

# BULLETIN D'INFORMATIQUE APPROFONDIE ET APPLICATIONS

SCIENCE L'INFORMATION

COMITE SCIENTIFIQUE

N° 49 - MARS 1998

*Patrick Abellard  
Françoise Adreit  
Jalal Almhana  
France Chappaz  
M'hamed Charifi  
Roger Cusin  
Bernard Goossens  
Patrick Isoardi  
Robert Jacquier  
Jean - Philippe Lehmann  
Nadia Mesli  
Patrick Sanchez  
Rolland Stutzmann  
André Tricot*

DIRECTEUR

*Jean - Michel Knippel*

REDACTEUR EN CHEF

*Edmond Bianco*

REDACTEUR ADJOINT

*Sami Hilala*

REDACTION

Université de Provence  
Equipe Hermès. Case 33  
3, place Victor Hugo  
F - 13331 Marseille Cedex 3  
Téléphone: (0)4 91 10 62 30  
Télécopie : (0)4 91 50 91 10

DEPOSITAIRE

Université de Provence  
Bibliothèque Vniversitaire  
3, place Victor Hugo  
F - 13331 Marseille Cedex 3  
Téléphone: (0)4 91 62 44 16  
Télécopie : (0)4 91 95 75 57

**1 EDITORIAL.**  
Informatique et qualité de vie,

*par Edmond Bianco*

**7 UTILISATION ET ACQUISITION  
DE CONNAISSANCES DANS UN CONTEXTE  
NOUVEAU,**

*par Marina Petitjean et Thierry Bollon*

**29 CAUSES ET CONSEQUENCES DE  
L'AVALANCHE DES PUBLICATIONS  
SCIENTIFIQUES,**

*par Jòzef Hurwic*

**39 VOZZAVEDIBISAR.**  
Le temps des juges,

*par Edmond Bianco*

D'ici quelque temps le bulletin aura ses informations sur WWW:  
<http://newsup.univ-mrs.fr> <http://www.u-3mrs.fr>

**Publication trimestrielle, gratuite, de l'Université de Provence.**

Edition 1999

ISSN 0291 - 5413



# BULLETIN D'INFORMATIQUE APPROFONDIE ET APPLICATIONS

SCIENCE L'INFORMATION

COMITE SCIENTIFIQUE

N° 49 - MARS 1998

*Patrick Abellard*  
*Françoise Adreit*  
*Jalal Almhana*  
*France Chappaz*  
*M'hamed Charifi*  
*Roger Cusin*  
*Bernard Goossens*  
*Patrick Isoardi*  
*Robert Jacquier*  
*Jean - Philippe Lehmann*  
*Nadia Mesli*  
*Patrick Sanchez*  
*Rolland Stutzmann*  
*André Tricot*

DIRECTEUR

*Jean - Michel Knippel*

REDACTEUR EN CHEF

*Edmond Bianco*

REDACTEUR ADJOINT

*Sami Hilala*

REDACTION

Université de Provence  
Equipe Hermès. Case 33  
3, place Victor Hugo  
F - 13331 Marseille Cedex 3  
Téléphone: (0)4 91 10 62 30  
Télécopie : (0)4 91 50 91 10

DEPOSITAIRE

Université de Provence  
Bibliothèque Vniversitaire  
3, place Victor Hugo  
F - 13331 Marseille Cedex 3  
Téléphone: (0)4 91 62 44 16  
Télécopie : (0)4 91 95 75 57

**1 EDITORIAL.**

Informatique et qualité de vie,

*par Edmond Bianco*

**7 UTILISATION ET ACQUISITION  
DE CONNAISSANCES DANS UN CONTEXTE  
NOUVEAU,**

*par Marina Petitjean et Thierry Bollon*

**29 CAUSES ET CONSEQUENCES DE  
L'AVALANCHE DES PUBLICATIONS  
SCIENTIFIQUES,**

*par Jòzef Hurwic*

**39 VOZZAVEDIBISAR.**

Le temps des juges,

*par Edmond Bianco*

D'ici quelque temps le bulletin aura ses informations sur WWW:  
<http://newsup.univ-mrs.fr> <http://www.u-3mrs.fr>

Publication trimestrielle, gratuite, de l'Université de Provence.

Edition 1999

ISSN 0291 - 5413



## **EDITORIAL,**

### **Informatique et qualité de vie.**

Travail et intelligence sont des notions extrêmement difficiles à définir, car toutes deux présentent des connotations variées selon l'éclairage auquel on les soumet. Ce sont normalement des notions d'adaptation. Les animaux carnivores doivent se fatiguer pour trouver des proies, si ces dernières viennent à manquer, les individus vont se raréfier. Les animaux herbivores, eux doivent se fatiguer de deux façons, d'abord trouver une végétation qui leur convienne, et ensuite savoir échapper aux carnivores. Ce qui devrait les rendre un peu plus intelligents que ces derniers. Les occupations des omnivores sont une synthèse de celles des classes précédentes. Et je ne parle pas des bactéries qui semblent intervenir de manière pathologique quand une espèce prolifère un peu trop.

C'est au milieu de cette biologie bouillonnante qu'est apparu l'homme. Le peu qu'on sait de ses débuts dans le monde du vivant semble indiquer que, d'abord cueilleur, il soit devenu rapace puis cultivateur. Pour finir industriel et enfin chômeur.

Son sens de l'organisation et d'une certaine forme de vie en société lui a permis au bout de milliers de siècles de se donner l'impression qu'il est le maître absolu de la planète. Malheureusement il a conservé les qualités acquises dans ses débuts. Il était devenu rapace pour arracher sa survivance aux dépens des autres espèces, il est resté rapace par rapport à sa propre espèce. Il était difficile et fatigant d'élever, de cultiver, et si certains s'y résolvaient, d'autres trouvaient plus facile de piller et de rapiner au détriment de ceux qui travaillaient. La création d'une petite industrie permettait de fabriquer des outils bien utiles pour conquérir le monde. Hélas certains outils, ceux qui servent à "cueillir" des animaux peuvent aussi servir contre d'autres hommes. Et, curieusement, c'est cette industrie là qui a le mieux prospéré.

La création de la ville qui correspondait à un soucis de vie en commun organisée, a poussé à créer une "morale" pour préciser les lois de la vie en société, et les limites des rapports entre personnes. Mais cela a poussé également à définir une barbarie, pour désigner et envelopper ceux qui restaient à l'extérieur de la ville. Cette dernière notion avait un grand avenir. Après être devenue le "racisme", elle a permis d'inventer l'industrie de l'exploitation des sociétés que l'on peut vaincre facilement par les armes.

De nos jours, cette notion de racisme ayant été à l'origine de suffisamment d'ignominies et d'infamies, ainsi que d'un enrichissement éhonté pour nombre d'individus et de groupes sociaux, a pris en même temps un fumet quelque peu désagréable, aussi a-t-elle été avantageusement remplacée par celle d'exclus économiques. Nouvelle abstraction en pleine période de rodage, mais dotée également d'un grand avenir.

Des outils de mieux en mieux adaptés, une qualification en net progrès ont permis de maîtriser les aléas de la nature. Une intelligence capable d'envisager cette évolution aurait donc pu permettre d'en déduire que le temps était venu de constituer une grande famille qui engloberait toute l'espèce humaine. C'est alors qu'il aurait fallu œuvrer à un judicieux partage des tâches pour faire croître la part réservée aux plaisirs de chacun, et en limitant au maximum les grandes œuvres communes abrutissantes et polluantes.

Mais hélas, semble-t-il, on se heurte là, précisément, aux limites de ce qu'on désigne par ce mot : "intelligence". Qui n'a pas grand sens en lui-même, mais auquel on a l'habitude d'accrocher de brillantes auréoles.

De trop nombreuses habitudes étaient prises et qui se transmettaient par héritage. La spécialisation des tâches. Parmi celles-ci, il en est une qui consistait à "racketter". C'est à partir de cette dernière que s'est lentement constituée la notion de hiérarchie. Celui qui tenait en main une épée et qui passait tout son temps à s'en servir devenait forcément le supérieur de celui dont les mains avaient pris la forme des mancherons de l'araire.

En quelque sorte, une partie de la population avait pour tâche de "racketter" l'autre. L'organisation de la société accroissant sa subtilité en se compliquant, et les formes de "racket" se multipliant à l'infini, chacun est, tour à tour et plus ou moins, "racketteur" et "racketté". C'est de ce jeu qu'est née la notion moderne de travail. De telle sorte que l'occupation qui, pour un fonctionnaire du fisc, consiste à rechercher dans des listes de chiffres l'astuce pour faire payer plus à ses semblables, est qualifiée de la même manière que l'activité de celui qui fait pousser du blé ou de la vigne.

Le développement industriel du XIX<sup>ème</sup> siècle, déplaçait la notion d'esclavage et créait de formidables richesses en même temps que d'épouvantables îlots de misère, une nouvelle religion était née avec son dieu: le travail, et ses fidèles: les ouvriers. N'oublions pas les grands prêtres: les patrons, ni les brebis galeuses: les chômeurs.

Le vocabulaire a quelque peu évolué, mais le XX<sup>ème</sup> siècle procède largement du précédent. La qualité du travail a changé, moins d'industries lourdes comme les aciéries, les mines, et plus d'industries légères de transformation ou d'études, et l'informatique a donné des moyens puissants d'automatisation permettant de la sorte d'éliminer à tour de bras des foules d'employés devenus hors de prix grâce aux conquêtes sociales des luttes ouvrières passées.

Là encore l'intelligence, si intelligence il y avait, aurait dû permettre à la fois un partage des tâches restantes et des richesses supplémentaires dégagées. Là encore on s'est heurté au spécialiste, l'expert, dont la myopie a largement fait merveille au cours des âges.

On n'a pas cherché à créer de la richesse utile, mais seulement du profit. A n'importe quel prix. Et on s'en vante. Les états qui empochent de la T.V.A. poussent à mort dans cette direction, qui visiblement mène à la catastrophe. En effet, en vertu de la notion de propriété, les profits si gras soient-ils, n'ont qu'un maître, contrairement aux déficits énormes, qui, eux sont abondamment répartis chez le contribuable. Le propriétaire du profit le réinvestit immédiatement dans les opérations les plus juteuses, par exemple dans la construction et la vente d'armes, dans la drogue, par des chemins plus ou moins détournés, dans la publicité, et bien d'autres sortes d'investissements aussi ruineux qu'inutiles voire dangereux pour la communauté.

Au fur et à mesure que les techniques s'affinent on aurait pu imaginer de tenter un ralentissement proportionnel à l'accroissement de la puissance des moyens, ce qui aurait peut-être permis entre autres, de réduire les atteintes cardiaques, les cancers et autres calamités conséquentes du stress, de réfléchir posément avant d'entreprendre n'importe quoi, puis de mûrement décider et réaliser dans le calme et la sérénité. Par exemple d'éviter de construire une imbécillité ruineuse et dangereuse comme le surgénérateur Phénix.

Il suffit de se souvenir des débuts de l'informatique pour ne plus conserver aucun espoir quant au devenir de notre société. On s'est rapidement aperçu que la programmation, l'art d'écrire des programmes pour un ordinateur, était à la fois un acte simple et très compliqué. Simple, en ce sens que les langages des machines sont composés d'objets simples en petit nombre, et compliqués car il est difficile de maîtriser ce que représente un programme un peu long. Et l'on a vu rapidement les gens se plonger dans des programmes de plus en plus longs. Or, l'écriture des programmes ressemble beaucoup à l'écriture des romans, il y a peu de bons programmeurs comme il y a peu de bons romanciers.

Un phénomène qui aurait dû faciliter la vie à tout le monde s'est spontanément transformé en un phénomène capable de la compliquer outrageusement. Au départ on était heureux que la terreur des écoliers: la multiplication, s'effectue cent mille fois plus vite et plus sûrement qu'à la main, mais, passion ou nécessité, on a vu des armées de gens plonger en informatique et passer des jours et des nuits à transpirer sur des masses de "listings", certains en emmenaient encore chez eux pour lire des "dumps" le samedi et le dimanche; puis le temps s'écoulant, avec sans doute de moins en moins de passion et de plus en plus de nécessité.

Quantité de gens ont cru qu'on pouvait s'enrichir, et même simplement gagner sa vie en faisant du logiciel, la plupart s'y sont cassés les dents. Quelques uns se sont outrageusement enrichis, mais ils sont fort rares, et encore ont-ils souvent bénéficié de complicités ou de conditions extra-favorables. Dans tous les cas cette manière de procéder a rendu la vie des gens encore plus pénible qu'avant l'invention de l'ordinateur. Simplement, bêtement, parce qu'il a fallu se mettre à la vitesse de cette machine et qu'elle est fort vorace.

