

**Revue Internationale de**

ISSN 0980-1472

**systemique**

Vol. 6, N° **3**, 1992

**afcet**

DUNOD

**AFSCET**

**Revue Internationale de**  
**systemique**

**Revue**  
**Internationale**  
**de Sytémique**

volume 06, numéro 3, pages 241 - 257, 1992

Organisation fonctionnelle de l'intelligence humaine

Boris M. Velichkovsky

Numérisation Afscet, août 2017.



Creative Commons

- [9] Le passage du « Parce que » au « Afin de » est proposé par H. von FOERSTER dans l'ouvrage que L. SEGAL consacre à ses contributions au Constructivisme *Le Rêve et la Réalité : H. von FOERSTER et le Constructivisme*, Ed. du Seuil 1990.
- [10] F. JACOB *La logique du vivant*, 1970, p. 17.
- [11] E. MORIN *Introduction à la pensée complexe*, Ed. ESF, 1990, p. 24.
- [12] Épistémologies constructivistes et sciences de l'organisation, dans A.C. MARTINET (Ed.) : « Épistémologie et sciences de gestion », *Economica*, 1990, p. 81-181.
- [13] « La science informatique va-t-elle construire sa propre épistémologie », dans *Culture Technique* n° 21, juillet 1990, p. 16-31.
- [14] « Sur les fondements épistémologiques de la science de la cognition », dans E. ANDREEWSKY (Ed.), *Systémique et Cognition*, (Dunod, 1991).
- [15] « Repères pour une épistémologie de la science des systèmes », dans *Acte de l'École de Systémique*, Solignac 1990 (AFCET).
- [16] Sur la dialectique de la découverte et de l'invention, je renvoie à mon article « On n'invente que ce qui n'existe pas » dans E. MORIN « Arguments pour une méthode » (*Actes du colloque de Cerisy*), Ed. du Seuil, 1990, p. 214-228. Et plus généralement, sur l'hypothèse téléologique, au débat « Finalité-Causalité » qui réunit H. ATLAN et E. MORIN dans ce même dossier (p. 247-253).

## ORGANISATION FONCTIONNELLE DE L'INTELLIGENCE HUMAINE

Boris M. VELICHKOVSKY

Université d'État de Moscou

(traduit et adapté par D. Orsoni et E. Andreevsky) <sup>1</sup>

### Résumé

La construction de l'objet scientifique *intelligence* fait appel à la Psychologie et aux différents domaines des Sciences de la Cognition. Elle comporte des aspects à la fois épistémologiques et techniques, illustrés par la métaphore de l'ordinateur pour conceptualiser le fonctionnement de l'esprit. Les approches de ce fonctionnement passent par la modélisation de l'organisation intellectuelle et de la structure des processus cognitifs. L'intelligence humaine se révèle dans ces approches indissociable de la personnalité — d'où une différence fondamentale avec l'intelligence artificielle.

### Abstract

The construction of *intelligence* as a scientific object involves Psychology and the various domains of Cognitive Science. It has both epistemological and technical implications, which may be illustrated by conceptualizing the mind out of the computer metaphor. The current approaches of intelligence aim at modeling the mind, its organization and the structure of cognitive processes. The indissociability of intelligence and personality in the functioning of the mind represents a fundamental difference between human and artificial intelligence.

Durant les dernières décennies, l'*intelligence* — terme emprunté au XIV<sup>e</sup> siècle au latin — a été constituée en objet scientifique. La littérature scientifique traite des ressources intellectuelles de différents groupes de popu-

1. I.N.S.E.R.M.-T.L.N.P., Pavillon Claude-Bernard, Hôpital de la Salpêtrière, 47, boulevard de l'Hôpital, 75634 Paris Cedex 13.

lation ou des besoins intellectuels de la société dans son ensemble. Partout, il est question de liberté de pensée et de liberté intellectuelle. Un des symboles de la révolution technologique et scientifique contemporaine est le concept d'*Intelligence artificielle*; il concerne les systèmes technologiques capables d'apprendre, de reconnaître des objets, de faire preuve d'adaptation, de résoudre des problèmes, de stocker et d'utiliser des connaissances. Articulée avec ce concept, l'étude de l'intelligence « naturelle », manifeste dans les diverses facultés de l'homme telles que perception, mémoire, attention, prise de décisions consciente, ainsi que dans la pensée créative, la compréhension ou le pouvoir d'imagination, suscite de plus en plus l'intérêt des chercheurs.

Depuis la deuxième moitié du siècle dernier, les processus cognitifs sont devenus le sujet principal de la recherche expérimentale en psychologie; des aspects importants de cette recherche sont aujourd'hui directement liés au développement technologique. Cette association a déterminé une science interdisciplinaire nouvelle qui, selon les pays, est désignée sous le nom de « Kognitionswissenschaft », « Cognitive Science », ou encore « Sciences de la cognition »; cette nouvelle science intègre les différentes approches spécifiques à la philosophie, la psychologie, l'informatique, la linguistique et la neurophysiologie, pour l'étude et la modélisation des processus cognitifs. Une telle coopération est importante non seulement au niveau épistémique mais encore pratique, comme l'indiquent notamment les machines « connexionnistes » qui exécutent simultanément plusieurs opérations, et dont le développement est lié à l'étude de l'activation neuronale dans le cerveau. L'architecture fonctionnelle de ces machines accroît leur rapidité et leur fiabilité et leur donne une capacité d'auto-organisation adaptative. D'autres principes organisationnels des systèmes biologiques sont tout aussi susceptibles d'être adoptés prochainement par les approches technologiques.

