n'est donc pas simplement une question de tempérament mais dépend d'*apprentissages sociaux*, d'ajustements (par renforcement ou observation) en fonction des situations. La personnalité est donc aussi une question d'apprentissage social, d'où les modes culturels de réactivité ; les Orientaux, les diplomates, etc., ont des modes comportementaux parfois très différents.

De même, les médias changent de valeurs ; la télévision change ses styles de héros : le héros moderne n'a plus de cigarette à la bouche et de verre de whisky à la main.

Mis à part certains extrêmes, les traits de caractère sont plutôt une modulation de la personnalité, en particulier lorsque les contraintes de la situation sont faibles. Lorsque les contraintes de la situation sont fortes, les déterminants de la situation déclenchent aussi des émotions chez les personnes peu anxieuses ou colériques : tout le monde a peur de la guerre et

de la maladie. Cependant, la même situation déclenchera des émotions plus fortes, voire incontrôlables, chez des personnalités ayant un fort névrosisme. Tempérament et situation sont donc en interaction pour créer les différentes facettes de la personnalité.

LECTURES CONSEILLÉES

Eysenck, H.J. — *La névrose et vous*, Bruxelles, Mardaga, 1979.

Fraisse, P. et Piaget J. — *Traité de Psychologie expérimentale*, Tome V, Paris, PUF, 1965.

Freud, S. — *Psychopathologie de la vie quotidienne*, Paris, Payot, 1973.

CENT QUESTIONS POUR TESTER VOS CONNAISSANCES...

Entourez la (ou les) bonne(s) réponse(s)
ou la (les) proposition(s) correcte(s).

Attention : certaines questions sont des pièges pour pénaliser les réponses au hasard ; dans ces questions, il n'y a pas de bonnes réponses.

HISTOIRE, DOMAINES, MÉTHODE

- 1) À quelle époque apparaît le mot «psychologie» ?
a) Antiquité b) Renaissance c) XVIIIe d) XIXe
- 2) La naissance de la psychologie expérimentale s'est faite en ...
a) Allemagne b) Angleterre c) États-Unis d) France
- 3) La psychologie expérimentale est née des laboratoires de ...
a) philosophie b) linguistique c) chimie d) médecine
- 4) Le fondateur du behaviorisme est ...
a) Binet b) Freud c) Cattell d) Watson
- 5) L'introduction de variables intermédiaires entre stimulus et réponse caractérise le ...
a) behaviorisme b) néobehaviorisme
c) gestaltisme d) néogestaltisme
- 6) Qui était considéré comme le behavioriste français ?
a) Beaunis b) Binet c) Bourdon d) Ribot
- 7) Un grand théoricien de la gestalt était ...
a) Berger b) Köhler c) Planck d) Gauss
- 8) Norbert Wiener a fondé le courant appelé :
a) empirisme b) positivisme c) structuralisme
d) cybernétique

- 9) La psychologie différentielle est le complément de la psychologie ...
a) générale b) génétique c) pathologique d) sociale
- 10) La relation entre cause et effet, dans l'expérimentation s'appelle :
a) expérience b) heuristique c) hypothèse d) logistique

PERCEPTION

- 1) Citez l'intrus dans les principales sensibilités tactiles.
a) contact b) douleur c) chaud d) froid
- 2) La plus petite stimulation perçue s'appelle :
a) seuil perçu b) seuil absolu c) seuil différentiel
d) seuil relatif
- 3) Citez l'intrus dans les modalités gustatives.
a) épicé b) sucré c) salé d) acide
- 4) L'organe nerveux de l'audition est ...
a) tympan b) le limaçon c) le saccule d) la cochlée
- 5) Citez l'intrus dans les trois paramètres du son.
a) l'intensité b) la fréquence c) la phase d) le timbre
- 6) L'étude générale du seuil différentiel relatif a été faite par :
a) Wundt b) Fechner c) Weber d) Stevens
- 7) Quel nom est utilisé pour désigner les unités dérivées de la loi logarithmique de la sensation ?
a) Hertz b) Watt c) Newton d) Bell
- 8) Les limites audibles de fréquence vont approximativement de 20 Hz à ...
a) 200 b) 2 000 c) 20 000 d) 200 000

- 9) Le son complexe est formé du son fondamental et des ...
a) harmoniques b) hauteurs c) octaves d) sinusoides
- 10) Les récepteurs de l'équilibre sont placés dans les petits os appelés :
a) le marteau b) l'enclume c) la fenêtre d) l'étrier
- 11) À 80° en rétine périphérique, combien de cellules photo-sensibles convergent pour 1 seule cellule multipolaire ?
a) 10 b) 100 c) 1 000 d) 10 000
- 12) Désignez l'intrus dans les couleurs de la théorie trichromatique.
a) rouge b) jaune c) vert d) bleu
- 13) Qui a le premier découvert les pigments rouge et vert de la rétine ?
a) Granit b) Young c) Hubel d) Hering
- 14) Quelle est la durée approximative moyenne d'une fixation oculaire ?
a) 250ms b) 500ms c) 750ms d) 1 000ms
- 15) La perception de la taille d'un objet en fonction de la taille réelle s'appelle :
a) identification b) parallaxe c) perspective d) constance
- 16) Un mécanisme fondamental de la perception de la profondeur est ...
a) la disparation b) la détection
c) l'acuité d) l'interpolation
- 17) Pour ne pas voir double, le point de fixation doit se situer sur :
a) la ligne de régression b) la ligne de perspective
c) l'horoptère d) l'hypercolonne
- 18) La fovea permet une bonne acuité dans un angle d'environ...
a) 15° b) 20° c) 25° d) 30°
- 19) Les deux systèmes de la vision sont l'identification et ...
a) la couleur b) la localisation
c) la profondeur d) le mouvement

20) L'acuité visuelle fine est permise ...

- a) par les cônes
- b) par le câblage direct entre les photorécepteurs et les multipolaires
- c) par les cônes et le câblage direct
- d) par les cellules amacrines.

APPRENTISSAGE

1) Les deux conditions du conditionnement sont la contiguïté temporelle et ...

- a) l'avance du SC
- b) l'avance du SI
- c) l'avance du SN
- d) l'avance du SE

2) L'apprentissage du labyrinthe a été inventé par :

- a) Watson
- b) Skinner
- c) Thorndike
- d) Small

3) Dans le centre du plaisir, une stimulation intracérébrale ...

- a) est préférée à la nourriture
- b) n'est pas préférée à la nourriture
- c) déclenche la recherche de nourriture
- d) déclenche la salivation

4) Le langage de Washoe était formé de ...

- a) cris
- b) gestes
- c) dessins
- d) sons

5) Dove et Thomson ont trouvé dans le labyrinthe à trois chemins ...

- a) que les rats étaient capables de compréhension en prenant le chemin le plus long
- b) que les rats étaient capables de compréhension en prenant le chemin le plus court
- c) que les rats ne prenaient pas le chemin le plus court par inhibition conditionnée
- d) que les rats ne prenaient pas le chemin le plus long par inhibition conditionnée

- 6) Le leader des théories cognitives dans l'apprentissage était ...
a) Watson b) Skinner c) Hull d) Blodgett
- 7) Le type d'apprentissage qui démontre que la motivation n'est pas nécessaire à l'apprentissage est qualifié de ...
a) lieu b) latent
c) anticipateur d) interoceptif
- 8) Une des déductions de la théorie de Hull est la loi ...
a) du renforcement b) de l'effet
c) du gradient de but d) d'inhibition interne
- 9) Les conduites superstitieuses chez l'animal démontrent ...
a) les représentations mentales b) l'imitation symbolique
c) l'accentuation locale d) la névrose expérimentale
- 10) Dans l'expérience de Shapiro démontrant la salivation au moment de la réponse opérante, le programme de renforcement utilisé est le ...
a) VR b) FR c) FL d) DRL

MÉMOIRE

- 1) Quelle est la capacité moyenne de la mémoire à court terme ?
a) 5 b) 7 c) 10 d) 12
- 2) Primauté et récence constituent les effets ...
a) sériels b) dépendanciels
c) de fréquence d) markoviens
- 3) L'indicateur du stockage à court terme est l'effet de ...
a) seuil b) plafond c) centralité d) primauté
- 4) L'amnésie caractérisée par l'incapacité de stockage d'informations nouvelles est le syndrome de ...
a) Korsakoff b) Rimsky-Korsakoff
c) Rimsky d) Kolnikoff