Dans ses débuts, la rareté des ordinateurs et le rudimentaire de leurs accès, poussait ses utilisateurs à travailler vite pour disposer de plus de calcul que les concurrents. Ultérieurement, on disposa de logiciels d'accès plus commodes mais les mauvaises habitudes étaient prises. Et plus les moyens de calculs sont devenus performants, commodes, bon marché, plus les utilisateurs doivent aligner sans fin les heures de travail pour survivre, durement concurrencés qu'ils sont par la main d'œuvre taillable et corvéable à merci d'Asie du sud-est. Tant le travail de programmeur est déprécié. Au point qu'on a même connu des entreprises de programmation produisant un logiciel médiocre qui ne comptait pas un seul "programmeur" au milieu de centaines d'"ingénieurs".

Le logiciel est un produit extrêmement coûteux, et le bon logiciel encore bien plus! Voilà une vérité qu'on ne reconnaît pas volontiers. Aussi le métier de programmeur désormais pratiqué par un peu tout le monde, est-il devenu un esclavage épouvantable, à l'exception du cas de ceux qui le pratiquent en dilettante.

Une autre conséquence perverse découle de cette vérité. La difficulté d'écrire et la facilité de copier font que le producteur complique à l'extrême son produit pour en retarder la duplication gratuite. Et comme celle-ci, le déplombage, est inévitable à terme, le producteur enrichit et perfectionne à fond son produit pour prendre de vitesse les copieurs. La victime est évidemment le client naïf, qui paye un produit alourdi et rendu malcommode, coûteux par ses protections.

Encore une fois, le perfectionnement technique qui apporte des aides réellement puissantes asservit encore davantage cette pauvre créature humaine au lieu de lui faciliter la vie. Chaque progrès de cette sorte découpe en deux la société. D'une part surgissent un petit nombre d'élus qui vont accaparer le maximum de richesses pendant que l'autre partie est irrémédiablement écrasée sous une charge de plus en plus lourde, en même temps qu'est rejetée sur le bord de la route une masse de plus en plus grande d'individus devenus inutiles après avoir été soigneusement pressurés. Comme ce fut le cas de ces personnels qu'on appelait autrefois les "perfos", les opérateurs, puis les programmeurs, et d'autres encore.

A l'heure des questions, on peut se demander comment il se fait que chaque sursaut technologique, qui parvient à augmenter avec un retard convenable, le niveau moyen de la population, en fait dégrade constamment et de plus en plus gravement la qualité de la vie.

Dure loi que la loi du profit maximum.

Mais depuis la chute spectaculaire des idéologies - des idéologies ou des pouvoirs auxquels elles servaient de paravent ? - on nous force un peu l'impression qu'il n'y a rien hors du profit.

*Edmond Bianco*



## **ANALOG : un modèle pour explorer les systèmes complexes**

**Thierry Bollon**

**Marina Petitjean**

Laboratoire de Psychologie Sociale  
Université Pierre Mendès-France  
1 251 Avenue Centrale  
Domaine Universitaire de Saint Martin d'Hères  
BP 47 X  
38040 Grenoble Cedex 09

CREPCO - UMR CNRS 6561  
Université de Provence  
29, avenue Robert Schuman  
13100 Aix-en-Provence cedex 01

### **Résumé :**

Nous présentons une première version d'un modèle du sujet (ANALOG) implémenté en LISP. Plus précisément, notre modélisation a pour objectif de simuler un sujet explorant les possibilités d'un nouveau système informatique. Ce modèle doit donc prédire les comportements du sujet et décrire les mécanismes cognitifs qui supportent ces comportements. ANALOG (ANALogie-LOGicielle) reprend une architecture classique de la Psychologie Cognitive qui intègre, en particulier, une mémoire de travail (MT), une mémoire à long terme (MLT) et un système de perception de l'environnement. La découverte des potentialités d'un logiciel est une situation particulière d'apprentissage. En effet, le sujet dispose généralement des connaissances nécessaires à la réalisation de la tâche "manuelle" mais il ignore, en revanche, le contenu informationnel et les procédures d'utilisation du système informatique. Une simulation des comportements du sujet en interaction avec un logiciel doit, par conséquent, décrire d'une part les connaissances du sujet sur la tâche manuelle et d'autre part l'apprentissage proprement dit du système informatique (découvertes de nouvelles informations ainsi que la construction de connaissances spécifiques à l'utilisation du produit logiciel). ANALOG est un modèle d'apprentissage qui décrit l'acquisition de nouvelles connaissances mais en fonction des connaissances antérieures du sujet. Notre problématique s'attache donc à déterminer comment, dans une situation informatique, le sujet construit de nouvelles connaissances à partir de connaissances anciennes. Nous présenterons également des résultats expérimentaux permettant de tester notre modèle.

## 0. Introduction

Les applications logicielles deviennent de plus en plus complexes. Si la taille en octets n'est pas forcément un bon indicateur de cette complexité, le nombre de fonctions disponibles en donne néanmoins une approximation. L'exemple des traitements de textes apparaît assez significatif de cette évolution. Au début des années 1980, ces applications n'autorisaient que quelques opérations assez élémentaires de mise en page alors qu'aujourd'hui elles contiennent plusieurs centaines de fonctions complexes (mailings, corrections d'orthographe ou de grammaire, etc). Le même constat peut être fait en ce qui concerne les bases de données ou les hypermédias. Une encyclopédie de plusieurs volumes tient sur un CD-ROM et l'utilisateur peut consulter celle-ci et obtenir des informations textuelles, graphiques, sonores, etc.

Cette évolution des produits informatiques est censée faciliter le travail des sujets mais que se passe-t-il pour le novice lors de son interaction avec de tels outils ? Cette question se décompose en fait en plusieurs autres interrogations. Qu'est-ce le sujet comprend ou qu'est-ce qu'il imagine sur le contenu du logiciel et sur les fonctionnalités de celui-ci ? Quelles connaissances ont été mobilisées ? Qu'est-ce que le sujet apprend et qu'est-ce qu'il mémorise suite à l'utilisation d'un logiciel ?

Afin de tenter de répondre à ces questions, nous avons choisi d'étudier une tâche relativement simple: la création de figures géométriques avec un éditeur graphique. Notre démarche comprend deux étapes successives : l'élaboration d'un modèle implémenté en LISP et un test du modèle grâce à des expériences. Notre modèle, pour l'architecture, la représentation des connaissances, apprentissage, etc., s'inspire de théories de la Psychologie Cognitive (Anderson, 1983; Simon, 1990). Il a été conçu avant toute expérimentation et son objectif est de définir un modèle minimal du fonctionnement cognitif qui puisse prédire et décrire les comportements d'un sujet utilisant un éditeur graphique. Ce modèle "trace" le comportement du sujet à partir des mécanismes élémentaires de son fonctionnement cognitif (activation de connaissances, appariement, etc.). Il est donc possible de savoir à chaque instant de l'apprentissage quelles sont les informations de l'interface perçues et/ou intégrées dans un traitement, les connaissances nécessaires activées et/ou utilisées, les

nouvelles connaissances mémorisées et sous quel format, etc. Les prédictions fournies par ANALOG ont été testées dans une expérience. Ce modèle minimal nous semble être une étape indispensable, si l'on souhaite comprendre le fonctionnement cognitif des sujets utilisant des applications complexes comme les produits hypermédias. Nous faisons donc l'hypothèse que notre modèle et nos résultats expérimentaux sont généralisables pour des tâches plus complexes.

## **1. Cadre théorique**

### **1.1. Apprentissage et connaissances**

Le sujet qui utilise un nouveau logiciel se trouve dans une situation a priori classique d'apprentissage. Il doit découvrir des informations et/ou des procédures d'action et les mémoriser pour pouvoir les réutiliser ultérieurement (Anderson, 1993). Cet apprentissage présente néanmoins une caractéristique importante quant aux connaissances du sujet. En effet, le sujet, qui utilise un logiciel nouveau, réalise une tâche généralement familière (écrire une lettre, faire un dessin, etc.) pour laquelle il dispose de nombreuses connaissances mais, en revanche, il connaît peu ou mal le système informatique. En d'autres termes, il ignore, au moins en partie, le contenu informationnel du système informatique ainsi que les procédures d'utilisation et il doit donc acquérir sur ce domaine particulier de nouvelles connaissances. Nous avons ainsi une situation particulière que nous pouvons qualifier de double tâche avec une tâche familière et une tâche de résolution de problèmes et d'apprentissage. Pour la tâche familière, le sujet n'est pas en situation de résolution de problème puisqu'il dispose des connaissances nécessaires alors que pour l'utilisation du logiciel l'absence de connaissance impose la mise en oeuvre de stratégies de résolution de problème (Hoc, 1987; Richard, 1984). On remarquera d'ailleurs que la conception des produits logiciels repose généralement sur l'hypothèse selon laquelle les connaissances du domaine familier vont permettre au sujet de résoudre les problèmes qu'il rencontre et favoriser l'apprentissage de la situation informatique (Barthet, 1988). Ces connaissances permettraient effectivement l'élaboration de la représentation du problème dont découle ensuite la construction d'une solution (Richard, 1985). Nous posons, néanmoins, l'hypothèse que cette

conception n'est vraie que pour les toutes premières étapes de l'apprentissage et qu'en fait le sujet doit rapidement inhiber l'intervention de ses connaissances pour pouvoir découvrir et utiliser les fonctionnalités d'un logiciel et donc acquérir de nouvelles connaissances. Par exemple, si le sujet se contente d'écrire avec un éditeur de texte comme il utiliserait un crayon et une feuille, il ne découvrira jamais les fonctions de traitement de texte. Dans ce cas, il ne mobilise que ses connaissances antérieures et tant qu'il n'inhibe pas leur intervention, il n'acquiert pas de connaissances nouvelles.

Cette hypothèse demeure évidemment compatible avec la définition de l'apprentissage comme l'acquisition de nouvelles connaissances et nous pouvons la spécifier en proposant les deux propositions complémentaires suivantes :

- les premières étapes d'un apprentissage d'un logiciel repose sur la mise en oeuvre de connaissances antérieures disponibles sur la tâche familière pour résoudre les "problèmes-logiciel" ;
- les étapes ultérieures de l'apprentissage impliquent l'inhibition des connaissances relatives au domaine familier.

Pour produire une modélisation satisfaisante de cette situation d'apprentissage, il convient de préciser quelles sont ces connaissances antérieures : le contenu informationnel précis de la MLT avant l'interaction avec le logiciel ainsi que le format de représentation de ces connaissances (règles de production, schémas, etc.). Il faut définir quels sont les mécanismes générant l'activation voire l'utilisation de ces connaissances (inférence, appariement, etc.) en fonction des différentes situations de résolution de problème. Il faut enfin décrire quels sont les mécanismes qui caractérisent la découverte de nouvelles connaissances (ajout de connaissances en MLT, construction de schémas, etc.).