Dans cet article, je présenterai certains aspects de la recherche récente sur l'intelligence, en psychologie et en sciences de la cognition, en commençant par les approches psychométriques qui, aujourd'hui encore, sont souvent considérées comme représentant l'ensemble de la recherche sur l'intelligence.

### 1. Approches psychométriques : L'intelligence est-elle « ce que les tests d'intelligence mesurent ? »

Les premiers tests ou échelles d'intelligence ont été mis au point par A. Binet et H. Simon au début de ce siècle, dans un contexte scolaire — éducation générale et spécialisation. En conséquence, ces tests concernent essentiellement les traits de personnalité qui ont un rapport avec la réussite scolaire ou universitaire. Chaque test d'intelligence comprend un certain

nombre de tâches (voir exemple, fig. 1). Les variantes plus récentes comme par exemple les tests d'intelligence de Stanford-Binet ou le Wechsler-Hawie, comportent essentiellement des séries de tâches destinées à établir un diagnostic des différentes structures et fonctions cognitives du sujet, en mesurant notamment ses connaissances lexicales, ses capacités mnésiques, sa vitesse en reconnaissance d'objets ou d'images, etc. Le *QI*, ou « quotient intellectuel », n'est rien d'autre que la moyenne pondérée de ces évaluations par rapport à une échelle donnée. Il s'agit d'une abstraction statistique relativement stable qui peut être utilisée pour prévoir les performances des sujets. Elle est stable, dans la mesure où (à condition d'utiliser les mêmes standards) les *QI* d'un individu donné à l'âge de 18 et de 40 ans sont corrélés à 0.70. Ce qui, indépendamment de ce qui est mesuré, peut être considéré comme un indice de fiabilité des tests [1].

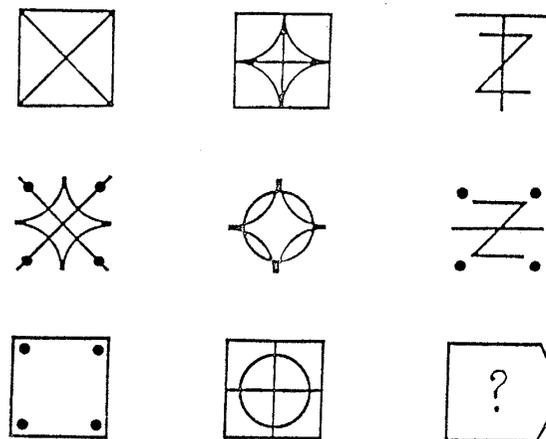


Figure 1. Une tâche prototypique du test de Raven.

Un trait frappant dans l'analyse des approches psychométriques est que, pour un sujet donné, les mesures concernant des tâches différentes sont presque toujours fortement corrélées. En d'autres termes, tout se passe comme si les différents résultats que l'on mesure étaient déterminés par un nombre relativement petit de *facultés élémentaires*. En psychométrie, ces facultés sont définies à l'aide de l'analyse factorielle (méthode statistique multidimensionnelle qui permet de représenter un grand nombre de variables dans un espace à dimensions réduites). Les scores obtenus par un individu sur une batterie de tests sont généralement interprétés comme représentant des combinaisons linéaires de l'effet de ces facultés élémentaires.

L'utilisation de l'analyse factorielle a contribué à l'émergence de plusieurs modèles descriptifs de l'intelligence. Toutefois, le nombre de facultés élémentaires postulées varie considérablement avec ces modèles — de deux à sept, comme l'indique le tableau suivant. Le nombre maximum de facteurs différents entrant dans les approches analytiques de l'intelligence — très exactement 120 — est celui du modèle d'intelligence de J. Guilford. La difficulté de définir l'intelligence peut être illustrée sur l'exemple de l'«intelligence verbale». La plupart des auteurs considèrent qu'il s'agit d'une faculté intellectuelle permettant à un individu pourvu du matériel culturel nécessaire, de manier ce matériel avec rapidité et précision. Toutefois, une telle définition présente une grande similarité avec celle de l'«intelligence sociale». Bien sûr, les deux concepts sont différents; mais il est impossible de les distinguer en termes des facteurs qui les composent. Pas plus qu'il n'existe de solution mathématique précise au problème de différencier le poids de ces facteurs. Selon les hypothèses explicites (et aussi implicites) sur les relations entre facteurs, un nombre quasi illimité de facultés élémentaires et de combinaisons de ces facultés peut être obtenu, entraînant bien entendu de nombreuses définitions de l'intelligence qualitativement différentes.

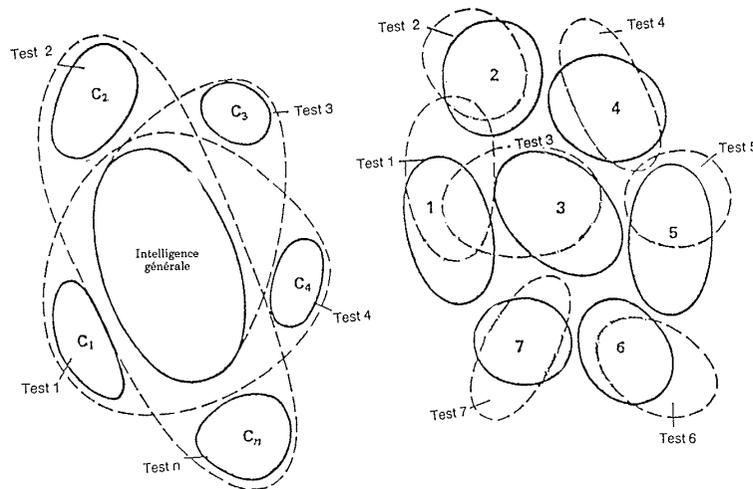


Figure 2. Exemples d'analyse factorielle dans des modèles de l'intelligence.