- 5) Pour quel type de code, la subvocalisation est-elle cruciale ?
a) iconique b) visuel c) auditif d) lexical
- 6) Par rapport au temps de dénomination, la lecture est ...
a) égale b) plus lente
c) plus rapide d) indépendante
- 7) L'alexie est l'atteinte neurologique des mécanismes de ...
a) la mémoire b) la parole
c) l'attention d) la dénomination
- 8) Par rapport à la mémorisation des mots, la mémorisation des dessins est ...
a) supérieure b) égale
c) inférieure d) très inférieure
- 9) Le double codage comprend le code verbal et le code ...
a) iconique b) visuel c) imagé d) moteur
- 10) Le double codage a été démontré par Csapo et ...
a) Atkinson b) Bower c) Paivio d) Tulving
- 11) Un processus courant d'organisation en mémoire est ...
a) l'autorépétition b) la catégorisation
c) la dénomination d) la subvocalisation
- 12) Un synonyme d'organisation subjective est ...
a) intégration b) organisation
c) répétition d) structuration
- 13) Qui a impulsé le domaine de la mémoire sémantique avec Collins ?
a) Broadbent b) Conrad c) Meyer d) Canary
- 14) En mémoire sémantique, le classement des propriétés spécifiques seulement au niveau du concept de référence est l'économie ...
a) conceptuelle b) cognitive
c) hiérarchique d) spécifique

- 15) Le chercheur qui a lancé les recherches sur les indices de récupération est ...
a) Baddeley b) Ehrlich c) Pearlstone d) Tulving
- 16) La mémorisation d'éléments contextuels concerne la mémoire ...
a) analogique b) épisodique
c) générique d) sémantique
- 17) L'ordre de grandeur courant du pourcentage de reconnaissance de mots est de ...
a) 50 % b) 60 % c) 70 % d) 80 %
- 18) L'ordre de grandeur courant du pourcentage de reconnaissance de dessins est de ...
a) 60 % b) 70 % c) 80 % d) 90 %
- 19) Dans l'expérience célèbre de Bahrick, citez l'intrus dans les modes de récupération.
a) rappel des noms c) reconnaissance des noms
b) rappel avec photos d) reconnaissance des photos
- 20) Une cause majeure de l'oubli est ...
a) l'interférence b) la catégorisation
c) le transfert d) la répétition

LANGAGE ET IMAGE

- 1) La relation signifiant/signifié est arbitraire dans ...
a) l'indice b) l'icône
c) le signe d) le symbole
- 2) Les associations enfantines sont plutôt du type ...
a) similitude b) opposition
c) catégoriel d) paradigmatique

- 3) La théorie de l'information a été formulée par Shannon et ...
a) Weaver b) Wiener c) Werner d) Warner
- 4) Le surplus d'information est ...
a) l'incertitude b) la fréquence
c) la redondance d) la suppléance
- 5) La loi de Zipf dit que ...
a) les mots les plus fréquents sont les plus longs
b) les mots les plus fréquents sont les plus courts
c) les mots les plus fréquents sont les syntagmes nominaux
d) les mots les plus fréquents sont les syntagmes verbaux
- 6) La grammaire générative a été développée par :
a) Miller b) Fletcher c) Shannon d) Zipf
- 7) Les principaux «câbles» entre les hémisphères cérébraux sont les ...
a) corps calleux b) corps striés c) corps v d) corps c
- 8) Les caractères idéographiques de la langue japonaise ont pour nom ...
a) kana b) kanji
c) hiéroglyphe d) pictogramme
- 9) L'aphasie est la pathologie de ...
a) la dénomination b) la lecture
c) la parole d) l'audition
- 10) L'aphasie est une pathologie de ...
a) l'hémisphère gauche b) l'hippocampe
c) l'hémisphère droit d) l'hypothalamus

INTELLIGENCE

- 1) Un précurseur important de Piaget est ...
a) Spencer b) Janet c) Ribot d) Bergson

- 2) Quel stade de Piaget correspond aux invariants physiques ?
a) pré-opératoire b) opératoire
c) post-opératoire d) sensori-moteur
- 3) Désignez une caractéristique des opérations dans la conception piagétienne.
a) transitive b) additive
c) réversible d) topologique
- 4) Désignez l'intrus du groupe des 4 transformations du stade formel.
a) I b) N c) R d) C
- 5) La première épreuve valide d'intelligence a été appelée ...
a) échelle psychométrique b) échelle de performance
c) test d'aptitude d) test de facteur G
- 6) Le D48 est un bon test du facteur ...
a) verbal b) numérique c) spatial d) général
- 7) Citez l'intrus dans les utilisateurs d'une conception factorielle hiérarchique.
a) Burt b) Jensen c) Vernon d) Spearman
- 8) Le QI fut introduit pour la première fois dans un test par ...
a) Binet b) Cattell c) Spearman d) Wechsler
- 9) Le mongolisme est le syndrome de ...
a) Town b) Down c) Crown d) Prown
- 10) Le mongolisme affecte les chromosomes ...
a) 19 b) 20 c) 21 d) 22
- 11) Un test qui ne «tient» pas avec l'âge est le test des...
a) cubes b) sphères c) cercles d) triangles
- 12) Dans l'épreuve de Tryon, à quelle génération les Brights et les Dulls sont-ils nettement discriminés ?
a) la 1re b) la 3e c) la 5e d) la 7e

- 13) Quel est l'ordre de grandeur de la corrélation moyenne dans les tests composites entre les MZ ?
a) .40 b) .60 c) .80 d) .100
- 14) Quel est l'ordre de grandeur de la corrélation moyenne dans les tests composites entre les DZ ?
a) .30 b) .40 c) .80 d) .90
- 15) La corrélation moyenne dans les tests composites entre les DZ est du même ordre de grandeur qu'entre ...
a) MZ b) frères et sœurs
c) cousins d) père et mère
- 16) Un scandale dans les études de jumeaux porte sur les travaux de ...
a) Burt b) Gillie c) Kamin d) Vernon
- 17) Quelle aptitude n'est pas primaire dans la théorie de Thurstone ?
a) numérique b) raisonnement
c) verbale d) spatiale
- 18) Élevés en milieu enrichi (Cooper et Zubeck) ...
a) la performance des rats «cancres» est très inférieure à celle des «brillants»
b) la performance des rats «cancres» est inférieure à celle des «brillants»
c) la performance des rats «cancres» est équivalente à celle des «brillants»
d) la performance des rats «cancres» est supérieure à celle des «brillants»
- 19) Dans les études d'adoption par Sandra Scarr (recherche Minnesota), l'effet génétique est indiqué par ...
a) la corrélation entre les enfants adoptifs et les enfants biologiques
b) la différence de corrélation entre mère/enfant adoptif et mère/enfant biologique
c) la différence de corrélation entre les parents adoptifs et les parents biologiques
d) la corrélation entre les enfants adoptifs et les parents biologiques

20) Une des enfants louves s'appelait ...

- a) Samala b) Abdalla c) Falbala d) Kamala

MOTIVATION/ÉMOTION/ PERSONNALITÉ

1) Les molécules odorantes qui déclenchent des comportements s'appellent des ...

- a) déclencheurs b) hormones
c) incitateurs d) phéromones

2) Un des grands éthologistes ayant étudié les mécanismes innés est ...

- a) Fabre b) Morgan c) Tinbergen d) Frisch

3) Un faux stimulus déclencheur est un ...

- a) IRM b) IRF c) incentive d) leurre

4) L'intrus dans les systèmes de commande des émotions est...

- a) colère b) plaisir
c) peur d) détresse

5) L'effet purement conditionné d'un médicament s'appelle un ...

- a) modulo b) placebo
c) renforcement secondaire d) renforcement tertiaire

6) Une théorie du conflit repose sur le concept associationniste de l'apprentissage, lequel ?

- a) généralisation b) gradient
c) latent d) renforcement

7) La régulation des besoins s'appelle ...

- a) homéostasie b) homéopathie c) équistasie d) équipathie

- 8) La motivation la plus élevée dans la théorie hiérarchique est ...
a) estime de soi b) sécurité
c) réalisation d) besoins physiologiques
- 9) Désignez un facteur de la personnalité dans la théorie de Eysenck.
a) dominance b) hypochondrie
c) impulsivité d) sociabilité
- 10) Le déterminant social de l'agressivité étudié dans l'expérience de Bandura est ...
a) l'euphémisme
b) les mauvaises représentations des conséquences
c) la justification morale
d) la déshumanisation des victimes

CORRIGÉ

Les bonnes réponses (de a à d) et pièges (P) sont indiqués par chapitre. Comptez 1 point par question s'il y a 20 questions, ou 2 points par question s'il n'y a que 10 questions, afin d'obtenir une note sur 20 (notation usuelle).