## **1.2. Processus cognitifs et apprentissage**

L'exploration d'un nouveau système n'est donc pas aléatoire puisque, selon notre hypothèse, elle est guidée par les connaissances de la MLT du sujet. En effet, lorsque le sujet "consulte" l'interface du système, cette exploration peut être considérée comme une interprétation des informations présentes sur l'interface grâce à ses connaissances

antérieures. A partir de cette première représentation du problème, le sujet va élaborer une stratégie d'exploration du système et de résolution du problème (Richard, 1984). L'élaboration de cette stratégie repose sur des mécanismes qu'il faut aussi caractériser. Dans le domaine de la résolution de problèmes, deux grandes hypothèses s'opposent sur le type de mécanismes ou de traitement. La première postule que le sujet met en oeuvre des inférences relativement complexes qui reposeraient en particulier sur l'utilisation de règles de production (Anderson, 1993; Cauzinille-Marmèche et Mathieu, 1986; Nguyen-Xuan, 1986). La seconde hypothèse propose que le sujet réalise un traitement plus simple impliquant plutôt des mécanismes relevant des processus d'analogie et de la détection de similitude (Ross, 1989 ; Vosniadou & Ortony, 1989). Dans le cas de l'utilisation d'un logiciel pourvu d'une interface graphique, il est probable que le sujet ne produise des appariements du type : "l'outil qui ressemble à un crayon doit pouvoir être utilisé comme un crayon" ou "l'outil qui a la forme d'un rectangle doit permettre de dessiner des rectangles". Ce mécanisme d'appariement permet de détecter les similitudes suffisantes pour réaliser des tâches simples de dessin. La solution élaborée par le sujet dépendrait donc aux premiers stades de l'apprentissage des connaissances disponibles sur la situation "manuelle". Est-ce que la suite de l'apprentissage, pour des tâches plus complexes, fonctionne sur le même mécanisme d'appariement ? Richard (1983) postule que le sujet, face à un dispositif technique comme une calculette, doit inférer la logique d'utilisation à partir des connaissances dont il dispose sur la logique de fonctionnement. Cet auteur propose donc la mise en oeuvre d'un mécanisme inférentiel qui va transformer les connaissances du sujet. Effectivement, si le sujet ne fait que ré-utiliser ses connaissances sur la situation manuelle, il ne pourra pas découvrir la logique de fonctionnement du logiciel et élaborer une logique d'utilisation efficace (Richard, 1983 ; 1995). Si ce passage logique de fonctionnement - logique d'utilisation apparaît indispensable, nous posons l'hypothèse qu'il n'est pas nécessaire de postuler la mise en oeuvre de mécanismes inférentiels plus complexes et qu'il suffit que le sujet (ou le modèle) produise une recherche plus approfondie en MLT. Cette recherche en MLT ne doit pas se limiter au domaine spécifique de la tâche en cours mais elle doit s'effectuer dans des domaines de connaissances différents. Si l'on admet que la connaissance du sujet est organisée en schémas (Minsky,

1988) alors il faut que cette recherche en MLT ne se fasse pas seulement dans le schéma du domaine concerné mais qu'elle se fasse aussi au niveau d'autres schémas de connaissances. La solution trouvée est alors un ensemble de connaissances provenant de différents schémas. La compréhension du fonctionnement et du contenu du logiciel correspond ainsi à la construction de nouveaux schémas de connaissances qui intègrent certes les connaissances antérieures propres à un domaine spécifique mais aussi et surtout des connaissances issues de schémas relatifs à d'autres domaines. L'apprentissage peut donc être décrit par un processus de construction de schémas sachant que ces derniers ne préexistaient pas en MLT et donc par le fait que le sujet doit restructurer ses connaissances en MLT (Norman, 1982).

Tout apprentissage implique une mémorisation (Tiberghien et Lecocq, 1983; Tiberghien, 1986 ; 1989). Nous proposons alors que notre modèle mémorise ses différentes interactions avec le système informatique. Pour les premières étapes de l'apprentissage, il mémorisera la solution qu'il aura élaborée à partir de ses simples connaissances antérieures mais dans un "contexte informatique". Pour la suite de la séquence d'apprentissage, les nouveaux schémas de connaissances relatifs au système informatique vont être également mémorisés dans le "contexte informatique". Notre modèle aura ainsi en mémoire différents types de solutions puisque les schémas n'élimineront pas les premières solutions mais les rendront seulement moins accessibles.

Nous allons aborder maintenant une description de notre modèle implémenté en CommonLisp (ANALOG).

## **2. Le modèle ANALOG**

### **2.1. Analyse de la tâche**

Un sujet adulte possède des connaissances sur les figures géométriques courantes (cercle, carré, triangle, etc.) et sur les procédures pour dessiner celles-ci (utiliser une règle, un compas, etc.). En revanche, s'il n'a jamais utilisé d'ordinateur, il est novice dans le domaine de l'utilisation d'un éditeur graphique. Les interfaces des logiciels graphiques comportent généralement des barres d'outils représentant des outils de dessin sous

formes figuratives (crayon, pinceau, etc.). Comme on le verra dans notre expérience, le sujet à qui on soumet un problème explore les potentialités du logiciel en inférant les fonctionnalités des outils présents au niveau de l'interface. Si le problème est "dessine un rectangle" et que le sujet perçoit un outil qui a la forme d'un rectangle, il va tenter de l'utiliser. Ce comportement apparemment assez simple implique en fait différents processus cognitifs (perception, appariement, etc.) et la mise en oeuvre de multiples connaissances (sur les rectangles, les procédures de dessin, etc.). Si la tâche est "dessine un carré" et que le sujet ne perçoit pas d'outil "carré" sur l'interface, l'activité cognitive du sujet va être beaucoup plus complexe. Il va devoir en effet trouver "qu'un carré c'est un peu comme un rectangle" et qu'il doit être possible de modifier la procédure d'utilisation de l'outil rectangle pour faire un carré. Ce comportement implique aussi la modification des procédures manuelles de dessin et une remise en cause des connaissances associées aux objets géométriques. En effet, dans une situation manuelle, le sujet ne produit que très rarement des inférences l'amenant à penser qu'un carré est un rectangle. Cette situation est paradoxale car elle est réalisée assez facilement par le sujet (en quelques essais le sujet découvre qu'un outil rectangle permet de dessiner des carrés) en dépit du grand nombre de connaissances mobilisées.

Pour décrire ce type de comportement, nous allons dans un premier temps décrire l'architecture de notre modèle puis exposer son fonctionnement et définir ses prédictions qui ont été testées expérimentalement.

## **2.2. Description d'ANALOG**

Notre modèle comprend, en premier lieu, un module de perception de l'environnement qui lui permet de détecter la présence d'un problème et de consulter l'interface du logiciel graphique et la liste des outils disponibles. Il comporte ensuite une MT qui ne peut contenir que neuf éléments d'information. La résolution de problème s'effectue dans cet espace limité où chaque nouvelle information ou connaissance chasse une information plus ancienne. Cette première mémoire est donc un registre de rétention temporaire (Miller, 1956 ; Baddeley, 1992). Enfin, la MLT contient des connaissances sur les figures géométriques et sur les

procédures de dessin à la main. Pour définir le contenu de cette mémoire, nous avons procédé à plusieurs expérimentations auprès de sujets novices (N = 300) en informatique. Il s'ensuit que ces connaissances sont organisées en fonction de la structure et des particularités des tâches manuelles de dessin. Ce choix nous est imposé puisque l'objectif est de modéliser la découverte des fonctionnalités d'un logiciel graphique par un sujet n'ayant jamais utilisé d'ordinateur. Le format de représentation des connaissances adopté correspond à celui des schémas. Ce choix repose sur le fait que la connaissance experte est généralement représentée sous forme de frame ou schémas (Richard, 1995 ; Schank et Abelson, 1977). Nous avons utilisé en particulier le formalisme développé par Winston et Horn (1981).

### **2.3. Fonctionnement d'ANALOG**

#### **2.3.1. Les mécanismes généraux de fonctionnement d'ANALOG**

La MT reçoit l'intitulé du problème qui a été détecté dans l'environnement par le système de perception. Le problème joue le rôle de but à réaliser. Dans la MT, les informations sont stockées et remises à jour en fonction de leur poids qui reflète leur importance, liée à leur fréquence d'utilisation (déterminée grâce aux expérimentations auprès de sujets novices en informatique). Le poids d'une information est une valeur numérique définie dans l'intervalle [0-1]. Un problème, pour ANALOG, est un intitulé de type : "dessine carré", "dessine cercle", etc. Actuellement, le poids du problème est de 1 afin qu'il ne soit jamais chassé de la MT par une information ou une connaissance. L'intitulé du problème joue le rôle de "sondeur" de la MLT. ANALOG produit une recherche en appariant l'intitulé du problème aux connaissances dont il dispose en MLT. Cette recherche débute sur les schémas de connaissances décrivant les objets géométriques. Les procédures de dessin sont activées du fait des relations d'héritages qu'elles partagent avec les connaissances sur les objets. Toutes les connaissances détectées par le processus d'appariement n'accèdent pas à la MT. Seules les 8 connaissances les plus importantes et l'intitulé du problème sont stockées provisoirement en MT. Cette exploration de la MLT génère ainsi une première représentation du problème qui ne contient que des connaissances manuelles de dessin.

Suite à cette première représentation du problème, ANALOG explore l'interface du logiciel graphique pour découvrir un outil lui permettant de réaliser la figure géométrique demandée. Cette exploration repose également sur un processus d'appariement mais, cette fois, entre le contenu de la MT et la liste des outils disponibles. L'interface du logiciel graphique contient différents outils et notamment un "crayon" et un outil "trait". Avec ces deux outils, il est possible de dessiner n'importe quelle figure géométrique. ANALOG trouve donc toujours un outil qui puisse s'apparier avec ses connaissances (manuelles). ANALOG produit donc une réponse qui est évidemment le déroulement d'un schéma d'exécution du dessin à la main. Cette dernière, cependant, n'est pas systématiquement optimale par rapport à l'utilisation du logiciel graphique.

### **2.3.2. Un exemple de fonctionnement**

Le problème posé à ANALOG est : "dessine carré". Une fois cet intitulé entré en MT, le modèle cherche en MLT toutes les connaissances dont il dispose sur cette figure. Il active alors les schémas de description et de procédure du carré. Dans ces schémas, les connaissances sont organisées en fonction de leur fréquence d'utilisation. Il n'entre alors en MT que les huit connaissances de ces schémas qui ont les poids les plus forts. Toutes les connaissances disponibles sur le carré ne sont donc pas utilisables pour résoudre le problème en cours. ANALOG, en fonction de cette hiérarchie définie expérimentalement, trouve notamment qu'un carré est composé de quatre traits égaux, qu'il a quatre angles droits, etc.

A partir de ces connaissances, il tente de trouver un outil sur l'interface. Le processus d'appariement associe alors l'outil "trait" et la connaissance "dessin de 4 traits". Le modèle adapte ensuite la procédure de dessin du carré à la logique de fonctionnement du logiciel graphique (Richard, 1983). ANALOG mémorise cette nouvelle solution dans le contexte du dessin "informatique". Cette solution se compose de l'outil à utiliser, de la procédure mise en oeuvre et de certaines des connaissances descriptives sur le carré.

A ce stade, on pourrait considérer que le problème est résolu. Avec cette modélisation, on connaît exactement les connaissances qui ont été activées, quelles connaissances ont été effectivement utilisées, dans quel ordre et quand. Si on demande de re-dessiner un carré, ANALOG effectue une

recherche dans ce nouveau contexte informatique et répète la solution qui vient de découvrir.

Cette modélisation, si elle correspond aux objectifs fixés, s'avère néanmoins insuffisante. Le modèle ne produit pas en effet une réponse optimale en termes d'utilisation du logiciel graphique. Un sujet découvre après quelques essais que l'outil "trait" est moins efficace que l'outil "rectangle" (voir expérience). Il convient donc qu'ANALOG découvre également cet outil et qu'ainsi "un carré est un rectangle". Evidemment, notre modèle ne dispose pas de cette connaissance et il doit donc comme un sujet humain, la construire.

Nous avons défini une fonction : "trouve-mieux" qui joue le rôle d'un feed-back et qui permet au modèle de reprendre sa recherche. Dans ce cas, ANALOG, suite à un premier essai où il utilise l'outil "trait", cherche quel autre outil il pourrait utiliser. Il réactive ses connaissances sur le carré mais il approfondit sa recherche sur toutes ses connaissances jusqu'à qu'il trouve une connaissance pouvant s'apparier avec l'un des outils. Dans notre cas, il trouve qu'un carré est "une sorte de" rectangle en utilisant une relation d'héritage. Il sélectionne donc cet outil "rectangle" et l'utilise mais en respectant les contraintes liées à l'objet carré. Il mémorise de nouveau cette solution (connaissances activées et utilisées ayant transité par la MT et la procédure de dessin) en MLT dans le contexte informatique.

Il faut remarquer à ce stade de la modélisation qu'ANALOG a vraiment construit une solution qui ne préexistait pas dans sa MLT. En effet, lors du premier essai lorsqu'il utilise l'outil "trait", il ne fait que retrouver en MLT une solution préexistante qui était applicable à une situation manuelle et qu'il adapte au contexte informatique. On peut qualifier ce premier niveau d'apprentissage d'adaptatif en ce sens qu'il sélectionne un outil connu (le crayon ou le trait) et qu'il le met en oeuvre en respectant les contraintes du système informatique. Au niveau des contenus de la MLT, on n'observe qu'un simple enrichissement des connaissances et il n'y a pas de remise en cause de la structure des connaissances.

L'utilisation de l'outil "rectangle" ne se limite pas à l'adaptation d'une procédure existante. ANALOG construit une nouvelle connaissance à partir certes de connaissances antérieures mais qui proviennent de structures indépendantes ou en d'autres termes de schémas différents. Cette nouvelle connaissance contient en effet des connaissances provenant

du schéma "carré" et du schéma "rectangle". On a donc bien une modification de la structure de la MLT.