A gauche : modèle à deux facteurs (intelligence générale dérivée de capacités spécifiques).

A droite : modèle de capacités primaires, comprenant en général sept capacités élémentaires.

D'autres problèmes non moins importants que les précédents rendent l'intelligence aussi difficile à définir qu'à mesurer. Les situations réelles dans

lesquelles nous impliquons nos capacités de raisonnement et nos facultés intellectuelles sont rarement, comme dans les tests psychométriques, des tâches bien définies pour lesquelles pré-existent des réponses déterminées. Nous formulons nos propres problèmes, fixons nos propres buts que nous modifions si nécessaire; nous estimons, pour ce faire, l'évolution dans le temps des événements, et notamment des effets de nos actes pouvant entraîner de nouveaux problèmes. Les caractéristiques de ces activités cognitives varient d'un individu à l'autre, et tout individu susceptible d'être qualifié d'une manière ou d'une autre de doué ou d'intelligent, est intelligent à *sa manière*. Les analyses en facteurs des tests d'intelligence se rapportent plutôt à la structure interne de l'ensemble des tâches à résoudre pour effectuer ces tests, qu'à la structure de activités mises en œuvre par celui qui les résoud.

Malheureusement, ces problèmes restent toujours d'actualité, même si les échelles multidimensionnelles et autres méthodes modernes, permettent de quantifier jusqu'aux structures cognitives des individus. Prenons par exemple la représentation des connaissances d'un individu donné dans sa *mémoire sémantique*; les mesures que l'on fait d'une telle représentation laissent d'une part ouverte la question de l'existence d'autres formes de connaissances et d'autre part, ne peuvent tableer sur aucune norme agréée permettant d'évaluer les résultats obtenus. En effet, les tentatives visant à proposer par exemple comme norme le nombre de dimensions sémantiques de l'espace des concepts de cette mémoire — la «complexité cognitive» — sont vouées à l'échec, comme on peut le voir avec l'exemple paradigmatique suivant, emprunté à Jean-Louis Borges : *une vieille encyclopédie donnait approximativement la classification des espèces animales suivante : a) tous les animaux appartenant à l'empereur; b) les animaux momifiés; c) les animaux domestiques; d) les cochonnets; e) des chiens errants; f) les esprits aquatiques; g) les animaux fabuleux; h) ceux qui tremblent frénétiquement; i) les animaux peints à l'aide d'un fin pinceau en poil de chameau; k) les animaux innombrables; l) ceux qui récemment ont brisé un vase; m) ceux qui de loin ressemblent à une mouche; n) tous les animaux entrant dans la présente classification; o) tous les autres.*

En résumé, il est probable que seules les suggestions déjà anciennes de P. Janet, de H. Piéron ou de J. Piaget soient raisonnables, encore que tout ou presque reste à faire [2] : La micro et la macro-organisation de l'activité cognitive doivent en effet être déterminées *avant* que l'on puisse identifier et mesurer les paramètres de ces structures cognitives. Il n'en demeure pas moins que le développement des méthodes psychométriques reste tout à fait important pour la recherche en psychologie appliquée...

## 2. Micro et macro structure des processus cognitifs : réseaux, modules et coordinations symboliques

Les sciences de la cognition actuelles conceptualisent l'activité cognitive comme une construction de représentations hiérarchiques des connaissances et une application de ces connaissances en fonction des situations spécifiques. Ce qu'on appelle la *métaphore informatique* joue un rôle important dans cette conceptualisation — qui assimile organisation générale de l'intelligence humaine et architecture du traitement de l'information par ordinateur. Mais, dans la mesure où, comme nous l'avons indiqué plus haut, on a des classes d'ordinateurs très différentes, il faut être prudent en maniant une telle assimilation. Une règle pratique de prudence est de se limiter à comparer — et encore seulement sous certains angles spécifiques — l'architecture du traitement de l'information des ordinateurs classiques aux processus cognitifs supérieurs, ceux en particulier qui sont liés au langage. Les formes plus élémentaires des activités cognitives semblent en effet plus proches des architectures connexionnistes. Dans ce contexte, la notion de « formes élémentaires » d'activité correspond au développement précoce (dans le cadre de l'ontogenèse) des processus liés à ces activités; ces processus, comme le suggèrent les données de la neuropsychologie, semblent associés à des structures cérébrales relativement anciennes (sur le plan de la phylogenèse).

La microstructure des processus cognitifs semble extrêmement complexe. Les méthodes expérimentales ont permis de déterminer ces processus de façon beaucoup plus détaillée qu'il n'aurait été possible de le faire à l'aide de la recherche psychométrique traditionnelle. Pour prendre un exemple, le *facteur de perception* utilisé dans les modèles analytiques qui dissèquent les facultés intellectuelles comprend en fait toute une gamme de structures et de modules de traitement de l'information partiellement autonomes. Dans le seul cadre de la perception visuelle — en fin de compte, nous sommes essentiellement des créatures visuelles, comme tous les grands primates — des mécanismes à niveaux multiples ont été mis en évidence [3]. A un niveau relativement bas, se trouvent les mécanismes liés au contrôle des mouvements du corps. Le niveau suivant correspond à la localisation dynamique des objets dans l'espace. Les mécanismes d'identification des objets (par exemple la perception des formes) fonctionnent à partir des structures précédentes. Indiquons que tous ces mécanismes correspondent terme à terme aux différents niveaux de la construction des mouvements mis en évidence (dans les années 40) par le physiologiste soviétique Nikolaj Bernshtein. Ces niveaux, qui sont organisés en structures hiérarchiques, forment un système qui contrôle au fur et à mesure nos interactions avec l'environnement.