Chapitres

N° question	Histoire	Perception	Apprentissage	Mémoire	Langage	Intelligence	Motivation
1	c	P	a	b	c	b	d
2	a	b	d	a	P	b	c
3	P	a	a	P	a	c	d
4	d	d	b	a	c	P	P
5	b	c	c	d	b	a	b
6	P	c	P	c	P	d	b
7	b	d	b	P	a	d	a
8	d	c	c	a	b	P	c
9	a	a	P	c	c	b	P
10	c	P	d	c	a	c	d
11		d		b		a	
12		b		d		d	
13		P		P		c	
14		a		b		P	
15		d		d		b	
16		a		b		a	
17		c		c		P	
18		P		d		c	
19		b		P		b	
20		b		a		d	

Attention : pour les questions pièges, ne pas répondre est la bonne réponse. Une mauvaise réponse (lettre entourée) est

comptée -2 (si 10 questions, ou -1 (si 20 questions). Ce calcul est fait pour compenser les bonnes réponses au hasard (1 chance sur 4 de répondre juste au hasard, soit 4 points pour 16 questions ; les réponses au hasard sur les pièges donnent - 4 points, ce qui fait un total de 0/20).

Si vous avez :

- de 16 à 20 : Vous êtes un nouveau Watson...
- de 12 à 16 : Bien : il ne vous reste qu'à améliorer vos connaissances par des lectures complémentaires ou des ouvrages plus encyclopédiques...
- de 08 à 12 : C'est trop juste : Rappelez-vous qu'un QCM est plus facile qu'un devoir de synthèse où vous échouerez (la reconnaissance est supérieure au rappel !)
- de 04 à 08 : Très insuffisant : vous avez lu ce chapitre comme on lit un roman ; prenez des notes, sous forme d'un plan détaillé, avec les concepts, noms essentiels et ordre de grandeur pour les résultats quantitatifs ; et réessayez, l'apprentissage demande plusieurs essais...
- de 0 à 04 : la géographie, c'est pas mal non plus !...

Bibliographie

- ANISFELD, M. (1984). *Language Development from birth to three*, Hillsdale (New Jersey).
- ATKINSON, R.C., & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory : a proposed system and its control processes, in SPENCE, K.W. & SPENCE J.T. (Eds), *The psychology of learning and motivation*, vol. 2, New York, Academic Press.
- BADDELEY, A. (1976). *The psychology of memory*, Harper International Edition.
- BAER, D.M., PETERSON, R.F., & SHERMAN, J.A. (1967). The development of imitation by reinforcing behavioral similarity to a model, *Journal of the experimental analysis of behavior*, 10, 405-416.
- BAHRICK, H.P., & BAHRICK, P.O., & WITTLINGER, R.P. (1973). Fifty years of memory for names and faces : A cross-section approach, *Journal of Experimental Psychology : General*, 104, 54-75.
- BAIRD, Jr, J.S. (1981). Reliability of the 16PF Questionnaire for security guard applicants, *Journal of Personality Assessment*, 45, 545-546.
- BANDURA, A. (1979). Psychological mechanisms of aggression, in CRANACH, FOPPA, LEPENIES & PLOOG (eds), *Human ethology : Claims and limits of a new discipline*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BANDURA, A. (1980). *L'apprentissage social*, Bruxelles, Mardaga.
- BANDURA, A., UNDERWOOD, N., & FROMSON, M.E. (1975). Disinhibition of aggression through diffusion of responsibility and dehumanization of victims, *Journal of Research in Personality*, 9, 253-269.
- BARRY, III, H., & MILLER, N.E. (1962). Effects of drugs on approach — avoidance conflict tested repeatedly by means of «telescope alley», *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55, 201-210.
- BAUMGARDT, E. (1968). *La vision*, Paris, PUF.

- BEACH, F.A. (1951). Instinctive behavior : Reproductive activities, in S.S. STEVENS, *Handbook of Experimental Psychology*, New York, John Wiley.
- BEAUVOIS, M.F. & DÉROUESNÉ J. (1979). Phonological alexia : three dissociations, *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 42, 1115-1124.
- BENTON, D., & WASTELL, V. (1986). Effects of androstenol on human sexual arousal, *Biological Psychology*, 22, 141-147.
- BERGSON, H. (1896). *Matière et mémoire*, Paris, Alcan, 1917 (3^e édition, p. 75-76).
- BIAGGIO, M.K., SUPPLEE, K., & CURTIS, N. (1981). Reliability and validity of four anger scales, *Journal of Personality Assessment*, 45, 639-648.
- BINET, A. (1900). Recherches sur la technique de la mensuration de la tête vivante, *L'Année Psychologique*, 7, 314-429.
- BINET, A. (1902). Nouvelles recherches de céphalométrie, *L'Année Psychologique*, 8, 341-429.
- BINET, A. (1904). La graphologie et ses révélations sur le sexe, l'âge et l'intelligence, *L'Année Psychologique*, 9, 179-210.
- BINET, A. (1908). Essai de chiromanie expérimentale, *L'Année Psychologique*, 13, 390-404.
- BINET, A., & SIMON, TH. (1905a). Sur la nécessité d'établir un diagnostic scientifique des états inférieurs de l'intelligence, *L'Année Psychologique*, 11, 193-217.
- BINET, A., & SIMON, TH. (1908b). Le développement de l'intelligence chez les enfants, *L'Année Psychologique*, 14, 1-94.
- BLAKEMORE, C. (1978). *Environmental constraints on development in the visual system*, in Hinde (R.A.), *Constraints on learning*, New York, Academic Press.
- BLANCHETEAU, M. (1982). *L'apprentissage animal*, Bruxelles, Mardaga.
- BLODGETT, H.C. (1929). The effect of the introduction of reward upon the maze performance of rats, *University California Publishing Psychology*, 4, 113-134.
- BONAVENTURE, N. (1965). *Étude des sensibilités visuelles, spectrales, et chromatiques chez le spermophile, le chat, la souris*, Thèse de doctorat, Strasbourg.
- BONNET, V. (1969). Audition in Kayser : *Traité de physiologie*, tome 2, p. 821-896, Paris, Masson.
- BONNET, C. (1980). Le traitement des formes visuelles, *Lux*, 110, 17-22.
- BONNET, C., GHIGLIONE, R., RICHARD, J.F. (1989). *Traité de psychologie cognitive*, T.1, Perception, action, langage, Paris, Dunod.

- BORING, E.G. (1957). *A history of experimental psychology*, Appleton-Century-Crofts, New York.
- BOUCHARD, T.J. JR., & MCGUE, M. (1981). Familial studies of intelligence : a review, *Science*, 212, 1055-1059.
- BOWER, G. (1970). Imagery as a relational organizer in associative learning, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 529-533.
- BOWER, G.H., CLARK, M.C., LESGOLD, A.M., & WINZENZ, D. (1969). Hierarchical retrieval schemes in recall of categorized word lists, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 323-343.
- BRADY, J.V. (1958). *Ulcers in «executive» monkeys*, Scientific American.
- BRAMAUD DU BOUCHERON, G. (1981). *La mémoire sémantique de l'enfant*, Paris, PUF.
- BRESSON, F. (1972). Langage et communication, in FRAISSE, J., PIAGET, J. : *Traité de Psychologie expérimentale*, tome 8, Paris, PUF.
- BROADBENT, D.E. (1958). *Perception and communication*, London, Pergamon Press.
- BROWN, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12-21.
- BROWN, R.W. & MCNEILL, D. (1966). The «tip of the tongue phenomenon», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 325-327.
- BROWNE, J.A., & HOWARTH, E. (1977). A comprehensive factor analysis of personality questionnaire items : a test of twenty putative factor hypothesis, *Multivariate Behavioral Research*, 4, 399-427.
- BRUTSCHE, J., CISSE, A., DELEGLISE, D., FINET, A., SONNET, P., & TIBERGHIE, G. (1981). Effets de contexte dans la reconnaissance de visages non familiers, *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 1, 85-90.
- BUCHANAN, J.P., GILL, T.V., & BRAGGIO, J.T. (1981). Serial position and clustering effects in a chimpanzee's «free recall», *Memory & Cognition*, 9, 651-660.
- BURT, C. (1958). The inheritance of mental ability, *American Psychologist*, 13, 1-15.
- BURT, C. (1966). The genetic determination of differences in intelligence : a study of monozygotic twins reared together and apart, *British Journal of Psychology*, 57, 137-153.
- BUTLER, R.A. (1954). *Curiosity in monkeys*, Scientific American.
- BYKOV, C. (1956). *L'écorce cérébrale et les organes internes*, Moscou, Editions en langues étrangères.