#### **2.4. Quelques données complémentaires sur les modalités d'apprentissage d'ANALOG**

Avant de présenter la phase des tests expérimentaux d'ANALOG, il convient de préciser quelques autres fonctions relatives à l'apprentissage de ce modèle.

En premier lieu, l'apprentissage d'ANALOG comprend d'autres mécanismes et notamment en ce qui concerne la structure de ses connaissances. La découverte d'une solution induit dans notre modèle sa mémorisation. En termes LISP, solution correspond à une liste de connaissances qui ne suit qu'une organisation linéaire. Cette mémorisation correspond au stade initial de l'apprentissage. Un sujet humain, qui répète un exercice, structure sa connaissance jusqu'à créer un nouveau schéma de connaissance (Norman, 1982). Notre modèle simule également cette réorganisation des connaissances en schémas. Etant donné la relative simplicité de la tâche, la construction d'un schéma intervient après le troisième essai mais l'élaboration de ce nouveau schéma n'efface pas les autres solutions antérieures. La mémoire d'ANALOG est donc redondante puisqu'elle contient plusieurs solutions pour un même problème. Cette redondance pose problème en termes de recherche en mémoire si l'on admet que la probabilité de retrouver une information est fonction du nombre d'éléments en MLT (Anderson, 1993). Pour contourner cette difficulté, nous proposons divers mécanismes facilitant la recherche en MLT. Le premier est que la MLT d'ANALOG est structurée en fonction des contextes d'utilisation : manuel ou informatique. Cette contextualisation de la connaissance réduit la longueur de la recherche par un facteur 2. Le second mécanisme est que les connaissances s'organisent en sous-contextes en fonction du type d'objet géométrique : carré, cercle, etc. Le troisième mécanisme est qu'à l'intérieur d'un sous-contexte, les connaissances sont hiérarchisées en fonction de leur adéquation à résoudre le problème. Le nouveau schéma de connaissance sur le carré, dans notre exemple, est le plus accessible puisque le plus adéquat. Les autres solutions (non structurées en schémas) ne seront donc pas choisies mais

elles conservent leur utilité en particulier lorsque le sujet (ou le modèle) abordera un autre problème comme le dessin du cercle.

### **3. Expérience**

#### **3.1. Sujets**

L'expérience a été menée auprès de 120 étudiants de sexe masculin (42,5%) et féminin (57,5%) de l'Université de Provence (centre d'Aix). Nous demandions qu'ils n'aient "pas ou peu utilisé d'ordinateur et surtout jamais de logiciel graphique".

#### **3.2. Procédure**

Les sujets devaient réaliser des figures géométriques sur un ordinateur MacIntosh. L'application utilisée était une version simplifiée de Canvas, logiciel graphique (voir figure 1).

L'expérience commençait par une révision (ou un apprentissage) des trois fonctions de la souris indispensables à la réalisation des exercices (déplacement sur l'écran, click, glisser-déplacer).

L'observation du comportement des sujets portait sur une série de cinq exercices dont nous avons fait varier l'ordre. Un énoncé précisait quelle figure le sujet devait dessiner. Il était suivi d'un exemple. Le sujet, qui avait la souris en main, choisissait l'outil qui lui semblait adéquat pour dessiner la figure. Il cliquait dessus pour le sélectionner, se déplaçait sur l'écran et faisait un glisser-déplacer pour effectuer le dessin. Si le sujet devait dessiner un carré, il pouvait soit prendre l'outil rectangle, qui dessine la figure directement, soit l'outil trait. Dans ce dernier cas, il devait dessiner quatre traits, donc recommencer quatre fois la même procédure (sélection de l'outil, déplacement sur l'écran, glisser-déplacer). Quand le sujet disait qu'il pensait avoir terminé l'exercice, l'expérimentateur faisait afficher le suivant. Le sujet n'était pas limité en temps et a la possibilité de faire autant d'essais qu'il le désirait. Aucune précision sur l'usage des outils ne lui était donnée. Il devait explorer et découvrir les fonctions seul.

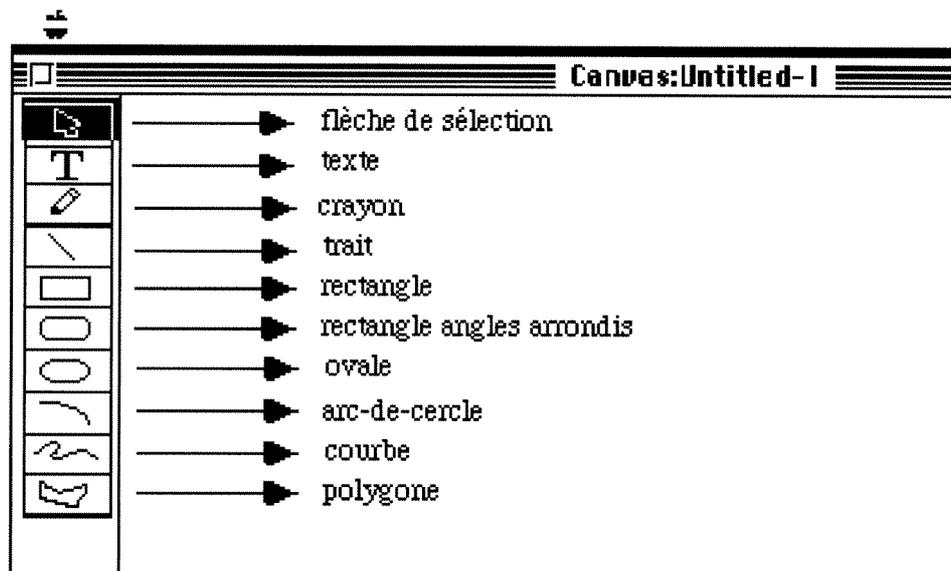


Figure 1. Logiciel Canvas simplifié.

### 3.3. Tâche

Les sujets connaissent la procédure à suivre pour dessiner des figures géométriques avec du papier et un crayon (contexte papier-crayon). La procédure manuelle de dessin de figures de type "polygone" (rectangle, carré, etc.) implique le traçage d'un certain nombre de traits en respectant certaines contraintes (pour le carré, par exemple, les quatre traits doivent être égaux et leur jonction en angles droits). Pour les figures de type "courbe" (ovale, cercle, etc.), la procédure manuelle consiste à dessiner une courbe en respectant aussi certaines contraintes (pour le cercle, par exemple, chaque point de la courbe doit être équidistant du centre).

La procédure de dessin sur logiciel graphique est différente de la procédure manuelle. Il s'agit donc d'un contexte nouveau pour les sujets, où la procédure qu'ils connaissent est utilisable (en la modifiant légèrement) mais pas optimale. Le dessin d'une figure se fait directement, en utilisant la souris. L'utilisateur règle la taille de la figure à son gré sans avoir à la dessiner au fur et à mesure comme il le ferait manuellement. Les icônes qui représentent les outils permettant de dessiner (voir figure 1) sont pour la plupart identiques à ce qu'elles permettent de produire sauf en ce qui concerne le carré (outil "rectangle") et le cercle (outil "ovale").

### 3.4. Prédications et hypothèses

Le but de cette expérience était de tester deux hypothèses relatives à l'utilisation et à l'acquisition de connaissances dans un contexte nouveau. La première hypothèse est que lorsqu'un sujet est face à un problème dont il connaît la solution mais qu'il doit le résoudre dans un contexte nouveau, il commence par utiliser la solution connue et tente de l'adapter à la nouvelle situation (utilisation de connaissances antérieures). Ainsi, dans la situation de dessin sur logiciel graphique, le sujet va avoir tendance à essayer d'appliquer la procédure de dessin manuelle connue. Dans cette expérience, les "figures-objectifs" (celles auxquelles nous nous intéressions le plus) étaient le cercle et le carré. Les autres figures (trait, arc, rectangle et ovale) sont identiques à l'icône de l'outil servant à les réaliser, ce qui n'est pas le cas du carré et du cercle (les icônes des outils servant à les réaliser sont un rectangle et un ovale). Il est donc a priori plus difficile d'employer l'outil adéquat (celui qui utilise le logiciel de manière optimale) pour ces "figures-objectifs" que pour les autres car les sujets doivent trouver que le carré est une sorte de rectangle et que le cercle est une sorte d'ovale. Les sujets vont donc avoir tendance à utiliser soit le crayon, soit le trait (pour les figures de type "polygone"), soit le crayon, l'arc-de-cercle ou la courbe (pour les figures de type "courbe"). L'emploi de ces outils révélerait ainsi le recours à la procédure manuelle pour dessiner les figures.

La seconde hypothèse est que lorsque le sujet trouve une solution adéquate dans le nouveau contexte et qu'on lui demande de résoudre un problème ayant des similitudes avec le précédent, il utilise une solution analogue à celle qu'il vient de créer (création et transfert de connaissances). Ainsi, quand le sujet a dessiné un rectangle, il a pu voir la procédure à suivre pour utiliser l'outil et il peut transférer cette connaissance sur le dessin du carré. Il en est de même pour l'ovale et le cercle. Quand le sujet a dessiné un carré avec l'outil rectangle, il peut transférer cette connaissance sur l'outil ovale et le dessin d'un cercle en faisant l'analogie "le rectangle est au carré ce que l'ovale est au cercle". Cette analogie peut aussi se faire du cercle vers le carré.

Les hypothèses d'utilisation de connaissances antérieures et de création et transfert de connaissances ont été opérationnalisées dans cette expérience de la manière suivante :

- les sujets qui dessineront en premier un carré (figure-objectif) auront plus souvent tendance à adapter la procédure manuelle de dessin au logiciel que les sujets qui auront dessiné avant d'autres figures (trait ou ovale ou rectangle, etc.) ;
- la même prédiction s'applique à la figure-objectif : cercle ;
- les sujets qui dessineront un carré (figure-objectif) après avoir dessiné un rectangle ou un cercle auront plus souvent tendance à utiliser l'outil adéquat que ceux qui n'auront pas dessiné une de ces deux figures ;
- les sujets qui dessineront un cercle (figure-objectif) après avoir dessiné un ovale ou un carré auront plus souvent tendance à utiliser l'outil adéquat que ceux qui n'auront pas dessiné une de ces deux figures.

### **3.5. Résultats**

Les outils employés par chaque sujet étaient enregistrés durant l'expérience grâce à une grille de codage. Nous n'avons utilisé que le premier outil sélectionné pour le traitement des données car il était la manifestation des connaissances mises en oeuvre. Les données brutes ont été codées en 1-0. Le 1 signifiait que le sujet avait utilisé l'outil adéquat, c'est-à-dire l'outil qui utilisait le logiciel de manière optimale, pour dessiner la figure. Le 0 signifiait que le sujet ne s'était pas servi de l'outil adéquat et donc qu'il a eu recours à la procédure manuelle pour dessiner les figures.

#### **3.5.1. Résultats et interprétation concernant l'hypothèse d'utilisation de connaissances antérieures**

Les données ont été traitées avec le test des probabilités exactes de Fisher. Nous avons comparé la condition dans laquelle la figure-objectif (carré ou cercle) était la première à dessiner aux autres conditions, qui ne commencent pas par une figure objectif.

Les sujets commençant par dessiner un carré (figure-objectif) utilisent moins souvent l'outil adéquat que lorsqu'ils dessinent un carré après avoir dessiné d'autres "figures-analogues" ( $e_1^1=7/15$ ,  $e_2=12/15$  ;  $pF<.05$  ;  $e_1=7/15$ ,  $e_2=11/15$  ;  $pF<.0067$  ;  $e_1=7/15$ ,  $e_2=12/15$  ;  $pF<.05$ ). Ces

---

<sup>1</sup> e = effectif utilisant l'outil adéquat pour dessiner la figure demandée.

résultats montrent que lorsque la première figure à dessiner est un carré, les sujets utilisent et adaptent la procédure manuelle de dessin alors que dans les autres conditions, ils ont utilisé l'outil adéquat.

On n'observe pas ce phénomène quand les sujets commencent par dessiner un cercle, mais dans la condition dans laquelle les sujets dessinent un cercle après un arc-de-cercle et un ovale, ils utilisent moins souvent l'outil adéquat que pour le dessin des cercles dans les autres conditions ( $e_1=9/15$ ,  $e_2=11/15$  ;  $pF<.037$  ;  $e_1=9/15$ ,  $e_2=14/15$  ;  $pF<.037$ ). On retrouve ici l'utilisation et l'adaptation de la procédure manuelle mais ce résultat ne va pas dans le sens de l'hypothèse. Il sera discuté dans la dernière partie.