Cette description des structures de perception est bien entendu très schématique; mais il est remarquable que ce schéma se retrouve dans les autres processus cognitifs, comme par exemple la mémoire — mère de toutes les muses — qui présentent une forme analogue d'organisation modulaire et hiérarchique. Les résultats expérimentaux de la psychologie et de la neurophysiologie montrent par exemple qu'il existe au moins trois niveaux différents de stockage de la connaissance. Les processus automatiques et inconscients qui contrôlent l'usage des capacités acquises, tant au niveau sensori-moteur qu'au niveau cognitif, sont liés aux mécanismes de la *mémoire procédurale*. Ce type de mémoire est différent de la *mémoire sémantique* qui stocke les informations sur le sens des mots, les faits d'ordre général, les environnements particuliers et les autres formes usuelles de connaissances. A un niveau supérieur, on trouve aussi la *mémoire épisodique ou autobiographique* qui stocke les événements et expériences spécifiques de l'individu. Les conditions d'expérimentation ou encore les suites des lésions cérébrales se répercutent de manière très différente sur ces trois types de mémoire, mettant ainsi en évidence leur spécificité fonctionnelle.

La pensée elle-même, les processus de décision, d'inférence, etc. sont des fonctions qui peuvent être analysées à l'aide des méthodes des sciences de la cognition, en termes de micro-opérations simulables sous forme de programmes informatiques. Mais peut-on pour autant conclure à l'analyticité de telles fonctions cognitives supérieures? La réponse est négative, dans la mesure notamment où un certain nombre de relations entre ces macro-fonctions s'avèrent impliquées dans les micro-opérations postulées; c'est le cas des relations entre représentation subjective et stratégies ou méta-procédures utilisées dans les transformations de cette représentation.

### Exemples :

— Prenons une grande feuille de papier très fine et imaginons que nous la plions en deux, puis à nouveau en deux et ainsi de suite une cinquantaine de fois en tout. Quelle sera à la fin l'épaisseur approximative de la feuille ainsi pliée? Les questions de ce type sont difficiles pour la simple raison qu'elles impliquent la construction d'une représentation *imaginée* du problème, alors que les méta-procédures à associer à cette représentation sont de type *formel*, mathématique.

— Autre exemple de difficultés analogues, soulevées ici par le traitement de certains syllogismes. Partons de l'énoncé formel suivant : *Tous les A sont des B; presque tous les B sont des C*. Que peut-on déduire de ce syllogisme? La réponse habituelle est du type : « presque tous les A sont des C », ou plus prudemment : « la majorité des A sont des C ». Donnons alors une

forme concrète au syllogisme, comme par exemple : *Tous les Prix Nobel sont des scientifiques; presque tous les scientifiques ont moins de 60 ans.* Il devient évident qu'une résolution générale, non-ambiguë, du syllogisme formel précédent est impossible; il est nécessaire de procéder, pour chacune de ses formes concrètes, à une étude de la validité et de la pertinence des solutions que l'on envisage.

Mais revenons à la question des problèmes réels et des représentations subjectives et méta-procédures susceptibles de les résoudre avec succès. Les conditions actuelles de la recherche expérimentale invitent à considérer la capacité et la volonté de travailler avec des modèles de situations hypothétiques, voire absurdes, comme d'une extrême importance (ce qui n'est pas sans rappeler, par exemple, le *reductio ad absurdum* comme manière d'administrer les preuves scientifiques). Cependant, les processus de compréhension des problèmes réels et les constructions de notre imagination associées à ces processus peuvent très bien être étudiés pour essayer d'identifier les espaces ou images mentales complexes qu'ils produisent. Prenons le récit suivant : *Dans cette pièce, Smoktunovsky incarne Othello. Othello pense que Desdemone lui est infidèle. Mais en réalité elle l'aime.* Pour comprendre ce passage, il faut nécessairement construire au moins trois espaces mentaux interconnectés [4]. Tout d'abord, l'énoncé se réfère à la réalité, c'est-à-dire au monde dans lequel vivent l'orateur, l'auditeur ainsi que l'acteur Smoktunovsky. Le méta-opérateur « Dans cette pièce » marque le passage à une représentation *conventionnelle* du monde, impliquant des sémantiques différentes; après les mots « Othello pense... » nous sommes sensés passer à un nouveau modèle mental, concernant cette fois-ci le monde subjectif des connaissances, des émotions et des intentions d'Othello. Mentionner la « réalité » dans la dernière phrase n'implique pas le retour à la réalité des interlocuteurs — on marque en fait ainsi un pas en arrière, faisant revenir dans l'espace mental de la pièce elle-même. L'organisation schématique des espaces mentaux est illustrée par la figure suivante.