- CARON, J. (1989). Précis de psycholinguistique, Paris, PUF.
- CARPENTER, P.A. (1974). On the comprehension, storage and retrieval of comparative sentences, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 13, 401-411.
- CESSELIN, F. (1959). *Comment évaluer le niveau intellectuel (adaptation française du test Terman-Merrill, 1937)*, Paris, Bourrellier-Armand Colin.
- CHAUCHARD, P. (1965). *Les messages de nos sens*, Paris, PUF.
- CHOMSKY, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- CLAPAREDE, E. (1964). *Psychologie de l'enfant et pédagogie expérimentale : Le développement mental*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- COHEN-SALMON, CH., & BLANCHETEAU, M. (1968). Indices d'orientation dans le labyrinthe et transport de la nourriture chez le rat blanc, *L'Année Psychologique*, 68, 1-10.
- COLLINS, A. & QUILLIAN, R.M. (1970). Does the category size affect categorization time ? *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 432-438.
- CONRAD, C. (1972). Cognitive economy in semantic memory, *Journal of Experimental Psychology*, 92, 149-154.
- CONRAD, R. (1964). Acoustic confusions in immediate memory, *British Journal of Psychology*, 55, 75-84.
- COOPER, R.M., & ZUBEK, J.P. (1958). Effects of enriched and restricted early environments on the learning ability of bright and dull rats, *Canadian Journal of Psychology*, 12, 159-164.
- COREN, Z. (1981). The interaction between eye movements and visual illusions, in FISHER, MONTY & SENDERS : *Eye movements : cognition and visual perception*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- CORNU, L. (1967). Données biochimiques et électro psychologiques récentes sur la vision chromatique, *L'Année Psychologique*, 67, 532, 548.
- COTTRAUX, J. (1979). *Les thérapies comportementales*, Paris, Masson.
- COWLES, J.T. (1937). Food-tokens as incentives for learning by chimpanzees, *Comparative Psychological Monographs*, 14, n° 71.
- CRAIK, F.I.M. (1970). The fate of primary memory items in free recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 143-148.
- CRAWFORD M.P., & SPENCE, K.W. (1939). Observational learning of discrimination problems by chimpanzees, *Journal of Comparative Psychology*, 27, 133-147.

- DARWIN, Ch. (1870). *De l'origine des espèces, par sélection naturelle ou des lois de transformation des êtres organisés*, Paris, Guillaumin et Cie, Victor Masson et fils, Paris. (1^{re} édition anglaise, 1859).
- DELMAS A., & DELMAS, A. (1965). *Voies et centres nerveux*, Paris, Masson & Cie.
- DENIS, M. (1975). Représentation imagée et activité de mémorisation, Paris, éditions du CNRS.
- DENIS, M. (1979). *Les images mentales*, Paris, PUF.
- DENIS, M., & DE POUQUEVILLE, P. (1976). Le réalisme de la figuration dans la mémoire d'actions concrètes, *Bulletin de Psychologie*, 30, 328, 543-550.
- DODWELL, P.C., & BESSANT, D.E. (1960). Learning without swimming in a water maze, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 53, 422-425.
- DONNET, V. (1969). Système nerveux autonome, in Kayser : *Traité de physiologie*, tome 2, p. 659-748, Paris, Masson.
- DORST, J. (1956). *Les migrations d'oiseaux*, Paris, Payot.
- DOTY, R.W. (1969). Conditioned reflexes formed and evoked by brain stimulation (1061) in Pribram : *Brain and Behavior* 2, Penguin Books, England.
- DOVE, C.C. & THOMPSON, M.E. (1943). Some studies on «insight» in white rats, *The Journal of Genetic Psychology*, 63, 235-245.
- DUCHARME, R., & FRAISSE, P. (1965). Étude génétique de la mémorisation de mots et d'images, *Canadian Journal of Psychology*, 19, 253-261.
- EHRlich, S. (1972). *La capacité d'appréhension verbale*, Paris, PUF.
- EHRlichMAN, H. & BARRETT, J. (1983). Right hemispheric specialization for mental imagery, *Brain and Cognition*, 2, 55-76.
- EMLen, S.T. (1972). L'énigme des oiseaux migrateurs, *Psychologie*, n° 34.
- ESPÉRET, E. (1979). *Langage et origine sociale des élèves*, Berne, Peter Lang.
- EWERT, J.P. (1974). *The neural basis of visually guided behavior*, Scientific American.
- EYSENCK, H.J. (1939). Primary mental abilities, *British Journal of Educational Psychology*, 9, 250-265.
- EYSENCK, H.J. (1979). *La névrose et vous*, Bruxelles, Mardaga.
- FABRE, J.H. (1942). *Souvenirs entomologistes*, Paris, Delagrave.
- FESTINGER, L. (1962). *Cognitive Dissonance*, Scientific American.

- FISHER, MONTY & SENDERS (1981). *Eye movements : cognition and visual perception*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- FRAISSE, P. (1965). Les émotions, in *Traité de Psychologie Expérimentale*, PUF, Paris.
- FRAISSE, P. (1967). L'évolution de la psychologie expérimentale, in *Traité de Psychologie Expérimentale*, PUF, Paris.
- FRAISSE, P. (1968). L'intégration et le masquage de lettres présentées en succession rapide, *L'Année Psychologique*, 68, 321-345.
- FRAISSE, P. (1971). L'intégration temporelle des éléments des illusions optico-géométriques et l'inversion de l'illusion de Muller-Lyer, *L'Année Psychologique*, 71, 53-72.
- FRAISSE, P. (1974). Mémoire de dessins et de phrases en fonction de la durée de présentation, *L'Année Psychologique*, 74, 145-156.
- FRAISSE, P. (1976). Y a-t-il des illusions perceptives en vision réduite, *Bulletin de Psychologie*, 327, 212-219.
- FRAISSE, P., & CONSTANTIAL, G. (1968). La durée de transformation négative d'adjectifs isolés, *L'Année Psychologique*, 68, 409-420.
- FRAISSE, P., & LÉVEILLÉ, M. (1975). Influence du codage visuel de phrases sur leur mémorisation à court terme, *L'Année Psychologique*, 75, 409-416.
- FREUD, S. (1925). *Ma vie et la psychanalyse*, Paris, Gallimard, 1950.
- FREUD, S. (1917). *Introduction à la psychanalyse*, Paris, Payot, 1965.
- FREUD, S. (1901). *Psychopathologie de la vie quotidienne*, Paris, Payot, 1973.
- FRISBY, J.P. (1979). *De l'œil à la vision*, Paris, Fernand Nathan.
- FISHER, D.F., MONTY, R.A. & SENDERS, J.W. (1981). *Eye movements : Cognition and visual perception*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- GARDNER, A., & B. (1969). Teaching sign language to a chimpanzee, *Science*, 165, 664, 672.
- GAZZANIGA, M. (1970). *Le cerveau dédoublé*, Bruxelles, Maradaga, 1976.
- GENTNER, D. (1975). Evidence for the psychological reality of semantic components : the verbs of possession, in D.A. NORMAN AND D.E. RUMELHART, *Explorations in Cognition*, San Francisco, Freeman and Company.
- GÉRARD, C. (1974). *Aspects figuratifs et opératifs de l'activité mnémonique chez*

l'enfant, Thèse de doctorat de 3^e cycle, Paris.

GÉRARD, C. (1975). Étude génétique des classements catégoriels, *Enfance*, 28, 345-372.

GLANZER M., CUNITZ, A.R. (1966). Two storage mechanisms in free recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 351-360.

GLEITMAN, H. (1963), *Place-learning*, Scientific American.

GOEBEL, B.L., & BROWN, D.R. (1981). Age differences in motivation related to Maslow's need hierarchy, *Developmental Psychology*, 17, 809-815.

GOUGENHEIM, G., MICHÉA, R., RIVENC, P., & SAUVAGEOT, A. (1967). *L'élaboration du français fondamental*, Paris, Didier.

GREGORY, R.L. (1966). *L'œil et le cerveau*, Paris, Hachette.

GRIBENSKI, A. (1964). *L'audition*, Paris, PUF.

GUILLEMIN, R., & BURGUS, R. (1972). *The hormones of the hypothalamus*, Scientific American.

HALL, D.T., & NOUGAIM, K.E. (1968). An examination of Maslow's need hierarchy in an organizational setting, *Organizational behavior and human performance*, 3, 12-35.

HARDYCK, C.D., & PETRINO-VITCH, L.F. (1970). Subvocal speech and comprehension

level as a function of the difficulty level or reading material, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 647-652.

HARLOW, H. (1959). *Love in infant monkeys*, Scientific American.

HATWELL, Y. (1966). *Privation sensorielle et intelligence*, Paris, PUF.

HAYDEN, TH., & MISCHEL, W. (1976). Maintaining trait consistency in the resolution of behavioral inconsistency : The wolf in sheep's clothing ? *Journal of personality*, 44, 109-132.

HINTZMAN, D.L. (1967). Articulatory coding in short-term memory, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 312-316.

HOLLOWAY, R.L. (1974). *The casts of fossil hominid brains*, Scientific American.

HONZIK, M.P. (1957). Developmental studies of parent-child resemblance in intelligence, *Child Development*, 28, 215-228.

HORN, J. (1983). The Texas adoption project : adopted children and their intellectual resemblance to biological and adoptive parents, *Child Development*, 54, 268-275.