### **3.5.2. Résultats et interprétation concernant l'hypothèse de transfert des connaissances**

Les données ont été traitées avec le test des probabilités exactes de Fisher ( $pF$ ). Quand ce dernier test était impossible à appliquer pour des raisons d'effectifs trop réduits, nous avons utilisé le test du signe (TS). Nous avons comparé l'outil utilisé pour dessiner la première figure objectif ou celui utilisé pour dessiner une figure de la même famille que la seconde figure-objectif (rectangle pour le carré et ovale pour le cercle) à celui employé pour dessiner la seconde figure-objectif.

On constate que les sujets qui utilisent l'outil adéquat pour dessiner un carré utilisent aussi l'outil approprié pour dessiner un cercle ( $e_1=14/15$ ,  $e_2=14/15$  ;  $TS<.005$  ;  $e_1=15/15$ ,  $e_2=14/15$  ;  $TS<.005$ ). Les sujets qui utilisent l'outil adéquat pour dessiner un rectangle utilisent ensuite cet outil ("rectangle") pour dessiner un carré ( $e_1=14/15$ ,  $e_2=13/15$  ;  $TS<.005$  ;  $e_1=13/15$ ,  $e_2=11/15$  ;  $pF<.05$  ;  $e_1=15/15$ ,  $e_2=12/15$  ;  $TS<.025$ ). Les sujets qui utilisent l'outil adéquat pour dessiner un cercle utilisent ensuite l'outil approprié pour dessiner un carré ( $e_1=14/15$ ,  $e_2=14/15$  ;  $TS<.005$  ;  $e_1=13/15$ ,  $e_2=15/15$  ;  $TS<.005$ ). Les sujets qui utilisent l'outil adéquat pour dessiner un ovale utilisent ensuite cet outil ("ovale") pour dessiner un cercle ( $e_1=15/15$ ,  $e_2=14/15$  ;  $TS<.005$ ).

Ces résultats suggèrent un transfert de connaissances sur la procédure de dessin entre les figures géométriques nécessitant des outils qui s'utilisent de la même manière.

### 3.6. Discussion

Cette expérience montre que des sujets novices en informatique ont tendance à utiliser leurs connaissances sur le contexte papier-crayon pour dessiner des figures géométriques avec un éditeur graphique. Après quelques essais, les sujets sont capables d'apprendre à utiliser le logiciel de manière optimale en transférant les connaissances qu'ils viennent d'acquérir d'une figure sur une autre, même si ces dernières ne sont pas de même type ("polygone" ou "courbe"). Ces nouvelles connaissances sont reliées et contextualisées dans la situation informatique.

Les résultats suggèrent également une asymétrie des performances entre le carré et le cercle : les résultats obtenus ne sont pas les mêmes pour ces deux figures. Une explication de ce phénomène pourrait être que la procédure manuelle de dessin du carré implique le dessin de quatre traits, ce qui est compatible avec l'outil "trait" proposé par le logiciel. Le cercle n'est pas dessiné manuellement avec quatre arcs-de-cercle mais avec une courbe continue, dont aucune icône ne présente les attributs lors d'une exploration rapide de la palette d'outils. Cette caractéristique de la palette d'outils pourrait être la cause d'une exploration orientée vers des caractéristiques du cercle plus abstraites que pour le carré.

Les résultats obtenus montrent un "effet-plafond" dans cette expérience : les exercices sont globalement réussis (83% de réussite ou utilisation de l'outil adéquat et 17% d'échec ou non-utilisation de l'outil adéquat). Il semble que les exercices proposés aux sujets étaient trop simples. Cette "simplicité" est tout à fait relative. Dessiner un carré demeure une tâche relativement simple mais nous avons vu qu'elle implique l'activation de connaissances multiples et surtout de connaissances relevant de schémas distincts (schémas du carré et du rectangle). Cette tâche avec un éditeur graphique implique de plus que le sujet construise un nouveau schéma de connaissances et qu'il mémorise celui-ci dans un contexte lié au système informatique. ANALOG s'avère donc susceptible d'être une description du comportement des sujets découvrant les fonctionnalités d'un logiciel. Cette simulation permet effectivement de décrire précisément qu'elles sont, d'une part les connaissances antérieures activées et/ou traitées et d'autre part quelles sont les informations découvertes et les nouvelles connaissances construites par le sujet. Enfin, le mécanisme de construction de schémas semble être une explication satisfaisante de l'apprentissage.

Néanmoins, d'autres expériences complémentaires avec des figures plus complexes sont en cours actuellement afin de décrire les étapes ultérieures de l'apprentissage d'un logiciel et pour enrichir notre modèle.

#### **4. Discussion générale**

Les résultats de cette expérience nous permettent de maintenir l'architecture générale d'ANALOG car il semble prédire de façon satisfaisante les principaux comportements des sujets. Nous proposons, néanmoins, trois critiques principales.

La première concerne les capacités d'apprentissage d'ANALOG. Notre modèle apparaît capable de découvrir une solution qui ne préexistait pas dans sa MLT et surtout il réutilise cette nouvelle connaissance lors d'un second problème. En effet et de façon plus précise, ANALOG a découvert le sens de certaines des informations contenues dans la palette d'outils lorsque, par exemple, il utilise l'outil "trait" pour dessiner un carré ou un rectangle. Cette connaissance n'appartenait pas au contenu de sa MLT avant la simulation. Un apprentissage un plus élaboré est celui relatif à l'interprétation de l'outil rectangle comme pouvant permettre de dessiner un carré. On peut caractériser ce comportement comme étant l'élaboration d'un nouveau sens. L'information "un outil rectangle permet de dessiner des carrés" n'était pas immédiatement perceptible et il y a bien eu découverte d'une nouvelle fonction.

S'il satisfait ainsi les principaux critères d'apprentissage, en revanche, il n'apprend et ne mémorise que dans les situations de résolution de problèmes. Cette limitation est importante puisqu'il semble difficile d'admettre que la simple consultation d'une base de données par exemple ne produirait aucune mémorisation. De manière plus précise, les informations ne sont encodées dans la nouvelle solution que si elles ont fait partie du contenu de la MT au moment de la résolution du problème. On a donc une focalisation sur la procédure de résolution qui élimine d'autres formes d'apprentissage comme l'apprentissage implicite ou incident (Hayes & Broadbent, 1988). Cette critique est d'autant plus importante que cette focalisation limite les effets de contexte en termes de recouvrement de l'information en MLT grâce à la prise en compte d'informations périphériques donc hors du focus attentionnel. Pour pouvoir utiliser ces informations périphériques, il faudrait qu'ANALOG

soit moins contraint par les caractéristiques de la MT. Nous proposons (développement en cours) que la trace de la solution soit plus étendue et donc qu'elle ne se limite pas aux 9 éléments du contenu de la MT. Si cette trace peut contenir plus de 9 informations, elle pourra intégrer diverses informations contextuelles susceptibles de faciliter par exemple le rappel ou la reconnaissance et donc de rendre mieux compte de la mémorisation en général et de l'apprentissage (Amy et Tiberghien, 1986).

La seconde critique, qui rejoint la première, provient de la simplicité de la stratégie d'exploration de l'interface d'ANALOG qui suit la linéarité de la liste des outils. S'il est vrai que l'interface réelle du logiciel graphique est strictement linéaire (une colonne d'outils), un sujet humain produit sans doute un comportement plus élaboré notamment après plusieurs essais. L'interprétation des outils réalisée par notre modèle demeure relativement frustrante et surtout celle-ci n'est mémorisée qu'en fonction d'un certain objet géométrique (carré, cercle, etc.). Il n'existe actuellement aucune généralisation des fonctions des outils explorés et/ou utilisés. On peut supposer qu'un sujet humain se construit une représentation au moins de l'écran comme l'ont montré les travaux sur l'image opérative (Ochanine, 1978) et les modèles mentaux (Norman, 1983). L'élaboration d'une telle représentation, permanente en MLT, est probablement un mécanisme d'apprentissage indispensable si l'on souhaite qu'ANALOG simule la découverte des informations contenues dans un logiciel. Cette représentation aurait l'avantage de pouvoir servir de structure de rappel et surtout d'encoder le contexte (Ericsson et Kintsch, 1995).

La troisième critique concerne les capacités de généralisation d'ANALOG qui demeurent également réduites. Cette limitation peut être imputée au fait que lors d'un nouveau problème, il ne réutilise pas de façon systématique les connaissances qu'il vient de découvrir dans le contexte informatique. Lorsqu'il vient de découvrir les propriétés d'un outil informatique pour un objet géométrique (exemple : le carré), il n'est pas capable de les transférer sur un autre objet géométrique (exemple : le cercle). Nous pensons qu'un des moyens pour modéliser cette réutilisation des connaissances qui viennent d'être découvertes est justement de mettre en oeuvre une représentation de la palette d'outil. Cette représentation servirait de filtre pour orienter la recherche en MLT en interdisant une recherche directe dans le contexte des connaissances manuelles. Elle

orienterait la recherche en MLT certes dans le domaine des connaissances manuelles mais en fonction des connaissances nouvellement acquises en informatique.

## **5. Conclusion**

Ce modèle ne rend pas compte complètement du fonctionnement cognitif des sujets utilisant un produit informatique mais il présente au moins deux caractéristiques importantes. La première est simplement qu'il produit une première description cohérente de l'apprentissage d'un logiciel. Les expériences ont montré qu'ANALOG se "comporte" (dans une certaine mesure) comme les sujets humains. L'architecture du modèle et les hypothèses sous-jacentes notamment sur l'utilisation des connaissances antérieures, peuvent être maintenues et développées. La seconde est le pouvoir heuristique d'une telle modélisation. Certes, notre modèle n'est pas complet mais nous savons aujourd'hui grâce aux simulations et aux expériences que nous avons réalisées, quelles sont ses limites et surtout comment l'améliorer. Les développements en cours intègrent déjà ces critiques.

Ce modèle, enfin, présente enfin l'avantage de fournir un cadre général d'interprétation du comportement face à un outil informatique. Les mécanismes que nous avons implémentés sont suffisamment généraux pour qu'ANALOG puisse être testés sur d'autres types d'applications informatiques comme les bases de données ou les systèmes multimédias.

## 6. Bibliographie

AMY, B., TIBERGHIE, G. (1986).

Contexte et cognition : le traitement cognitif de l'information contextuelle.  
Séminaire de Sciences cognitives, Février 1986, Université de Grenoble II.

ANDERSON, J.R. (1983).

*The architecture of cognition*. Londres/Cambridge : Harvard University Press.

ANDERSON, J.R. (1993).

*Rules of the Mind*. Hillsdale, New Jersey : LEA.

BADDELEY, A. (1992).

*La Mémoire Humaine, Théorie et Pratique*. Grenoble : PUG.

BARTHET, M.F. (1988).

*Logiciels interactifs et ergonomie. Modèles et méthodes de conception*.

Paris : Bordas, Dunod.

CAUZINILLE-MARMECHE, E., MATHIEU, J. (1986).

La simulation du fonctionnement cognitif à l'aide de systèmes-experts.

In C. Bonnet, J.M. Hoc, G. Tiberghien (Eds). *Automatique, Intelligence Artificielle et Psychologie*. Bruxelles : Pierre Mardaga.

ERICSSON, K.A., KINTSCH, W. (1995).

Long-term working memory. *Psychological review*, 102, 2, 211-245.

HAYES, N.A., BROADBENT, D.E. (1988).

Two modes of learning for interactive tasks, *Cognition*, 28, 249-276

HOC, J.M. (1987).

*Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

MILLER, G.A. (1956).

The magical number seven plus or minus two : some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63, 81-97.

MINSKY, M. (1988).

*La société de l'esprit*. Paris : InterEditions.

NGUYEN-XUAN, A. (1986).

Le système de production : Un formalisme pour modéliser la cognition humaine.

In J.L. Le Moigne (Ed). *Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence*.

Paris : Fondation Diderot-Fayard.

NORMAN, D.A. (1982).

*Learning and Memory*. W.H. San Francisco : Freeman and Compagny.