Une telle analyse sémiotique invite à poser au moins deux questions. D'abord, comment se fait-il qu'un seul et même composant soit susceptible de jouer un rôle dans plusieurs espaces mentaux différents (comme par exemple les yeux de Voltaire dans la figure 3)? Ensuite, quand et comment notre connaissance spécifique d'une situation donnée peut franchir les frontières des espaces mentaux? Normalement, ceci ne se produit pas; bien que nous sachions que c'est Polonius qui se cache derrière le rideau, il est impossible, dans l'énoncé : « Hamlet voulait tuer l'homme caché derrière le rideau », de remplacer *l'homme caché derrière le rideau* par *Polonius*. Dans notre espace mental lié à cet énoncé, le modèle des connaissances et intentions

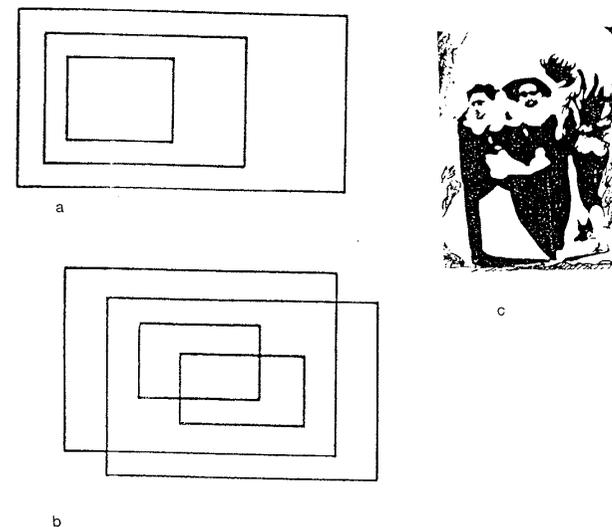


Figure 3. La compréhension peut être liée à toute la hiérarchie des contextes sémantiques. (a) Hiérarchie des contextes sémantiques. (b) La formalisation des structures est difficile car un seul et même fragment d'un texte ou d'une image peut avoir plusieurs sens dans des contextes différents. (c) Par exemple, ce dessin de Salvador Dali « Le marché aux esclaves » se transforme en buste de Voltaire.

d'Hamlet ne peut interférer avec celui de notre connaissance de la situation. Le phénomène des *attitudes propositionnelles*, c'est-à-dire des attitudes subjectives par rapport aux faits réels ou imaginaires, soulève ainsi des problèmes importants pour la recherche en philosophie, en linguistique et en psychologie cognitive [5].

De nombreuses expérimentations mentales visant à étudier la résolution des problèmes, mettent en évidence le rôle de la méta-procédure globale de *réursion* [6] pour introduire des espaces mentaux dans d'autres espaces mentaux. D'abord, une tâche de résolution de problème implique l'élaboration d'une hiérarchie d'objectifs; deuxièmement, elle implique une « immersion » dans la tâche, allant de pair avec la construction de cette tâche, ce qui détermine une situation dans laquelle non seulement les intentions de départ, mais également les contraintes de la solution sont susceptibles d'être totalement négligées; et enfin, le cadre du problème à résoudre s'élargit au fur et à mesure que les obstacles liés à cette résolution sont surmontés. Une telle actualisation des cadres de référence au cours de la résolution d'un problème donné explique entre autres pourquoi, une fois un objectif final important

atteint, des difficultés individuelles peuvent survenir : « la période qui suit la victoire est dangereuse pour le vainqueur ».

La pensée pourrait se définir comme l'art de naviguer entre ce qui est inconditionnellement possible (la sphère des objectifs quotidiens) et le fantastique, c'est-à-dire ce qui est inconditionnellement impossible. Ce qui entraîne à manier les contradictions — entre forme et contenu, s'il s'agit d'un travail artistique, entre différents modes de description de l'objet de recherche, dans le domaine scientifique, ou encore la « contradiction technique », inhérente aux avancées technologiques, ou enfin les conflits entre intérêts opposés et ressources disponibles, en matière d'*intelligence sociale*.

### 3. Niveaux de l'organisation intellectuelle : de la sensibilité protopathique à la pensée réfléchie

On peut à l'heure actuelle, à la lumière des approches interdisciplinaires, aborder la question de l'organisation fonctionnelle de l'intelligence humaine. Selon moi, le point de départ approprié de l'étude de cette organisation est le modèle de construction des mouvements déjà mentionné [2], modèle élaboré par Nikolaj Bernshtein qui a étudié les interactions réciproques entre organisme et environnement (*cf.* sa théorie du « feedback » représentée schématiquement *fig. 4*). C'est seulement au cours des deux ou trois dernières décades que des données sur les nombreuses formes internes, symboliques et sub-symboliques, des représentations de la connaissance ont été obtenues; en matière de contrôle du comportement, également, plusieurs mécanismes internes de formation ou de modification d'objectif ont été récemment identifiés. Le modèle de Bernshtein peut être utilisé avec quelques modifications, particulièrement dans sa partie sémiotique, afin de différencier, à l'aide de ces données récentes, six niveaux d'organisation cognitive ou intellectuelle.

Les niveaux de l'organisation fonctionnelle des processus cognitifs sont présentés brièvement (tableau 1). Les codes des niveaux considérés figurent dans la colonne de gauche (lettres A à F). La colonne suivante indique les noms des six niveaux considérés : régulation paleo-kinétique, synergies, champ spatial, actions, structures conceptuelles, et coordinations méta-cognitives. Viennent ensuite les principales fonctions liées à ces niveaux et des exemples de phénomènes associés. Notons que les quatre niveaux « primaires » sont impliqués dans une interaction directe avec l'environnement. Les deux niveaux supérieurs sont voués principalement à la formation et à la modification des représentations symboliques du ou des mondes. Les différentes modalités de conscience — allant de la sensibilité protopathique diffuse qu'on peut à peine qualifier de « sensation », à la réflexion et l'imagination productive — figurent