HUBEL, D. (1963). *The visual cortex of the brain*, Scientific American.

- HUBEL D., & WIESEL, T. (1979). Les mécanismes cérébraux de la vision : in Le cerveau, *Pour la Science*, n° 25, 79-93.
- HULL, C.L. (1943). *Principles of behavior*, New York, Appleton-Century-Crofts.
- HULL., C.L. (1952). *A behavior system*, New Haven, Yale University Press.
- HUTEAU, M. (1973). L'étude de l'hérédité du comportement chez l'animal. Problèmes généraux, in Reuchlin, *L'hérédité des conduites*, Paris, PUF.
- ISHIHARA, S. (1966). *Tests for couleur-blindness*, Tokyo, Kanehara Shuppan, Co, LTD.
- ITTELSON, W.H., & KILPATRICK, F.P. (1951). *Experiments in perception*, Scientific American, 65-76.
- IZARD, C.E. (1977). *Human emotions*, New York, Plenum Press.
- JACUBOWITZ, C. (1968). La durée de la transformation grammaticale des phrases, *L'Année Psychologique*, 1968, 68, 421-429.
- JANET, P. (1928). *L'évolution de la mémoire et de la notion de temps*, Paris, Chahine.
- JEANNEROD, M. (1974). Les deux mécanismes de la vision, *La Recherche*, 24-32.
- JENSEN, A.R. (1980). *Bias in mental testing*, London, Methuen & Co.
- JODELET, F. (1972). L'association verbale, in FRAISSE & PIAGET, J. : *Traité de Psychologie expérimentale*, tome 8, PUF, Paris.
- JOURDAN, F. (1987). L'image des odeurs, *Le Courrier du CNRS*, 66, 67, 68.
- JUHEL, J. (1989 a). Analyse des aptitudes intellectuelles : revue de quelques travaux récents, *L'Année Psychologique*, 89, 63-86.
- JUHEL J. (1989 b). Analyse confirmatoire des relations entre aptitudes spatiales et mémoire visuo-spatiale, *Psychométrie et Psychologie*, 10, 21-41.
- KAMIN, L. (1984). IQ : the rank ordering of the world, in «Not in our genes» ROSE, KAMIN & LEWONTIN (eds), Harmondsworth England, Penguin Books.
- KARLI, P. (1969). Le système limbique, in Kayser : *Traité de physiologie*, tome 2, p. 1081-1122, Paris, Masson.
- KARLI, P. (1971). Les conduites agressives, *La Recherche*, n° 18.
- KAWAI, M. (1965). Newly-acquired pre-cultural behavior of the natural troop of Japanese Monkeys on Koshima Islet, *Primates*, 6, 1-30.
- KLEITMAN, N., & CRISLER, G. (1927). A quantitative study of a salivary conditioned reflex, *American Journal of Physiology*, 79, 571-614.

- KOHLER, W. (1964). *La psychologie de la forme*, Paris, Gallimard.
- KRETCH, D., CRUTCHFIELD, R.S. & LIVSON, N. (1969). Elements of psychology, (2^e ed.), New York, Alfred A. Knopf.
- LAGACHE, D. (1966). *La psychanalyse*, Paris, PUF.
- LAPORTE, Y. (1969). Innervation des muscles squelettiques, des articulations et de la peau ; in Kayser : *Traité de physiologie*, tome 2, p. 287-322, Paris, Masson.
- LAPPUKE, R., SCHMITT, P., & KARLI, P. (1982). Discriminative properties of aversive brain stimulation, *Behavior and neural biology*, 34, 159-179.
- LAUTREY, J. (1978). Structuration de l'environnement familial et développement cognitif, *Cahiers de psychologie*, 21, 99-110.
- LAWICK-GOODALL (VAN) J. (1970). *Les chimpanzés et moi*, Stock, 1971.
- LE MAGNEN, J. (1949). *Odeurs et parfums*, Paris, PUF.
- LE MAGNEN, J. (1951). *Le goût et les saveurs*, Paris, PUF.
- LE MAGNEN, J. (1969). Olfaction, in Kayser : *Traité de physiologie*, tome 2, p. 749-802, Paris, Masson.
- LE MAGNEN, J. (1969). Gustation, in Kayser : *Traité de physiologie*, tome 2, p. 803-820, Paris, Masson.
- LE NY, J.F. (1967). *Apprentissage et activités psychologiques*, Paris, PUF.
- LE NY, J.F. (1976). Sèmes ou Mêmes ? In Ehrlich, S. & Tulving, E. (eds) : *La mémoire sémantique*, *Bulletin de Psychologie*, numéro spécial.
- LEROY-BOUSSION, A. (1971). Maturité mentale et apprentissage de la lecture, *Enfance*, 153-208.
- LÉVY-SCHOEN, A. (1967). Les mouvements oculaires d'exploration, *L'Année Psychologique*, 569-599.
- LÉVY-SCHOEN, A. (1973). *The oculomotor system and brain functions*, in Zigmund, Proceedings of the international colloquium held at Smolence, London, Butterworths.
- LÉVY-SCHOEN, A. (1976). Exploration et connaissance de l'espace visuel sans vision périphérique, *Le Travail Humain*, 39, 63-72.
- LEWIN, K. (1964). *Psychologie dynamique*, Paris, PUF.
- LIDDEL, H.S. (1954). *Conditioning and emotions*, Scientific American.

- LIEURY, A. (1975). *La mémoire*, Bruxelles, Mardaga.
- LIEURY, A. (1979). La mémoire épisodique est-elle emboîtée dans la mémoire sémantique, *L'Année Psychologique*, 79, 123-142.
- LIEURY, A. (1980a). *Les procédés mnémotechniques, science ou charlatanisme ?* Bruxelles, Mardaga.
- LIEURY, A. (1980b). *Les processus de récupération*, 2 tomes, Thèse d'État, Poitiers.
- LIEURY, A., & CALVEZ, F. (1986). Le double codage des dessins en fonction du temps de présentation et de l'ambiguïté, *L'Année Psychologique*, 86, 45-61.
- LIEURY, A., IFF, M. & DURIS, P. (1976). Normes d'associations verbales, *Laboratoire de psychologie expérimentale*, Paris.
- LIEURY, A., LE NOUVEAU N. (1987). Spécialisation hémisphérique et double traitement des dessins en mémoire, *L'Année Psychologique*, 87, 169-183.
- LONGSTREPH, L.E., DAVIS, B., CARTER, L., FLINT, D., OWEN, J., RICKERT, M., & TAYMOR, E. (1981). Separation of home intellectual environment and maternal IQ as determinants of child IQ. *Developmental Psychology*, 17, 532-541.
- LOO, R. (1979). A psychometric investigation of the Eysenck Personality Questionnaire, *Journal of Personality assessment*, 43, 54-58.
- LORENZ, K. (1968). *Il parlait avec les mammifères, les oiseaux et les poissons*, Paris, Flammarion.
- LORENZ, K. (1969). *L'agression*, Paris, Flammarion.
- MACKINTOSH, N.J. (1974). *The psychology of animal learning*, Academic Press, New York.
- MAGOUN, H.W. (1960). *Le cerveau éveillé*, Paris, PUF.
- MALSON, L. (1964). *Les enfants sauvages, mythe et réalité*, Paris, Union Générale d'Éditions.
- MALTZMAN, I. (1968). Theoretical conceptions of semantic conditioning and generalization, in Dixon & Horton (ed.) : *Verbal Behavior and General Behavior Theory*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc, 291-339.
- MASLOW, A.H. (1943). A theory of human motivation, *Psychological Review*, 50, 370-396.
- MASSERMAN, J.H. (1950). *Experimental neuroses*, Scientific American.
- MATRAS, J.J. (1961). *Le son*, Paris, PUF.