- NORMAN, D.A. (1983).  
Some Observations on Mental Models. In D.Gentner, A.L. Stevens (Eds).  
*Mental Models*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- OCHANINE, D.A. (1978).  
Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail.  
*Psychologie et Education*, 2, 63-72.
- RICHARD, J.F. (1983).  
Logique de fonctionnement et logique d'utilisation.  
*Rapport de Recherche 202*. INRIA, Le Chesnay, Rocquencourt.
- RICHARD, J.F. (1984).  
La construction de la représentation du problème.  
*Psychologie Française*, 29, 3/4, 226-230.
- RICHARD, J.F. (1985).  
La représentation du problème. *Psychologie Française*, 30 - 3/4, 277-284.
- RICHARD, J.F. (1995).  
*Les Activités Mentales*. Paris : Armand colin.
- ROSS, B.H. (1989). Distinguishing types of superficial similarities : different effects on the access and use of earlier problems. *Journal of Experimental Psychology : learning, memory and cognition*, 15, 3, 456-468.
- SCHANK, R.C., ABELSON, R.P. (1977).  
Scripts, plans, goals and understanding. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum.
- SIMON, H.A. (1990). Invariants of human behavior.  
*Annual Review of Psychology*, 41, 1-19.
- TIBERGHIE, G., LECOCQ, P. (1983).  
*Rappel et reconnaissance. Encodage et recherche en mémoire*. Lille  
Presses Universitaires de Lille.
- TIBERGHIE, G. (1986).  
Intelligence, mémoire et artifice. In C. Bonnet, J.M. Hoc, G. Tiberghien (Eds).  
*Automatique, Intelligence artificielle et Psychologie*. Bruxelles : Pierre Margada Editeur.
- TIBERGHIE, G. (1989).  
Mémoire naturelle, mémoire artificielle. In J. Delacour, J.C.S. Levy (Eds).  
*Systèmes à mémoire. Une approche multidisciplinaire*. Paris : Masson.
- VOSNIADOU, S., ORTONY, A. (Eds). (1989).  
*Similarity and analogical reasoning*. Cambridge : University Press.
- WINSTON, P.H., HORN, B.K.P. (1981).  
*LISP*. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, Massachussets.

# CAUSES ET CONSEQUENCES DE L'AVALANCHE DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

**Jòzef Hurwic**

Université de Provence  
Centre Saint Charles. Case 25  
3, place Victor Hugo  
13331 Marseille Cedex 3

Présentation de Jean - Michel Knippel

Un jour de 1998, je relisais ce texte présenté le 15 mai 1973 dans le cadre des conférences et débats du Séminaire d'Histoire et Sociologie des Faits et des Idées Scientifiques. Jòzef Hurwic nous a permis de le diffuser dans notre bulletin, après sa parution en 1974 dans le cahier numéro 2 du séminaire (\*), à diffusion restreinte. Nous l'en remercions.

Des échanges sur l'opportunité de l'existence des revues régionales sont rapportés dans la discussion. Il ressort qu'aucune règle générale ne s'impose. Combien d'universités diffusent un bulletin d'informatique?

Les domaines pris pour exemples, certes, n'évoquent pas la toute jeune informatique; mais les derniers paragraphes de l'exposé présentent quelques remèdes à cette tendance d'avalanche, dont l'emploi de l'ordinateur dans le cadre du traitement de l'information scientifique et technique.

---

(\*) autres titres parus, voir la page suivante

cahiers parus:

N°0	Elucubration collective	Pourquoi ces cahiers?
N°1	G. Th. GUILBAUD	Comment on parle d'espace: dans la vie, dans les sciences, dans la mathématique
N°2	J. HURWIC	Causes et conséquences de l'avalanche des publications scientifiques
N°3	P. COSTABEL	Chaleurs spécifiques et Thermodynamique chez Carnot
N°4	D. LECOURT	Lyssenko et Lyssenkisme
N°5	E. SCHATZMAN	La croyance en l'axiomatique et la critique de la science
N°6	J. - M. LEVY - LEBLOND	Pour un décapage idéologique de la Mécanique Quantique
N°7	F. HALBWACHS	Les fondements psychologiques de la Mécanique pré-galiléenne
N°8	Ph. ROQUEPLO	Savoir est-il plus que pouvoir ?
N°9	J. - M. SOURIAU	Science et/ou Fiction (épuisé)
N°10	R. GODEMENT	L'histoire des problèmes atomiques américains
N°11	F. BRESSON	Histoire d'un modèle: la théorie de la perception
N°12	LES NINES	Crise - Crise de l'énergie - Energie Nucléaire
N°13	D. GUEDJ	La science en question ....
N°14	B. HERSZBERG	La Médecine malgré eux
N°15	D. LECOURT	L'épistémologie scientifique: présupposés philosophiques
N°16	B. JURDANT	Vulgarisation scientifique et sciences sociales
N°17	G. WAYSAND	La question du nucléaire: un des aspects de la Contre révolution scientifique
N°18	J. J. BONNIOL	Qui sert l'évaluation?
N°19	P. THUILLIER	Biologie et idéologie: le darwinisme
N°20	J. P. VIGIER	Recherche et capitalisme

Je voudrais signaler un problème soulevé par le développement de la science en ce qui concerne les publications et je profiterai de cette occasion pour faire quelques remarques sur la sociologie de la science.

Pour situer ma position vis à vis de ce problème, permettez-moi de vous rappeler le célèbre conte d'Andersen sur les habits neufs du Grand-Duc : Deux fripons déclarèrent savoir tisser l'étoffe la plus belle du monde; les vêtements confectionnés à l'aide de cette étoffe possédaient le pouvoir magique de devenir invisibles sur toutes les personnes qui avaient l'esprit trop borné ou qui n'exerçaient pas bien leur métier. Lorsque le Grand-Duc, habillé d'une telle étoffe, chemina fièrement dans la procession, la foule exprima son admiration devant de si beaux atours imaginaires; nul n'osa dire la vérité. Seul un enfant, naïvement, s'écria : " Mais il n'a pas du tout d'habits ". En vérité, le Grand-Duc, à toute la foule apparaissait nu et peut être - peut-on ajouter - mal lavé. Dans cet exposé, je voudrais jouer le rôle de ce petit enfant vis-à-vis de l'activité scientifique et plus particulièrement vis-à-vis des publications scientifiques.

Je vais maintenant communiquer quelques statistiques. D'abord, disons que la condition initiale d'entreprise d'une recherche est la connaissance de tout ce qui a été précédemment fait dans le domaine considéré. Ensuite, au cours de l'activité de recherche, il faut suivre les recherches effectuées dans le domaine. Au cours de l'année 1960, le nombre de revues scientifiques était compris entre 10 000 et 20 000; le nombre de publications parues dans ces journaux était à peu près de 2,5 millions et le nombre de pages que représentaient ces publications était de 20 millions. Deux ans plus tard, en 1962, le nombre de publications passait à 8 millions, le nombre de pages à 62 millions. Chaque mois apparaissent de nouveaux journaux scientifiques. A titre d'exemple, je citerai trois revues fondées au début de l'année 1973 : " Journal of Raman Spectroscopy ", " Molecular and Cellular Biochemistry ", " International Journal of Chronobiology ".

Je n'ai pas de données précises sur le nombre de publications récentes, mais en admettant que le taux de croissance est resté le même depuis 1962, bien que je pense que lors de ces toutes dernières années, il y a peut-être eu une amorce de saturation, pour 1972 le nombre de publications doit être compris entre 100 et 200 millions et l'ordre de grandeur du nombre de pages est vraisemblablement proche d'un milliard.

Comment le chercheur se débrouille-t-il devant cette masse énorme d'informations ? Bien que la totalité des publications ne l'intéresse pas, seulement une très petite fraction portant sur son domaine, il lui reste néanmoins à dépouiller une masse considérable d'informations.

Il existe naturellement des journaux bibliographiques dans chaque domaine, ainsi en chimie, pour prendre un exemple qui me touche de près, il y a d'abord le plus ancien, le journal allemand " Chemisches Zentralblatt ", ensuite le journal américain " Chemical Abstracts ", enfin après la guerre, le journal soviétique " Referativny Journal ". Ce dernier n'est pas complet et peu utilisé en dehors de l'Union Soviétique. Avant la guerre, le meilleur parmi ces journaux, était la revue allemande. Maintenant, c'est sans conteste, " Chemical Abstracts ", qui est lu par tous les chimistes dans le monde entier. Dans ce journal, sont enregistrées toutes les notes et mémoires, publiés dans tous les pays, de la façon suivante : on donne les noms et prénoms des auteurs, le titre du mémoire, le lieu où le travail a été effectué, le titre du journal qui a publié ce mémoire, avec l'indication du numéro, volume, page et année de la publication, et ensuite un court résumé de quelques lignes, au maximum de quelques dizaines de lignes dans une colonne sur la page à deux colonnes. Chaque semaine, le chimiste reçoit un volume de 500 à 600 pages, de grand format à deux colonnes, imprimées en petit caractère. Les index d'auteurs, des formules chimiques, des brevets, augmentent le nombre de pages. On a édité les index sommaires décennaux entre 1907 et 1956, et quinquennaux à partir de 1956. En 1972, " Chemical Abstracts " ont publié des extraits de 380 000 documents tirés de 12 000 revues.

Le chercheur, chaque semaine, passe un certain temps à consulter le "Chemical Abstracts" pour en extraire ce qui se rapporte à son domaine propre de recherche. Ensuite, il faut lire les articles correspondants. Le chercheur est placé devant le dilemme : tout lire et ne plus avoir de temps pour chercher, ou chercher sans trop savoir ce qui se fait ailleurs.

Je vais prendre mon cas personnel : je m'intéresse à la structure des molécules et aux interactions moléculaires. J'utilise comme méthode expérimentale en principe, la méthode diélectrique, c'est à dire les mesures de la permittivité par rapport au vide, de la polarisabilité diélectrique, du moment dipolaire, etc...Je fais aussi appel aux méthodes spectrales : spectre infrarouge, spectre ultraviolet... Que dois-je regarder ? Dans quels journaux puis-je trouver les renseignements nécessaires ?

D'abord, ce sont les journaux de physique s'occupant des propriétés diélectriques des liquides, c'est déjà beaucoup; puis les journaux d'électronique traitant d'appareillages conçus pour mesurer les caractéristiques diélectriques; puis les journaux de chimie minérale, chimie organique, chimie physique, structurale, quantique et même pharmaceutique, parce que j'ai été aussi amené à étudier parfois des composés à activité biologique .

Je prends un exemple concret. Dans les interactions moléculaires, je m'intéresse plus spécialement à la liaison hydrogène. Avant la guerre, et même durant les premières années de l'après-guerre, j'avais la possibilité de lire, au moins de feuilleter, tous les travaux concernant la liaison hydrogène. Ensuite, je fus obligé de me limiter à la liaison hydrogène intermoléculaire. Aujourd'hui c'est devenu impossible : chaque mois il paraît quelques centaines d'articles traitant cette question.

Il existe différents moyens d'alléger cette contrainte. Au sein d'une grande équipe de chercheurs, on répartit le travail de lecture de la littérature scientifique entre les différents membres du groupe selon la compétence; on échange les tirés à part entre spécialistes. Très profitables sont les réunions des chercheurs d'un domaine étroit. Il existe par exemple, en Grande-Bretagne, une association qui s'appelle Dielectric Discussion Group, qui, chaque année, durant les vacances de Pâques, organise des rencontres internationales au cours desquelles on peut échanger les points de vue et apprendre quelque chose. Mais tout cela n'est pas suffisant, on peut passer à côté de résultats très intéressants et ainsi découvrir à nouveau l'Amérique.

Telle est la situation dans beaucoup de domaines de la science. Ce sont seulement les domaines tout neufs, qui, lors de leur création, n'exigent pas trop de lecture. Ainsi, le travail que je connais, qui ne fait appel à aucune référence bibliographique, est celui de Einstein en 1905 publié dans Annalen der Physik.

Je voudrais maintenant réfléchir sur les causes de cette explosion des publications.

La cause principale est, naturellement, le développement de l'activité scientifique. Plus de 90 % des chercheurs ayant existé dans toute l'histoire de l'humanité sont actuellement en exercice dans le monde entier. Cela constitue quelques 5 millions de personnes, c'est la population d'un pays comme la Suisse, et ce nombre augmente constamment.

L'activité de recherche scientifique change donc quantitativement, mais le changement est également qualitatif. La recherche scientifique fut jadis une vocation touchant un petit nombre de personnes ayant un intérêt marqué, une intelligence supérieure, et le produit de leur travail était en marge de la vie quotidienne. Aujourd'hui, on observe qu'aucun domaine n'échappe à l'influence de la Science. Celle-ci fonctionne aujourd'hui comme une force productrice et il apparaît une nécessité sociale de la Science. Les gens qui font de la science sont devenus nécessaires en masse, comme les médecins et les cordonniers, les femmes de ménage, etc... Le caractère du travail scientifique a aussi changé. Si l'on pouvait dire qu'autrefois la science avait un caractère artisanal, aujourd'hui on peut remarquer une industrialisation de la recherche scientifique.