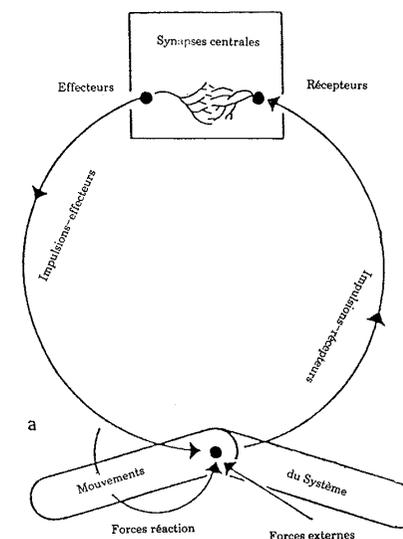


Figure 4. Schéma du contrôle des mouvements, proposé par Nikolaj Bernshtein (1936).

dans l'avant-dernière colonne. La dernière colonne enfin comporte les outils de modélisation des mécanismes cognitifs et sensori-moteurs; en règle générale, les outils connexionistes sont plus appropriés pour les niveaux inférieurs, alors que le niveau supérieur relève des méta-procédures qui permettent de manipuler les valeurs de vérité de nos structures de connaissance.

Les « fonctions » des approches psychométriques comme les « fonctions cognitives » classiques sont des combinaisons complexes dont les structures sous-jacentes sont réparties sur plusieurs niveaux. Par exemple, les *sensations* sont liées au fonctionnement de trois niveaux (A, B, C), les *perceptions* principalement aux deux niveaux C et D, la *mémoire* et la *pensée* aux niveaux D, E et F, et l'*imagination* et la *compréhension* à E et F. Les effets de l'*attention* peuvent s'expliquer en termes de contrôle de l'influence des niveaux les plus hauts sur les plus bas (principalement de F sur E et de E sur D). Et bien que souvent considérées comme relevant du niveau supérieur des mécanismes cognitifs, les *fonctions linguistiques* sont réparties sur trois niveaux — D, E et F. Seuls les aspects créatifs du langage, tels le déclenchement de l'intention de communiquer, la compréhension d'un texte poétique, etc., sont liés au seul niveau des coordinations méta-cognitives.

Tableau I. Niveaux d'organisation fonctionnelle des processus cognitifs

Code	Niveau	Fonction de base	Exemples de phénomènes	Forme de conscience	Moyens de formalisation
F . . . . .	coordinations gnitives	relativisation et ré- arrangement du modèle conceptuel du monde	attitudes proposition- nelles, sémantiques des espaces men- taux	réflexion, conscience de soi, imagination productive	méta-procédures
E <sub>1, 2</sub> . . . . .	structures conceptuelles	fixation et accretion du modèle concep- tuel du monde	effets associatifs de proximité et de contraste, « carte générale »	conscience commune, images mémorisées	structures procédu- rales-déclaratives
D . . . . .	actions	régulation des actions sur les objets	organisation percep- tive, définition des propriétés « carte des relations »	image perceptive	système de produc- tion ou réseaux neuronaux
C <sub>1, 2</sub> . . . . .	champ spatial	orientation dans le voisinage immédiat	changements des mé- triques des percep- tions temporelles et du schéma corporel	orientation spatiale	réseaux neuronaux
B . . . . .	synergies	régulation des mouve- ments de l'ensemble de l'organisme	mouvements rythmi- ques et perception des cycles	sensations propriocep- tives	réseaux neuronaux
A . . . . .	régulations	régulation du tonus et réponses défensives de base	réflexes toniques et paleo-vestibulaires	sensitivité protopa- thique	procédures

Plus le niveau est élevé dans la hiérarchie, plus son rôle dans l'obtention de résultats intellectuels est important. Si les trois premiers niveaux impliquent des processus sensoriels et perceptifs assez élémentaires, le niveau des actions (D) implique des compétences cognitives complexes. En liaison avec le développement des systèmes experts qui, à ce jour, sont certainement les systèmes d'intelligence artificielle les plus usuels, les psychologues ont entrepris une investigation détaillée des différences entre experts et autres individus dans différents domaines d'activité : lecture, prestidigitation, jeu d'échecs, diagnostic médical, physique théorique, etc. Il s'est avéré que non seulement les experts ont des connaissances explicites supérieures à celles des profanes, mais qu'ils sont surtout plus sensibles que ces derniers aux aspects implicites potentiellement importants d'une situation donnée. Par exemple, un médecin expérimenté semble à même de se faire une certaine idée de diagnostic à la seule vue du visage d'un patient qu'il ne connaît pas, diagnostic qu'il confirmera et précisera ensuite à l'aide d'investigations approfondies. Ceci peut s'expliquer par ses nombreuses années d'expérience médicale et par un transfert du contrôle du niveau E au niveau D, c'est-à-dire par le passage d'une mémoire déclarative (« quoi ») à une mémoire des procédures perceptives (« comment »).

Des études menées dans le département de psychologie de l'Université de Moscou ont exploré la mémoire des procédures perceptives. Il y a quelques années, nous avons étudié les caractéristiques du traitement de l'information perceptive par les joueurs d'échecs, à l'aide d'un instrument appelé tachistoscope qui permet l'affichage de stimuli visuels pendant un laps de temps très court. On a présenté à un des sujets — un joueur d'échecs ayant le titre de grand maître — une configuration de partie, pendant un cinquième de seconde. Puis on lui a demandé : « Qu'avez-vous vu, quel joueur devrait gagner et sur quelles cases ? » « Je n'ai rien vu, a-t-il répondu, c'était trop rapide. Mais je pense que les blancs étaient en position de vainqueur... ».