- MACNICHOL, E.F. (1964). *Three pigments color vision*, Scientific American.
- MAGOUN, H.W. (1960). *Le cerveau éveillé*, Paris, PUF.
- MANDLER, G. & PEARLSTONE, Z. (1966). Free and constrained concept learning and subsequent recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5; 12, 6-131.
- MAXWELL, A.E. (1972). Factor analysis : Thomson sampling theory recalled, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 25, 1-21.
- MCGEOGH, J.A., & McDONALD, W.T. (1931). Meaningful relation and retroactive inhibition, *The American Journal of Psychology*, 18, 579-588.
- MC NEILL D. (1966). Developmental psycholinguistics, in SMITH, F., & MILLER, G.A. (eds), *The genesis of language, a psycholinguistic approach*, Cambridge, Mass. MIT Press.
- MÉDIONI, J., & ROBERT, M.C. (1969). L'apprentissage chez les invertébrés, *L'Année Psychologique*, 69, 161-208.
- MEYER, D. (1970). On the representation and retrieval of stored semantic information, *Cognitive Psychology*, 1, 242-299.
- MILGRAM, S. (1974). Soumission à l'autorité, Paris, Calmann-Levy.
- MILLER, G.A. (1956 a). The magical number Seven, plus or minus two : some limits of our capacity for processing information, *Psychological Review*, 63, 81-97.
- MILLER, G.A. (1956 b). *Langage et communication*, Paris, PUF.
- MILLER, N.E. (1944). Experimental studies of conflict, in Personality and the behavior disorders, J. Mc V. Hunt, 431-465.
- MILLER, V.E. (1948). Studies of fear as an acquirable drive : I. Fear as motivation and fear reduction as reinforcement in the learning of new responses, *Journal of Experimental Psychology*, 38, 89-101.
- MILLER, B.E., & DOLLARD, J. (1941). *Social learning and imitation*, New Haven, Yale University Press.
- MILNER, B. (1970). Pathologie de la mémoire, In *La mémoire*, symposium, Paris, PUF.
- MISCHEL, W. (1968). *Personality and assessment*, New York, John Wiley and Sons.
- MISCHEL, W., & PEAKE, P. (1982). Beyond Déjà Vu in the search for cross-situational consistency, *Psychological Review*, 89, 730;755.
- MONTMOLLIN, G. (1977). *L'influence sociale*, Paris, PUF.
- MORTON, J. (1970). Functional model of memory, in NORMAN

- (ed.) : Models of memory, New York, Academic Press.
- MUELLER, C.G., & RUDOLPH, M. (1966). *L'œil et la lumière*, Time-Life.
- MURDOCK, B.B. Jr (1962). The serial position effect of free recall, *Journal of Experimental Psychology*, 64, 482-488.
- MYERS, W.A. (1970). Observational learning in monkeys, *Journal of the experimental analysis of behavior*, 14, 225-235.
- NATHANS, J., (1989). *The genes of color vision*, Scientific American, 28-35.
- N'GUYEN XUAN, A. (1969). *Étude par le modèle factoriel d'une hypothèse sur les processus de développement : recherche expérimentale sur quelques aptitudes intellectuelles chez des élèves du premier cycle de l'enseignement secondaire*, Thèse de 3e cycle, Laboratoire de psychologie différentielle, Paris.
- NOBLE, C.E. (1952). An analysis of meaning, *Psychological Review*, 59, 421-430.
- NOIZET, G. (1980). *De la perception à la compréhension du langage*, Paris, PUF.
- NOTON, D., & STARK, L. (1971). *Eye movements and visual perception*, Scientific American.
- OLÉRON, G. (1970). Les effets de série comme analyseurs des processus de la mémoire, *L'Année Psychologique*, 70, 73-94.
- OLÉRON, P. (1957). *Les composantes de l'intelligence d'après les recherches factorielles*, Paris, PUF.
- OLÉRON, P., & HERREN, H. (1961). L'acquisition des conservations et le langage, *Enfance*, 201-219.
- OLDS, J. (1956). *Pleasure centers in the brain*, Scientific American.
- O'REAGAN, K., & LÉVY-SCHOEN, A. (1978). Les mouvements des yeux au cours de la lecture, *L'Année Psychologique*, 78, 459-492.
- OVERTON, W., & WIENER, M. (1966). Visual field position and word-recognition threshold, *Journal of Experimental Psychology*, 71, 249-253.
- PAIVIO, A. (1971). *Imagery and verbal processes*, New York, Holt, Rinehart & Winston.
- PAIVIO, A., & CSAPO, K. (1969). Concrete image and verbal memory codes, *Journal of Experimental Psychology*, 80, 279-285.
- PALLAUD, B. (1972). L'apprentissage par observation chez les rongeurs, *Colloques internationaux du CNRS*, n° 198 – Modèles animaux du comportement humain.

- PALLAUD, B. (1977). *L'apprentissage par observation chez la souris et le rat*, Strasbourg, Thèse de doctorat es sciences naturelles.
- PALLAUD, B., & WILL, B. (1977). Rôle de la vision dans l'apprentissage par observation chez le rat, *Behavior*, 62, 209-221.
- PANKSEEP, J. (1977). Toward a general psychobiological theory of emotions, *The Behavioral and Brain Sciences*, 5, 407-467.
- PARSONS, P.A. (1970). *L'analyse génétique du comportement*, Paris, Dunod.
- PATTERSON, K.E., & MARCEL, J. (1977). Asphasia, dyslexia and the phonological coding of written words, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 307-318.
- PAVLOV, I. (1963). *Réflexes conditionnels et inhibitions (recueils de textes)*, Bibliothèque Médiation, Genève, ed. Gonthier.
- PENFIELD, W., & ROBERTS, L. (1963). *Langage et mécanismes cérébraux*, Paris, PUF.
- PETERFALVI, J.M. (1966). «Symbolisme phonétique» et arbitraire du signe (linguistique), *Bulletin de Psychologie*, numéro spécial «aspects du langage», 247, 632-635.
- PETERSON, L.R., & PETERSON, M.J. (1959). Short-term retention of individual verbal items, *Journal of Experimental Psychology*, 193-198.
- PETTIGREW, J.D. (1972). *The neurophysiology of binocular vision*, Scientific American.
- PIAGET, J. (1961). *Les mécanismes perceptifs*, Paris, PUF.
- PIAGET, J. (1964). *La construction du réel chez l'enfant*, Neuchâtel (Suisse), Delachaux & Niestlé.
- PIAGET, J., & INHELDER, B. (1962). *Le développement des quantités physiques*, Neuchâtel (Suisse), Delachaux & Niestlé.
- PIAGET, J., & INHELDER, B. (1963). Les opérations intellectuelles et leur développement, in FRAISSE, P., PIAGET, J. : *Traité de psychologie expérimentale*, tome 7, PUF, Paris.
- PIAGET, J., & INHELDER, B. (1966). *La psychologie de l'enfant*, Paris, PUF.
- PIÉRON, H. (1958). *De l'actinie à l'homme*, Paris, PUF.
- PIÉRON, H. (1966). Les besoins, in Fraisse & Piaget, *Traité de psychologie expérimentale*.
- PIÉRON, H. (1967). *La sensation*, Paris, PUF.
- POSTMAN L., & PHILLIPS, L.W. (1965). Short-term temporal changes in free recall, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17, 132-138.

- PREMACK, A.J., & PREMACK, D. (1972). *Teaching language to an ape*, Scientific American.
- PRIBRAM, K. (1969). The new neurology : memory, novelty, thought and choice (1963) in PRIBRAM : *Brain and Behavior* 3, Penguin Books, England.
- PRIBRAM, K. (1974). *Les quatre R de la mémoire*, Psychologie.
- PRITCHARD, R.M. (1961). *Stabilized images on the retina*, Scientific American.
- RATLIFF, F. (1972). *Contour and contrast*, Scientific American.
- RESCORLA, R.A., & SOLOMON, R.L. (1967). Two-processes learning theory : relationships between pavlovian conditioning and instrumental learning, *Psychological Review*, 74, 151-182.
- REUCHLIN, M. (1964). *Méthodes d'analyse factorielle à l'usage des psychologues*, Paris, PUF.
- REUCHLIN, M. (1966). *Histoire de la psychologie*, Paris, PUF.
- REUCHLIN, M. (1973). *L'hérédité des conduites*, ouvrage collectif sous la direction de Reuchlin, Paris, PUF.
- REUCHLIN, M. (1974). *La psychologie différentielle*, Paris, PUF.
- REUCHLIN, M. (1977). *Psychologie*, Paris, PUF, (4^e édition).
- REUCHLIN, M. (1978). *Culture et conduites*, ouvrage collectif sous la direction de Reuchlin, Paris, PUF.
- RICHELLE, M. (1966). *Le conditionnement opérant*, Bruxelles, Mardaga.
- ROCKLIN, T., & REVELLE, W. (1981). The measurement of extraversion : a comparison of the Eysenck Personality inventory and the Eysenck Personality Questionnaire, *British Journal of Social Psychology*, 20, 279-284.
- ROPARTZ, Ph. (1968). Le rôle de l'olfaction dans le comportement social des souris mâles, *Revue du Comportement animal*, 2, 1-39.
- ROSENZWEIG, M.R. (1976). *Biologie de la mémoire*, Paris, PUF.
- ROSSI, J.P. (1975). Inhibition latérale et métacontraste, *L'Année Psychologique*, 75, 7-21.
- ROSSI, J.P. (1983). *L'identification des mots écrits*, Lille, Atelier national de reproduction des thèses.
- ROUBERTOUX, P., & CARLIER, M. (1976). *Génétique et comportements*, Paris, Masson.
- SANDS, S.F., & WRIGHT, A.A. (1980). Primate memory : Retention of serial list items by a Rhesus Monkey, *Science*, 209, 22, 938-940.