Je vais rapporter une conversation que j'ai eue avec Gustave Hertz, prix Nobel.  
- " Je ne comprend pas, me disait-il, la physique d'aujourd'hui. La physique théorique est, pour moi, trop difficile; elle exige la connaissance de certains domaines de mathématiques que je ne connais pas. En ce qui concerne la physique expérimentale, je ne comprends pas plus. Lorsque je travaillais avec Franck sur l'expérience qui nous a valu le prix Nobel, nous avons inventé chaque détail de notre appareillage, nous avons nous-mêmes exécuté ce dispositif. Maintenant, ce sont les ingénieurs qui construisent les grands appareillages, les usines dans certains cas, le physicien appuie sur le bouton et obtient des résultats ".

C'est en ce sens que je disais tout à l'heure que le travail de recherche a changé et en même temps le type des gens de science. Le prestige de la science a augmenté mais le prestige du chercheur a diminué. La recherche scientifique est devenue un métier. Le savant jadis était connu, admiré, respecté, même s'il était un peu excentrique; on savait que c'était un individu capable de réfléchir, de raisonner. Entre parenthèses, je pense que l'appellation de savant doit être réservée aux grands noms de la science : Einstein, Pasteur, Jean Perrin, Mendéléiev,..... Les autres, ce sont des travailleurs scientifiques. Ils gagnent leur vie par une activité de recherche et sont indispensables au développement de la science. Cette constatation peut paraître péjorative à quelques nostalgiques de l'auréole qui a entouré l'activité scientifique. S'il reste un peu d'estime particulière dans l'opinion publique pour la science c'est parce que le langage scientifique est hermétique et ce qui n'est pas suffisamment clair a quelques chances d'être admiré. Mais je pense qu'il faut avoir le courage de l'enfant du conte d'Andersen de dire que le métier scientifique n'est ni le meilleur ni pire que les autres métiers.

Je vais donner un exemple. J'assistais un jour à la soutenance d'une thèse de doctorat en entomologie. Le sujet en était : la description d'un insecte mal connu. L'ouvrage comportait plus d'une centaine de pages, avec de belles photographies, des observations directes. C'était le produit de plusieurs années de travail très minutieux. Mais posons-nous la question : quel est l'effort intellectuel du " thésard " ?

Prenons un poste de télévision avec une panne inhabituelle. Considérons le travail d'un technicien qui répare cet appareil ou le travail d'un mécanicien qui répare une panne peu courante dans une voiture. Je pense que l'effort intellectuel de ces techniciens est bien supérieur à celui de notre thésard.

Bien sur, il y a recherche et recherche. Il existe des thèses qui témoignent d'un très grand effort intellectuel de leurs auteurs : ainsi les travaux sur la radioactivité de Mme Curie qui pour sa thèse de doctorat a obtenu en 1903 le prix Nobel, de Louis de Broglie qui dans sa thèse, aussi récompensée par le Prix Nobel, a préparé la naissance de la mécanique quantique.

Il est vrai que le travail scientifique peut être une source de satisfactions pour le travailleur scientifique. Mais nous pouvons trouver d'intenses satisfactions dans n'importe quel métier pourvu qu'il soit bien choisi : il y a de grands maîtres-tailleurs, de grands coiffeurs...

Les grands maîtres de la Science sont les auteurs d'idées hardies, de concepts nouveaux, de généralisations, de travaux de synthèse. Ils sont les auteurs du projet du grand bâtiment de la science. Pour la réalisation de ce projet, il faut des maçons. Ce sont les modestes travailleurs de la science qui enregistrent certains faits scientifiques, qui observent, qui cherchent des relations entre différents phénomènes.

Les résultats qu'ils obtiennent doivent être fixés. Ils le sont dans des revues scientifiques; c'est entre autres l'origine de la grande avalanche de publications. C'est un phénomène en principe positif malgré les difficultés qu'elle impose au chercheur. Hélas, un effet néfaste de cet état de fait est la multiplication inutile des publications. On peut rassembler dans une publication des résultats proches et, inversement, on peut les publier séparément. Cette dernière tendance, malsaine, est très en vogue actuellement. Pourquoi ?

La condition de promotion du chercheur est essentiellement la quantité de ses publications, presque sans tenir compte de leur valeur. Seuls, les grands savants peuvent se permettre de peu publier. Les travailleurs scientifiques modestes, eux, doivent publier pour défendre leur position hiérarchique. Alors, ils publient les résultats partiels et aussi les pseudo-résultats. Ensuite, ils publient plusieurs fois le même travail dans différents journaux, dans différents pays.

Dans un congrès d'épistémologie et d'histoire des sciences, un épistémologue américain Derek J. de Solla Price a essayé de donner comme critère de l'activité scientifique le nombre de publications. Dans la discussion qui s'ensuivit, je contestais ce critère. En effet quelqu'un peut publier un résultat faux, faire ensuite une deuxième publication où il corrige les résultats précédents. Il y a donc deux publications sans aucun résultat. Et si l'auteur est suffisamment entreprenant, il fait précéder le premier article d'une publication préliminaire; cela fait trois publications sans aucun résultat scientifique. On peut encore améliorer le "rendement" en publiant l'histoire du problème. Donc, dans la liste de publication de ce chercheur figureront quatre publications, bien qu'il n'ait pas contribué à la science. Ce même épistémologue américain donnait également comme critère de qualité de la publication le nombre de références que d'autres chercheurs font à l'article : si le travail est souvent cité par d'autres auteurs cela signifie que le travail est bon. Peut-être que dans certains cas ce critère est plus sérieux, mais ce n'est pas toujours le cas. Je donnerai l'exemple emprunté à mon domaine. La méthode de la détermination du moment moléculaire dipolaire élaborée pour le gaz sous faible pression en 1912 par Debye fut ensuite adaptée aux solutions diluées. Les différents auteurs ont proposé diverses méthodes de l'extrapolation à une dilution infinie. Une petite amélioration fut apportée en 1949 et 1950 au calcul, par Guggenheim et Smith. Chaque mois, on fait quelques dizaines de déterminations de moments dipolaires avec cette méthode; ainsi chaque mois la littérature fait référence plusieurs dizaines de fois à Guggenheim et Smith. Ces deux physico-chimistes ont véritablement beaucoup contribué à la science, mais ce ne sont pas leurs travaux les plus importants qui sont le plus souvent cités.

La nécessité de présenter un curriculum vitae comportant un grand nombre de publications est un facteur de l'augmentation de la littérature scientifique.

Considérons un travailleur scientifique dans un institut de recherche. Dans le jeu de la recherche il existe toujours un doute quand on entreprend une étude. Dans certains cas, le résultat peut être obtenu très rapidement même au bout de quelques semaines; dans d'autres cas, on peut poursuivre sa recherche pendant plusieurs années sans résultat. Mais le chercheur doit publier quelques résultats pour justifier son salaire, alors il publie n'importe quoi. S'il n'était pas pressé par cette justification, il ne publierait que lorsqu'il aurait quelque chose de valable à dire.

Parallèlement à l'avalanche des publications dans les journaux scientifiques, se développe la branche d'activité constituée par les congrès, séminaires, conférences, colloques... Chacun sait bien que la science ne se fait pas dans les congrès. Mais ceux-ci sont néanmoins utiles, comme moyens d'information et possibilités de contact même avec des collègues de la même université. Certains discussions de congrès peuvent même féconder la recherche scientifique. Mais les réunions sont trop nombreuses et certains chercheurs ont tendance à remplacer la recherche scientifique par le tourisme scientifique.

Cette forme d'activité apporte sa quote-part à la littérature : ce sont les comptes-rendus de congrès... et la quantité du papier imprimé, souvent inutilement, augmente.

Il n'y a pas que l'augmentation du nombre de publications qui pose un problème. Des papiers préparés hâtivement sont mal élaborés. Par exemple, dans le domaine des particules élémentaires où il n'y a jusqu'à maintenant aucune théorie permettant de classer l'énorme quantité de particules connues, chaque nouveau numéro des journaux de physique : "Physical Review", "Nuovo Cimento"... augmente la liste des particules élémentaires, en particulier des résonances, dont l'existence ne sera pas par la suite confirmée.

Il arrive qu'une telle particule permette le passage de quelques thèses de doctorat et tombe aussitôt dans l'oubli bien mérité.

Quand on lit superficiellement un journal scientifique, on ne soupçonne pas combien d'inexactitudes, combien de contradictions, de faux calculs se trouvent dans ces revues. Si l'on pioche un article touchant de près son propre domaine de recherche, alors tous ces défauts apparaissent. Ainsi, j'ai trouvé de tels défauts même dans des mémoires provenant de laboratoires confirmés: c'est le résultat de cette course au nombre de publications. Dans plusieurs travaux, on trouve des graphiques représentant des résultats expérimentaux et dans la constellation des points représentatifs, on choisit ceux qui permettent de tracer la courbe attendue. On peut de cette pratique déduire un nouveau "théorème de mathématiques": on peut par chaque trois points tracer une droite à condition qu'elle soit suffisamment large.

Les faits exposés montrent le danger d'étouffement de la recherche scientifique par sa propre littérature. Il faut chercher un remède à cette tendance malsaine.

D'abord je pense qu'on peut améliorer les conditions de promotion des travailleurs scientifiques: au lieu de juger son travail presque uniquement sur des critères quantitatifs, on peut essayer de rechercher des critères qualitatifs. Chaque école, chaque institut, chaque université édite sa propre revue. Ces éditions contiennent le plus souvent des articles médiocres. Si on y trouve des résultats valables, c'est dommage, parce qu'ils restent enterrés pour le vaste public scientifique. La plupart de ces journaux locaux devraient être supprimés. Il faut réorganiser la publication des journaux scientifiques en renforçant la sélection des mémoires publiés. Il faut limiter le nombre de publications à ce qui est vraiment un apport à la connaissance. Il faut limiter le volume de chaque publication. Quand on a quelque chose à dire, il suffit d'un petit nombre de pages. Naturellement, il faut rédiger les mémoires de façon à rendre possible la reproduction de ses résultats.

Ce sont certains moyens limités pour améliorer la situation mais ce n'est pas le remède miracle pour venir à une situation plus saine. La méthode radicale pour résoudre l'impasse dans laquelle nous nous trouvons est l'emploi de l'ordinateur. Pour remplacer les publications écrites, il faut exprimer les résultats obtenus dans le langage de la machine, les consigner dans la mémoire d'un ordinateur central; à la demande du chercheur, celui-ci restitue immédiatement l'état actuel des résultats obtenus sur la question donnée. Dans une telle situation, le travailleur scientifique peut, sans perdre de temps pour la lecture, entreprendre et consacrer tout son temps à une recherche efficace. L'exécution pratique de cette idée n'est pas facile mais je pense que c'est la seule solution pour l'avenir. Celle-ci a d'ailleurs déjà commencé, en tout cas en ce qui concerne les références à la littérature.

-----

## **DISCUSSION**

**Question** Une autre solution pour remédier à la situation consiste peut-être à attaquer le mal à sa racine, peut-être en faisant une certaine publicité sur les conditions dans lesquelles se fait la recherche. Peut-être alors assisterions-nous à une certaine autocensure de la part des chercheurs scientifiques.

**Question** Ce qui est important c'est l'esprit qui règne parmi les travailleurs scientifiques, esprit qui est régi par la course à la publication et la question : pourquoi cette course à la publication ? Les gens avancent dans la carrière scientifique grâce au volume de papier imprimé mais il existe encore un mythe de la science, il y a François de Closets à la TV qui arrive à persuader que la science est pure et dure. Comme l'intervenant précédent, il me semble très important de démystifier le processus scientifique, nous verrons alors moins de choses aussi ridicules que le fait de pouvoir publier 3 ou 4 fois sans aucun résultat scientifique. Si ça vous intéresse, je peux vous citer un cas où 10 publications successives étaient identiques, seule la langue différait de l'une à l'autre. L'auteur était très connu, la publication parut en russe, une fois en japonais... et il faut comparer les traductions pour s'apercevoir de la chose.