Les structures conceptuelles du niveau E sont de toute évidence de la plus grande importance pour nos activités intellectuelles. Pour cette raison, elles sont soumises aux tests les plus approfondis de la psychométrie, même si celle-ci se restreint aux échelles (mesures) d'« intelligence pratique ». Les mécanismes du niveau F sont particulièrement importants dans ce domaine. Nous avons appelé plus haut ces coordinations cognitives des « méta-procédures ». Certaines de ces procédures (*imagination, rotation, transformation*) nous permettent de travailler avec des composants visuels des structures conceptuelles; d'autres (*description, métaphorisation, reproduction*) principalement ou exclusivement avec les composantes verbales. Le troisième groupe (*compréhension, analogie, récursion*) semble être de nature plus générale. Ce

sont ces dernières méta-procédures qui, très probablement, déterminent ce que l'on pourrait appeler « intelligence générale ».

L'analyse des comportements de résolution de problèmes confirme que les caractéristiques des capacités générales sont liées à celles des stratégies méta-cognitives. Résoudre un problème nécessite un temps relativement long pour comprendre le problème, pour décrire et/ou imaginer les conditions de sa résolution. Ceux qui échouent cherchent d'abord la réponse dans leur mémoire sémantique — preuve s'il en est d'une confiance excessive en la *reproduction*.

Des études récentes du fonctionnement et du rôle des méta-procédures d'analogie et de récursion ont donné des résultats intrigants. La détermination du niveau impliqué et celui des paramètres globaux qui pourraient être transférés, sur le mode analogique, à de nouveaux domaines, sont d'un intérêt certain pour les systèmes complexes que l'on essaye de simuler sur ordinateur.

Dans la mesure où la construction du « moi » et des « autres » peut apparaître plus d'une fois dans l'élaboration des espaces mentaux, les connexions sémantiques du niveau F produisent des effets de réflexivité et de stéréoscopie — nous nous contemplons de l'extérieur, nous jugeons les autres comme nous pensons qu'ils pourraient nous juger. On peut le démontrer en utilisant une méthode logique à la Sherlock Holmes. Contrairement à ce que l'on pense, ce dernier employait fréquemment non seulement la déduction, mais encore l'induction, l'analogie et la récursion, comme l'indique par exemple la citation suivante tirée de « Custom of Mesgraves Haus » : « Vous connaissez ma méthode, Watson. Je me mets à la place du protagoniste et, après avoir estimé son niveau intellectuel, j'essaie d'imaginer ce que je ferais dans des circonstances analogues ». Dans les textes poétiques également, des duplications de type métaphorique et des effets sémantiques d'analogie jouent un rôle clé [7]. Mais nous devons conclure notre analyse et aborder la dernière partie de cet article.

#### 4. Intelligence et personnalité : une différence fondamentale entre l'intelligence « artificielle » et l'intelligence humaine

Alors que les critères de performance pour différencier l'intelligence humaine et celle des machines ont été sérieusement contestés, il est intéressant de noter que le développement de programmes intelligents et de différents modèles informatiques n'a entraîné aucun résultat en matière de conceptualisation de la personnalité. On pourrait cependant concevoir, dans ce domaine particulier, des différences fondamentales entre homme et machine; cette question ne peut en tous cas pas être écartée comme inintéressante sur le

plan socio-politique, dans la mesure où la notion de génie malfaisant a pénétré la conscience de masse *via* la science fiction et la propagande. Mais que disent les données biographiques et les études psychologiques sur ce sujet fascinant ?

La productivité des activités intellectuelles n'est pas uniquement déterminée par des variables cognitives. Différentes études ont mis en évidence l'« initiative intellectuelle », activité spontanée non stimulée par des facteurs extérieurs. Le rôle régulateur joué par les *mobiles* de l'individu se révèle dans le fait que l'activité spontanée prend la forme d'une initiative intellectuelle et non d'une banale curiosité; l'étonnement, prélude à toute philosophie, est un thème privilégié des écrits de Platon; la confession de Newton vers la fin de sa vie, présente une vision particulière du monde où il se compare à un enfant jouant avec des galets au bord d'un océan d'incertitude. La remarque célèbre d'Einstein : « un adulte normal sera rarement concerné par la nature de l'espace et du temps. Il pense avoir compris tout cela quand il était enfant. Mais pour ma part, mon développement intellectuel a été si lent que c'est seulement à l'âge adulte que j'ai commencé à penser à l'espace et au temps ». De nombreuses références lient la productivité intellectuelle à des « valeurs morales », « persévérance », « bon caractère », « indépendance », « volonté », etc. se trouvent dans des ouvrages sur des personnages aussi productifs intellectuellement que H. Poincaré, B. Russel, N. Bohr, P. Kapitza, etc., ainsi que dans les écrits de ces scientifiques eux-mêmes.

L'interaction des variables cognitives et motivationnelles présente deux aspects importants. Tout d'abord, comme l'avait souligné Bernshtein, les niveaux supérieurs du système d'organisation hiérarchique fournissent les objectifs des tâches aux niveaux inférieurs. Cette idée permet l'interprétation de toute une série de résultats récents dans lesquels les coordinations méta-cognitives semblent d'une importance particulière. En fait, on trouve parmi les principales variables motivant l'activité intellectuelle, des exemples de méta-procédures, telles que les stratégies d'attribution causale, permettant d'expliquer les succès d'un individu, et surtout ses échecs. Même à ressources cognitives de départ parfaitement équivalentes, le développement intellectuel variera selon que l'individu concerné analyse les raisons de ses échecs, soit en termes de manque d'efforts ou d'incapacité innée, soit en termes de combinaison malheureuse de circonstances extérieures.