- SAVIN, H.B., & PERCHONOCK, E. (1965). Grammatical structure and the immediate recall of english sentences, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 4, 348-353.
- SASANUMA, S., & FUJIMARA, O. (1971). Selective impairment of phonetic and non-phonetic transcription of words in Japanese aphasic patients : Kana versus kanji in visual recognition and writing, *Cortex*, 7, 1-18.
- SAUSSURE (de), F. (1972). *Cours de linguistique générale*, Paris.
- SCARR, S. (1981). *Race, social class and individual differences in IQ*, Hillsdale (New Jersey), LEA.
- SCARR, S., & WEINBERG, R.A. (1983). The Minnesota adoption studies : genetic differences and malleability, *Child Development*, 54, 260-267.
- SCHACHTER, S., & SINGER, J.E. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional states, *Psychological Review*, 69, 379-399.
- SCHANK, R.C. (1980). Language and memory, *Cognitive Science*, 4, 243-284.
- SEGAL, J. (1953). *Le mécanisme de la vision des couleurs*, Paris, Doin.
- SHANNON, C.E. (1948). A mathematical theory of communication, *Bell system technical journal*.
- SHAPIRO, M. (1962). Temporal relationship between salivation and lever pressing with differential reinforcement of low rates, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55, 201-210.
- SHEA, J.B. (1977). Effects of labeling on motor short-term memory, *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 3, 92-99.
- SINCLAIR, H., & FERREIRO, E. (1970). Étude génétique de la compréhension, production et répétition des phrases au mode passif, *Archives de Psychologie*, 40, 1-42.
- SINGER, J.L., & SINGER, D.G. (1981). *Television, imagination and aggression*, Hillsdale (New Jersey), LEA.
- SINGLY (de), F. (1987). *Fortune et infortune de la femme mariée*, Paris, PUF.
- SKEELS, H.M. (1966). Adult status of children with contrasting early life experience, *Monographies of Social Research in Child Development*, 31, n° 105.
- SKINNER, B.F. (1950). Are theories of learning necessary ? *Psychological Review*, 57, 193-216.
- SKINNER, B.F. (1951). *How to teach animals*, Scientific American.

- SKODAK, M., & SKEELS, A.M. (1949). A final follow-up study of one hundred adopted children, *The Journal of Genetic Psychology*, 75, 85-125.
- SMALL, W.S. (1900). An experimental study of the mental processes of the rat, *The American Journal of Psychology*, 11, 133-165.
- SMALL, W.S. (1901). An experimental study of the mental processes of the rat II, *The American Journal of Psychology*, 12, 206-239.
- SOLOMON, R.L., & WYNNE, L.C. (1953). Traumatic avoidance learning acquisition in normal dogs, *Psychological Monographs*, 67, 1-19.
- SPEARMAN, C. (1904). «General Intelligence» objectively determined and measured, *American Journal of Psychology*, 15, 201-292.
- SPERRY, R.W. (1964). *The great cerebral commissure*, Scientific American.
- SPITZ, R.A. (1949). The role of ecological factors in emotional development in infancy, 20, 145-156.
- SPITZ, R.A. (1968). *De la naissance à la parole, la première année de la vie*, Paris, PUF.
- SPRAGG, S.D.S. (1940). Morphine addiction in chimpanzees, *Comparative Psychological Monographs*, vol. 15, n° 17.
- STANDING, L. CONEZIO, J., & HABER, R.N. (1970). Perception and memory for pictures : single-trial learning of 2500 visual stimuli, *Psychonomic Science*, 19, 73-74.
- STARK, L., & ELLIS, S.R. (1981). Scanpaths revisited : cognitive models direct active looking, in FISHER, MONTY & SENDERS : *Eye movements : cognition and visual perception*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- STEVENS, S.S., & WARSHOFKY, F. (1966). *Le son et l'audition*, Time-Life.
- TAPÉ, G. (1987). *Milieu africain et développement cognitif*, Thèse de doctorat d'État, Caen.
- TERMAN, L.M., & MERRILL, M.A. (1937). *Measuring intelligence*, London, George G. Harrap & Compagny LTD.
- TEST 16 PF. (1952). Questionnaire de personnalité en 16 facteurs (Cattell, R.B.), Paris, Centre de Psychologie appliquée.
- TEST PM 47. (1953). *Progressives Matrices* (Penrose & Raven), Paris, Éditions scientifiques et psychotechniques.
- TEST PMA. (1964). *Manuel d'application* (Thurstone), Paris, Centre de psychologie appliquée.
- TEST D 48. (1965). (Anstey), Paris, Centre de psychologie appliquée.

- TEST. (1971). Inventaire de personnalité d'Eysenck, Paris, Centre de psychologie appliquée.
- THOMPSON, R.K.R., & HERMAN, L.M. (1977). Memory for lists of sounds by the Bottle-Nosed Dolphin : Convergence of memory processes with Humans, *Science*, 195, 501-502.
- THONDIKE, E.L. (1898). Animal intelligence, *Psychological Monographs*, 1, n° 8.
- THUILLIER, P. (1984). Espace et perspective au Quattrocento, *La Recherche*, n° 160, 1384-1397.
- TIBERGHIE, G., & LECOCQ, P. (1980). *Rappel et reconnaissance : encodage et recherche en mémoire*, Lille, Presses universitaires.
- TINBERGEN, N. (1966). *Le comportement animal*, Time-Life.
- TOLMAN, E.C. (1951). *Purposive behavior in animals and men*, Berkeley and Los Angeles, University of California Press.
- TOLMAN, E.C. (1951). Sign-gestalt or conditioned reflex ? *Psychological Review*, 1933 in TOLMAN : *Purposive behavior in animals and men*.
- TOLMAN, E.C., RITCHIE, B.F., & KALISH, F. (1946). Studies in spatial learning. II. Place learning versus response learning, *Journal of Experimental Psychology*, 36, 221-229.
- TOLMAN, E.C., & HONZIK, C.H., (1930). Introduction and removal of reward, and maze performance in rats, *University California Publications of Psychology*, 4, 257-275 (figure cit. in Hull, 1952).
- TOUZARD, H. (1977). *La médiation et la résolution des conflits*, Paris, PUF.
- TULVING, E., (1962). Subjective organization in free-recall on unrelated words, *Psychological Review*, 69, 344-354.
- TULVING, E., (1972). Episodic and semantic memory, in TULVING E., DONALDSON, W., (eds) : *Organization of memory*, New York, Academic Press.
- TULVING, E., (1985). How many memory systems are there, *American Psychologist*, 40, 385-398.
- TULVING, E., & PEARLSTONE, Z. (1966). Availability versus accessibility of information in memory for words, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 381-391.
- TULVING, E., & THOMSON, D.M. (1971). Retrieval processes in recognition memory : effects of associative context, *Journal of Experimental Psychology*, 87, 116-124.
- TULVING, E., & WATKINS, M. (1973). Continuity between recall and recognition, *American Journal of Psychology*, 4, 739-748.

- UNDERWOOD, B.J. (1957). Interference and forgetting, *Psychological Review*, 64, 49-60.
- VAUCLAIR, J. (1980). Le rôle de la propriomotricité dans l'apprentissage d'un labyrinthe chez le hamster doré, *L'Année Psychologique*, 80, 331-351.
- VAUGHN, E., & FISHER, A.E. (1962). Male sexual behavior induced by intracranial electrical stimulation, *Science*, 137, 758-760.
- VERNON, P.E. (1947). Research on personnel selection in the Royal Navy and the British Army, *American Psychologist*, 2, 35-51.
- VERNON, P.E. (1965). *The measurement of abilities*, London, University of London Press LTD.
- VON FRISCH, K. (1927). *Vie et mœurs des abeilles*, Paris, Albin Michel, 1969.
- VON BEKESY, G. (1957). *The ear*, Scientific American.
- VURPILLOT, E. (1974). Le monde visuel des enfants, *La Recherche*, n° 43.
- VURPILLOT, E., JACQUET, A.Y., & TARANNE, P. (1979). Influence des propriétés structurales du matériel sur l'exploration oculaire des jeunes enfants, *Revue de Psychologie appliquée*, 29, 215-234.
- VURPILLOT, E., & MOAL, A. (1970). Évolution des critères d'identité chez des enfants d'âge préscolaire dans une tâche de différenciation perceptive, *L'Année Psychologique*, 70, 391-406.
- WANG, W.S.Y. (1973). *The chinese language*, Scientific American.
- WASHBURN, S.L. (1960). *Tools and human evolution*, Scientific American.
- WATSON, J.B. (1924). *Le behaviorisme*, CEPL, Paris, 1972 ; trad. de l'édition revue de 1958, cit. p. 8 et p. 145.
- WEAVER, W. (1949). *The mathematics of communication*, Scientific American.
- WECHSLER, D. (1956). *La mesure de l'intelligence*, Paris, PUF.
- WHEELER, L. (1966). Toward a theory of behavioral contagion, *Psychological Review*, 73, 179-192.
- WIENER, N. (1948). *Cybernetics*, John Wiley.
- WILSON, R.S. (1983). The Louisville twin study : developmental synchronies in behavior, *Child development*, 54, 298-316.
- WIOLAND, N. & BONAVENTURE, N. (1981). Colour coding in the chicken erg, *Vision Research*, 21, 1621-1624.
- WOLFE, J.B. (1936). Effectiveness of token-rewards for chimpanzees, *Comparative, Psychological Monographs*, 12, n° 60.