**Question** On peut également ajouter, monsieur Hurwic, en ce qui concerne la note préliminaire dont vous avez parlé, pour marquer l'antériorité, ou le compte-rendu erroné que l'auteur reçoit très vite des dizaines de lettres dans lesquelles des chercheurs dans le même domaine se sont aperçus de l'erreur. Cela fait monter le nombre des références à l'ouvrage incriminé. Ce qui prouve qu'une erreur est très souvent enrichissante. Mais, parmi les causes qui poussent le chercheur à publier, il faut noter aussi le snobisme attaché à l'originalité à tout prix. Quand on pense au nombre d'interférences qui existaient entre les publications identiques déjà en 1930, on est bien obligé de penser que ce fait est aujourd'hui beaucoup plus fréquent.

**Question** Je ne suis pas entièrement d'accord avec ce qu'a dit Hurwic concernant les revues locales. Par exemple, en botanique, certains sujets intéresseront la Provence et pas du tout les parisiens.

**Réponse** En tout cas, en physique, chimie, mathématiques, par exemple, le journal scientifique régional, n'a, en général, aucune raison d'être. Peut-être que dans d'autres disciplines scientifiques, la situation n'est pas la même.

**Question** Si on essaie de trouver des solutions pratiques pour s'attaquer au mal tel qu'on le vit actuellement, je pense que l'on en trouvera mais qu'elles resteront aussi efficaces qu'un emplâtre sur une jambe de bois. Il faut s'attaquer aux causes fondamentales, c'est à dire à l'organisation de la recherche qui au stade de la recherche artisanale, que vous évoquiez tout à l'heure, a donné satisfaction. La recherche actuelle est faite par une très grande proportion "d'ouvriers spécialisés" et il reste un petit nombre "d'ouvriers professionnels" et encore moins de "contremaîtres". La recherche scientifique est devenue une force productive dans laquelle existe une hiérarchie basée sur la production des chercheurs scientifiques, production en principe ponctuée par des publications. Il me semble que l'ordinateur lui-même ne tiendrait pas le coup et ne pourrait, pas plus qu'un comité consultatif quelconque, attribuer une valeur à une publication. C'est le système de la recherche qu'il faut remettre en cause et à commencer par une critique de ses buts.

**Réponse** Je suis d'accord avec vous, il faudrait changer l'organisation de la recherche. Comment, je ne le sais pas. Mais je pense que, même si l'on bâtit un autre système de recherche, il faudra ensuite apporter des solutions techniques remédiant à l'avalanche des publications.

**Question** Vous avez raison de mettre en premier lieu une restructuration de la recherche car il me semblerait complètement inefficace d'envisager une banque centrale d'information scientifique à l'heure actuelle.

**Question** Il me semble que l'abolition de cette hiérarchie doit être la condition première d'une refonte du système scientifique actuelle.

**Question** Je ne comprends pas bien l'attitude de certains intervenants sur ce que l'on pourrait appeler la vulgarisation par les moyens de diffusion de masse. Par exemple, il me semble que de Closets traduit le langage hermétique des scientifiques en un langage accessible à la connaissance commune.

**Question** Ce que l'on reproche à de Closets, ce n'est pas son effort de vulgarisation qui est ce qu'il est, mais plutôt l'image qu'il diffuse de la science; image qui était peut-être valable il y a quelques décennies mais qui n'a plus cours actuellement.

**Question** Ce que vous décelez comme mystification de la science, je le ressens exactement comme l'inverse. La diffusion de masse des résultats scientifiques est l'inverse d'une mystification.

**Question** Les articles de Ducroq servent à disculper la recherche spatiale en arguant des retombées qui vont enrichir tous les domaines de la science.

**Question** J'ai été étonné que vous n'évoquiez pas au cours de votre exposé très complet l'exploitation du travail qui règne à travers les publications. Je prends un exemple simple : j'ai travaillé comme chercheur pendant plusieurs années dans un labo de psychologie expérimentale et j'ai assisté au phénomène institutionnel de la publication collective à partir d'une initiative d'un patron. Ce mécanisme continue à fonctionner dans ce laboratoire, peut-être pas à la satisfaction des camarades. Voilà comme les choses se passent : les mémoires de maîtrise des étudiants permettent l'année suivante de les publier dans une revue d'université avec la signature collective. Cela permet aux chercheurs attachés à ce département d'avoir annuellement entre 10 et 20 publications collectives et cela permet de développer des liens de dépendance paternaliste et alimentaire entre chercheurs et patrons; les premiers étant satisfaits de publier de cette manière. Cette pratique règne depuis des années en médecine également. Elle renforce les liens hiérarchiques et permet aux chercheurs d'y trouver des bénéfices secondaires. Il faut également dire que l'intérêt de ces publications est quelque fois positif, mais nul dans la plupart des cas. C'est pour cette raison que je trouve votre conclusion trop timorée : vous proposez une miniaturisation par la documentation automatique, cela existe depuis plusieurs années, c'est l'objet de recherches actuelles. Je ne vois pas en quoi cette miniaturisation influencerait sur la racine du mal.

**Réponse** Je n'ai pas voulu parler des Sciences Humaines dont le caractère est un peu différent de celui des sciences exactes et que je ne connais pas suffisamment bien. Mais je voudrais ajouter quelques mots sur les publications collectives. En physique et en chimie tous les travaux sont signés par plusieurs chercheurs car, en général, il y est devenu impossible d'effectuer seul le travail de recherche. Lorsque j'étais en Pologne, je faisais partie d'une équipe composée de chercheurs de plusieurs disciplines : physiciens, physico-chimistes, organiciens, minéralistes, électroniciens et même mathématiciens. Une telle équipe pouvait attaquer un problème par tous les côtés. C'était très efficace, et c'était normal que nos travaux portent plusieurs signatures; c'est le reflet de la façon dont le travail s'est réellement fait.

**Question** Même dans ces disciplines, les chercheurs sont souvent tenus de payer en retour l'autorisation de travailler dans un laboratoire en admettant que le patron signe de temps en temps une publication; suivant les labos, c'est une sur trois ou une sur quatre.

**Question** Ce processus n'entraîne pas une augmentation du volume publié, ce que nous a rapporté notre camarade psychologue est tout à fait différent; c'est un système de fonctionnement qui engendre une augmentation des publications. Qu'il y ait un ou plusieurs cosignataires à une publication n'entraîne qu'un gonflement de l'index.

**Question** Un certain nombre de chercheurs sont poussés à publier par leur patron car celui-ci a également besoin d'un certain nombre de publications pour sa promotion personnelle avec d'ailleurs un certain effet multiplicatif dû à l'assiette du patron.

**Question** Je suis tout à fait d'accord, mais nous sommes pris dans un tel système depuis le chercheur qui tire bénéfice d'un tel état jusqu'au patron, tout ceci contribue à la multiplication des publications.

Je veux parler de l'enchaînement diabolique que constitue surtout dans les sciences de pointe la note préliminaire, le mémoire, la mise au point. C'est devenu le mécanisme courant de publication. La note préliminaire, pourquoi ? pour assurer l'antériorité. Le mémoire : il constitue le développement. La mise au point : elle entérine un effort de synthèse de ce que contiennent les mémoires publiés sur un sujet. Cette mise au point répond à un besoin créé dans le public de littérature de vulgarisation.

**Remarque du conférencier** Dans le n°11 de la revue mensuelle russe " Priroda " de vulgarisation scientifique le radio-chimiste M.B Neiman a publié une excellente mise au point sur les transuraniens. Dans cet article il a, entre autres, décrit, en se référant au mémoire original de Seaborg et de ses collaborateurs dans le "Physical Review", leur découverte de l'einsteinium (numéro atomique 99) et du fermium (100). Mais, par erreur, Neiman a échangé les numéros de ces éléments et pendant quelques années plusieurs ouvrages soviétiques ont répété cette faute tout en citant le mémoire... sans erreur de "Physical Review". Personne ne s'est rendu compte de cette erreur car personne ne remontait jusqu'à la source.

**Question** Je veux, pour ma part, donner un exemple qui va en sens inverse, exemple donné en 1968 à une assemblée annuelle de la Société Chimique de France à Montpellier, de l'exploitation au nom d'un patron : un prix Nobel arrive pour faire sa conférence qu'il commence par une mise au point. " Il a paru dans le "Journal of the American Chemical Society" un article, je n'ai rien à voir avec cet article, les auteurs sont deux de mes collaborateurs qui ont utilisé mon nom pour faire passer cet article dans cette revue ". C'est un exemple qui met en évidence toutes les tares du système : un article qui n'aurait pas dû être publié, un comité de lecture qui a mal fonctionné, l'exploitation d'un nom pour faire passer un article...

-o0o0o0o-

## **VOUZZAVEDIBISAR,**

### **Les aventures de Savate Premier et son Ordinateur Chevelu.**

#### **Le temps des juges.**

Le coche avait sa mouche. Savate Premier avait son quarteron de petits juges. Oh, certes ils n'étaient pas très nombreux. Mais teigneux ... teigneux ... Ils lui gâtaient la sérénité de son sommeil limpide. Foin des vieilles affaires du temps de la Mairie de la Capitale Gaullicoquienne. Certes quelques faiblesses ... Mais tout de même avec un si merveilleux Destin National, inscrit sur son Front, on n'en est pas moins homme. Toutes ces babioles étaient du passé.

Il y avait tant d'affaires importantes à traiter dans ce bon vieux pays. tous ces vols à la tire de pots de yaourt et d'oranges aux étalages, par nos maghrébins qui s'étaient peu à peu substitués aux Portugais et aux africains sombres. Tous ces voyous de banlieue qui ne respectaient même plus l'uniforme de nos Gardiens de l'Ordre, lesquels, offusqués, avaient même refusé d'accompagner un de ces misérables juges chez le nouveau maire de la capitale en passe de comparaître. Enfin!

Ces juges, tout de même ! Vous aviez beau leur arracher un dossier pour le soumettre à une raisonnable réflexion exempte de toute précipitation et de toute humeur, eh bien ils se précipitaient sur une autre affaire qu'ils trouvaient le moyen de mettre en relation avec les précédentes. Tous les amis de Savate Premier étaient menacés de mise en examen. A quelques mois des prochaines élections législatives. Non mais vous vous rendez compte!

On avait beau essayer de discrètement, très discrètement isoler les importuns, les choses finissaient par filtrer. Les langues marchaient bon train. Le Parti de la Majorité n'était plus sur de rien. Aussi essayait-on non seulement de gagner du temps, mais aussi et surtout d'arranger les lois au mieux pour garantir l'avenir.

Pour gagner du temps, il fallait à tout prix détourner l'attention, heureusement chômage et immigration étaient là pour occuper les esprits, surtout les plus subversifs. Mais jamais rien n'est simple dans la vie, et malheureusement le domaine de l'immigration était aussi la chasse réservée de la concurrence. Et la concurrence en ce domaine était particulièrement redoutable. L'homme au bandeau noir veillait.

Pour garantir l'avenir on bricolait un peu les lois, surtout pour les repeindre avec une bonne couche de peinture à la belle couleur démocratique. Savate Premier, lui-même, était intervenu pour fustiger les fortes têtes, les résistants en tous genres au véritable progrès, celui qui permettrait enfin d'assainir l'économie, pour aborder la tête haute la démocratie Maastrichtienne. Il avait même traité le petit peuple de hautement réactionnaire. Là les Gaullicoques s'étaient aperçu combien leur grand Conducateur avait le sens de l'humour.

Mais emporté par son enthousiasme, il s'était même laissé aller à déclarer: « Qu'on me donne des Teutons à la place des Gaullicoques, et on verra ce qu'on verra ! » La formule bien que forte, était un peu passée inaperçue, aussi, sans doute encouragé par cet encéphalogramme plat, Ordinateur Chevelu avait-il laissé son Ministre des affaires du Dedans figoler une petite loi digne de l'Ancien et sublime Maréchalnousvoilà.

Ayayaï! Le tollé fut vigoureux, on parla même de désobéissance civile. Des esprits forts allèrent jusqu'à prétendre que si la loi est inique il faut l'ignorer. Vous vous rendez compte, on avait déjà la loi qui s'interdit à elle-même d'être divulguée, pour les objecteurs de conscience. Car on a le droit de ne pas vouloir être un tueur professionnel, mais on n'a pas le droit de savoir qu'on a le droit. Le législateur est parfois bizarre.

Et si le juge qui lui, en applique les élucubrations, se met à le faire à tort et à travers, comment conserver la sérénité indispensable à la bonne image d'un bon Conducateur ?

*Edmond Bianco*

A suivre.

**Université de Provence  
Atelier de Reprographie  
Centre Saint Charles  
3, place Victor Hugo  
F - 13331 Marseille Cedex 3**