Le second aspect est que l'activité intellectuelle est en prise avec l'environnement et est accompagnée par des états émotionnels. En liaison avec les processus de pensée, les émotions ont une fonction heuristique vitale, en ceci qu'elles président aux périodes d'affaiblissement ou de renforcement du contrôle du déroulement des activités du sujet. Tout problème qui ne peut

pas être résolu par l'utilisation des structures de mémoire (niveau E) ou d'aptitudes (niveau D), induit un état de tension et de malaise. Dans le cas de problèmes scientifiques et techniques importants, le conflit résultant d'objectifs contradictoires peut atteindre un niveau extrême et critique, et faire apparaître dès l'abord ces problèmes comme absurdes et insolubles. D'où l'importance régulatrice de ce que Boris Pasternak nomme l'aptitude à « s'immerger dans l'incertitude ».

Un autre aspect intéressant du problème est que les émotions et processus motivationnels semblent également être hiérarchiquement organisés. Il y a quelques années lors de l'inauguration du Max-Planck-Institut für Psychologische Forschung, Heinz Heckhausen [8] présenta cette organisation comme suit : *Au niveau inférieur, nous trouvons les réactions automatiques du système nerveux autonome, les systèmes endocrinien et immunitaire. Au-dessus de ce niveau, se situent des patterns de mouvement préfixé concernant des modes innés de comportements, puis les conduites primaires qui contrebalancent tout dysfonctionnement au niveau physiologique. Au-dessus de ces conduites, nous trouvons les besoins acquis qui en dérivent, mais sont devenus autonomes. On trouve ensuite les sentiments primaires tels que la joie, le chagrin, la peur, la colère, la surprise et le dégoût qui affectent notre façon d'expérimenter les choses... Enfin, et seulement au sommet de cette hiérarchie, les motivations sociales et culturelles déterminent la plupart de nos souhaits, dans la mesure où les systèmes inférieurs ne sont pas occupés à gérer les crises homéostatiques de notre organisme.* Les analogies avec l'organisation fonctionnelle des processus cognitifs sont évidentes.

La résolution d'un problème provoque satisfaction, fierté et joie, souvent avant même que cette solution ait été confirmée au moyen d'une analyse explicite, rationnelle. L'implication des états émotionnels dans les processus méta-cognitifs explique la nécessité, pour un problème qui demande des efforts considérables, d'une volonté et d'une motivation cognitive soutenue. On peut observer des inter-relations analogues entre états émotionnels et organisation intellectuelle de la personnalité. Quand la peur devient panique, la joie extase ou que la colère se transforme en rage, l'unité affect-intellect précédente disparaît en même temps que le contrôle interne des conduites; il s'agit sans doute d'une différence fondamentale entre intelligence humaine et artificielle. Remarquons enfin que les actions les plus brillantes accomplies sous hypnose ou sur ordre extérieur ne nous laissent pas l'impression de réussites intellectuelles, alors qu'elles seraient signe de la très grande valeur d'un système technique qui les produirait, — ce qui témoigne, comme l'a souligné H. Von Foerster, d'une autre différence fondamentale : les machines résolvent en effet *nos* problèmes, pas les leurs...

## Notes et références

- [1] Pour une introduction aux théories psychométriques, voir par exemple J. C. NUNNALLY, *Psychometric Theory*, N.Y., McGraw-Hill, 1967.
- [2] Pour la présentation la plus récente et la plus complète des systèmes de mémoire, voir : E. TULVING, « Memory : Performance, Knowledge and Experience », *The European J. of Cognitive Psychology*, 1, 3-26, 1989.
- [3] Les étapes de la microgenèse des images visuelles sont détaillées dans B. M. VELICHKOVSKY, "Visual Cognition and its spatial temporal context", in F. KLIX *et al.* (Eds.) *Cognitive Research in Psychology*, North Holland, Amsterdam, 1982. La théorie de la construction des mouvements est fondée sur des travaux de Neuropsychologie appliquée, datant de la deuxième guerre mondiale; ils sont décrits in N. A. BERNSTEIN *O Postrojenii Dvizenij* (en russe) « Sur la construction des mouvements », Medgiz, Moscou, 1947.
- [4] Une analyse en profondeur des phénomènes liés aux espaces mentaux est présentée in G. FAUCONNIER, *Espaces Mentaux*, Paris, Minuit, 1984.
- [5] B. M. VELICHKOVSKY, « La psychologie de la cognition et la cybernétique » (en russe), *La Cybernétique des êtres vivants*, Moscou, Naouka, 1985. Voir aussi B. M. VELICHKOVSKY, *Wissen und Handeln*, Weinheim : VCH, 1988.
- [6] Voir : P. N. JOHNSON-LAIRD, *Mental Models*, Cambridge, UK, 1983, pour un développement d'une théorie des modèles mentaux récursifs. Les interactions entre les différents niveaux de l'activité cognitive sont présentées in B. M. VELICHKOVSKY, *Les niveaux de l'organisation cognitive* (en russe), Moscou, Izdatelstvo MGU, 1990.
- [7] Y. SHCHEGLOV & A. ZHOLKOVSKY, *Poetics and Expressiveness : A Theory and Applications*, Amsterdam/Philadelphie, J. Benjamins Publ., 1987.
- [8] H. HECKHAUSEN, *Wünschen — Wählen — Wollen*, Vortrag gehalten bei der Eröffnung des Max-Planck Instituts für Psychologische Forschung am 11 November 1985.

La préparation de cet article a bénéficié d'un don de la Fondation Alexander von Humboldt à Bonn-Bad Godesberg.