- WOLFORD, G., & HOLLINGSWORTH, S. (1974). Evidence that short-term memory is not the limiting factor in the tachistoscopic full-report procedure, *Memory & Cognition*, 2, 796-800.
- WOLPE, J. (1975). *Pratique de la thérapie comportementale*, Paris, Masson.
- WOOD, G. (1969). Retrieval cues and the accessibility of higher-order memory units in multi-trial free-recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 782-789.
- WOODWORTH, R.S. (1949). *Psychologie expérimentale*, Paris, PUF.
- YATES, F. (1966). *L'art de la mémoire*, Paris, Gallimard, 1975.
- ZAJONC, R.B. (1965). Social facilitation, *Science*, 149, 269-274.
- ZAJONC, R.B. (1967). *Psychologie sociale expérimentale*, Paris, Dunod.
- ZIPF, G.K. (1935). *La psychobiologie du langage*, Paris, Retz-CEPL, 1974.

INDEX

A

Adoption, 184
Age mental, 167
Agressivité, 220
Amnésie, 105
Analyse factorielle, 171
Aphasie, 149
Apprentissage, 67
— latent, 86
— par observation, 94
Approximation (à la langue), 140
Associations verbales, 137
Audition, 30

B

Behaviorisme, 9 ✓
Besoin, 199, 216
Boîte de Skinner, 74 ✓

C

Capacité limitée, 102, 124
Carte mentale, 87

Catégorie, 117, 137, 158
Cochlée, 31
Code, 106
Cognitif, 2, 17 ✓
Conditionnement ✓
— classique, 68, 75
— opérant, 73, 75
Conflit, 212
Constance perceptive, 61

D

Daltonisme, 47
Décibel, 34
Déclenchement (mécanisme inné de), 200
Différenciation, 71, 76

E

Échelle psychométrique, 166
Effet
— consécutif, 46
— sériel, 104
Émotion, 218
Éthologie, 18, 200, 221
Extinction, 70
Extraversion, 228

F**Facteur**

- G, 173, 176
- de l'intelligence, 172, 174
- de personnalité, 227, 230
- Faim, 203
- Fixation oculaire, 52
- Forme (perception), 49
- Fovéa, 40, 51
- Fréquence (audition), 32
- Frustration, 211

G

- Gène, 179, 180, 183
- Généralisation (conditionnement), 71, 76
- Gestalt, 13, 49
- Goût, 28
- Gradient (approche/évitement), 213
- Grammaire générative, 142

H

- Hémisphères cérébraux, 149
- Hérédité, 179, 194
- Hiérarchie, 120, 125
- Hippocampe, 106
- Homéostasie, 210
- Hormone, 202
- Horoptère, 63
- Hypercolonne, 44
- Hypothalamus, 203
- Hypothèse, 20

I

- Identification (système visuel), 51

- Illusion perceptive, 57
- Image, 109, 118, 148
- Imitation, 92-93, 137
- Incertitude, 138
- Indice de récupération, 123
- Inhibition, 70
- Inné, 200
- INRC (groupe), 163
- Instinct, 199
- Intelligence, 155
- Intensité, 32, 34
- Interférence, 129
- Intracérébral, 78, 205
- Introversion, 228
- Invariant (piagétien), 159

J

- Jumeaux, 180

L

- Labyrinthe, 83
- Langage, 136
- Lexical (code), 106
- Limnique, 219
- Localisation (système visuel), 51
- Longueur d'onde, 45
- Lumière, 40

M

- Mémoire, 101
 - à court terme, 101
 - lexicale, 106
 - sémantique, 119
 - épisodique, 126
- Modèles, 112, 178
- Méthode, 20

Milieu, 186, 188

Motivation, 199

Mouvements oculaires, 50

N

Nanomètre, 47

Néobehaviorisme, 10

Neurotransmetteurs (ou neuromédiateurs), 71, 204

Névrose (expérimentale), 72

Névrosisme, 228

O

Oculaire

— globe, 36

— mouvements, 50

Opération (piagétienne), 159

Organisation (mémoire), 114

Oubli, 129

P

Perception, 25

Période critique, 188

Personnalité, 226

Perspective, 60

Peur, 78, 221, 223

Phéromones, 200

Pigment (visuel), 47

Placebo, 207

Plaisir, 220

Privation sensorielle, 188

Psychologie (spécialisations), 15

Pulsion, 211

Q

Questionnaire (personnalité), 227, 231

Quotient intellectuel (QI), 168, 191, 192

R

Rappel, 124

Récepteur, 25, 30, 48

Reconnaissance, 126

Récupération (processus), 123

Redondance, 139

Réflexe, 68

Régression, 212

Renforcement, 79

Représentation (mentale), 136

Rétine, 36

Réversibilité, 157

S

Saccade, 52

Satiété, 210

Sauvage (enfant), 187

Sémantique, 119

Sémiotique, 135

Sensori-moteur, 156

Sensation, 25

Sériation, 162

Seuil

— absolu, 27

— différentiel relatif, 27

Signe (linguistique), 135

Social, 19, 92, 238

Spécialisation hémisphérique,
149
Spectrale (couleur), 45
Stade, 155
Standardisation, 168
Stimulus, 68, 82
Stratégie (exploration oculai-
re), 53
Stress (émotion chronique),
224
Structuralisme, 14
Sublimation, 212
Symbole, 95, 209

T

Tactile, 26
Temps
— perception, 55
— conditionnement, 69, 75
— de réaction, 111, 120
Tension (réduction), 212, 215
Test, 166, 228
Timbre, 32, 35

Traits
— sémantiques, 122
— de personnalité, 227
Transformation
— opératoire (Piaget), 164
— syntaxique (Chomsky),
143
Trichromatique, 45
Tubercules quadrijumeaux
(bijumeaux), 39
Tympan, 30

V

Validité (tests), 229
Vision
— couleur, 44
— espace, 60
— forme, 49

W, Z

Weber (loi de), 28
Zipf (loi de), 141

Composé et mis en page sur Macintosh avec le logiciel Quark X Press par Ordi Edit'Eure

Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, Paris

Dépôt légal, Imprimeur, n° 3310

Dépôt légal : février 1990

Imprimé en France

A.-Taché

DATE DUE

18 AVR. 1994

18 AVR. 1994

26 AVR. 1994

~~22 MARS 1995~~

05 AVR. 1995

05 AVR. 1995

19 AVR. 1995

05 MAI 1995

18 NOV. 1996

MANUEL DE PSYCHOLOGIE GÉNÉRALE

Ce manuel consacré aux grands domaines de la psychologie générale présente les mécanismes du fonctionnement psychologique dont la révolution informatique a transformé l'appréhension.

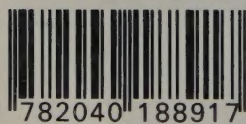
En effet si, à l'époque de Descartes, les principes de la mécanique imposèrent l'automate comme modèle de la machine humaine, le cerveau en tant que moteur des comportements est aujourd'hui considéré comme un ordinateur :

- il capte l'information et l'interprète (perception) ;
- il code l'information venue de l'extérieur comme de l'intérieur (langage et image) ;
- il stocke des informations pour adapter le comportement aux variations de l'environnement (apprentissage, mémoire, intelligence).

Cet outil pédagogique est enrichi, en fin d'ouvrage, par un Questionnaire à Choix Multiples (QCM) au moyen duquel l'étudiant pourra évaluer son niveau de connaissance et se préparer efficacement aux examens.

Conçu pour les étudiants du 1^{er} cycle de sciences humaines, ce manuel est ouvert à tout lecteur soucieux d'acquérir les connaissances de base de la psychologie scientifique : les élèves des écoles de commerce, éducateurs ou formateurs et particulièrement les étudiants de médecine du fait des nombreuses références aux bases biologiques du comportement.

Alain Lieury est professeur de psychologie générale à l'Université Rennes 2. Directeur du laboratoire de psychologie expérimentale et spécialiste de la mémoire, ses rapports avec les laboratoires de pharmacologie, physiologie et centres de télécommunication lui permettent de définir les grands champs de connaissance dans lesquels les étudiants auront à se former.



9 782040 188917



185-ZYV-609

ISBN 2-04-018891-6