

LES HOMMES ET LES TECHNOLOGIES

une approche cognitive des instruments contemporains

Pierre Rabardel

PREMIÈRE PARTIE : LES ACTIVITÉS AVEC INSTRUMENT, POSITION DANS LE CHAMP SOCIAL ET APPROCHES SCIENTIFIQUES	8
--	---

CHAPITRE 1: POUR UNE APPROCHE DES TECHNIQUES CENTRÉE SUR L'HOMME 10

Points de vue technocentriques sur l'activité de l'homme au travail.....	10
Critiques des approches technocentriques.....	13
Vers une conception des techniques centrée sur l'homme	17
Intérêt et limites des approches non psychologiques des techniques et des artefacts	24

CHAPITRE 2: LES APPROCHES PSYCHOLOGIQUES DES TECHNIQUES ET DES ARTEFACTS, POINTS DE REPÈRES..... 27

Vygotsky, une vision fondatrice toujours vivante : l'instrument au coeur du développement et du fonctionnement du psychisme	27
Les techniques sont constitutives du milieu humain et des moyens de transmissions des acquis de l'espèce.....	29
Techniques humaines et animales : ruptures et continuités ?	31
L'intelligence pratique, une forme inférieure de l'intelligence ?.....	33
Du sujet épistémique au sujet psychologique : l'émergence progressive d'une prise en compte des techniques par la psychologie génétique	35
Du traitement de l'information à la cognition en situation, quel statut pour les techniques ?.....	37
L'évolution des idées en psychologie du travail et en ergonomie.....	38
La nécessité d'une refondation de la psychologie pour permettre une véritable contribution à la conception des systèmes techniques.....	41
La relation aux artefacts et aux techniques : un problème central pour la psychologie.....	42
Orientations pour la caractérisation et l'analyse des activités avec instruments.....	46

DEUXIÈME PARTIE : LA NOTION D'INSTRUMENT.....	48
---	----

CHAPITRE 3 : PREMIÈRE APPROCHE DE LA NOTION D'INSTRUMENT	49
objet technique, objet matériel fabriqué, artefact	49
machines et instruments : une question de points de vue	52
CHAPITRE 4 : LA TRIADE CARACTÉRISTIQUE DES SITUATIONS D'ACTIVITÉ AVEC INSTRUMENT	55
Une approche techno-centrée	58
Approche anthropocentrique du collectif.....	60
approches psychologiques centrées sur le sujet	61
Discussion où apparaît un quatrième pôle	64
CHAPITRE 5 : POINTS DE VUE ET HYPOTHÈSES SUR LES INSTRUMENTS	67
Approches technologiques.....	67
Une métaphore biologique	68
L'instrument de l'animal comme univers intermédiaire	68
L'instrument social, capitalisation de l'expérience	69
De l'instrument matériel à l'instrument psychologique.....	70
L'instrument reflet du développement de l'enfant.....	71
L'instrument sémiotique	73
Outils et instruments cognitifs.....	75
Synthèse : l'instrument médiateur, connaissance, opérant et moyen de l'action.....	77
CHAPITRE 6 : L'INSTRUMENT, UNE ENTITÉ MIXTE	79
De l'artefact à l'usage : les schèmes d'utilisation	80
Schème, schéma... un concept nomade	82
La notion de schème chez Piaget.....	86
Les élaborations théoriques de Cellérier.....	88
Les évolutions de la notion de schème liées à l'analyse fonctionnelle de l'activité du sujet psychologique.....	91

Un développement du concept de schème prenant en compte la spécificité des contenus	95
Les schèmes au travail : un exemple	97
Les schèmes d'utilisation	98
Une définition psychologique de la notion d'instrument	104
TROISIÈME PARTIE :	
L'ÉLABORATION ET LA GENÈSE DE SES INSTRUMENTS PAR LE SUJET	108
CHAPITRE 7 : QUAND LES SUJETS DÉVELOPPENT LEURS INSTRUMENTS : LES GENÈSES INSTRUMENTALES	109
La notion de catachrèse.....	109
Quelle interprétation de l'écart entre usage prévu et usage réel des artefacts ?.....	110
Les résultats des recherches sur les catachrèses et les attributions de fonction.....	111
Les limites de l'interprétation en termes de détournement, vers une interprétation en termes d'élaboration et de genèse instrumentale	119
CHAPITRE 8 : LA GENÈSE INSTRUMENTALE UN PROCESSUS QUI CONCERNE À LA FOIS L'ARTEFACT ET LE SUJET	120
Les genèses instrumentales existent même dans les situations fortement contraintes	122
Instrumentation et instrumentalisation : première approche.....	122
Un exemple de genèse instrumentale dirigée vers l'artefact	123
Un exemple de genèse instrumentale dirigée vers le sujet.....	125
Caractérisation des processus d'instrumentalisation	126
Caractérisation des processus d'instrumentation	129
CHAPITRE 9 : REPRÉSENTATIONS ET MODÈLES MENTAUX DES INSTRUMENTS.....	130
Les représentations pour l'action.....	131
Les représentations sont adaptées aux tâches	132

Construction et contenus des représentations	135
Quelques caractéristiques des représentations pour l'action en situation d'activité avec instrument.....	140
CHAPITRE 10 : ARTICULATIONS ENTRE LES PROCESSUS DE CONCEPTION ET LES GENÈSES INSTRUMENTALES	144
Vers un développement des genèses instrumentales avec les technologies contemporaines ?.....	144
Des possibilités nouvelles inscrites dans les artefacts par les concepteurs.....	145
Repenser la nature des processus de conception	146
QUATRIÈME PARTIE : AGIR AVEC DES INSTRUMENTS	150
CHAPITRE 11 : EFFETS DE L'UTILISATION D'INSTRUMENTS SUR L'ACTIVITÉ DU SUJET : LE REQUIS ET LE POSSIBLE.....	151
les effets structurants des artefacts sur l'activité	151
Les limites des effets structurants des artefacts sur l'activité : niveaux et centrations d'analyse	154
Ouverture du champ des actions possibles.....	156
Activité requise et types de contraintes	157
Des modalités de structuration de l'activité multiples.....	159
L'activité n'est que relativement requise.....	160
CHAPITRE 12 : LE PROBLÈME DE LA TRANSPARENCE DES ARTEFACTS.....	163
Transparence pour comprendre et transparence pour agir.....	163
Deux métaphores : “boite noire” et “boite de verre”.....	163
Vers une conceptualisation en termes de transparence opérative.....	169
Approche de la transparence opérative en référence à la situation.....	170
Approche de la transparence opérative en référence à l'action.....	171
La transparence opérative est inscrite dans le temps.....	172

La transparence opérative répond à des critères différenciés en fonction des objectifs	173
CINQUIÈME PARTIE : MISES EN OEUVRE	176
ANALYSER.....	177
Analyser les propriétés des objets réellement prises en compte dans l'activité	177
Analyse à partir du modèle des situations d'action instrumentée.....	178
CONCEVOIR	181
Une conception qui s'affronte aux problèmes rencontrés dans l'usage.....	182
conception centrée sur les schèmes et les représentations des utilisateurs.....	183
Concevoir à partir des instruments réels des utilisateurs	184
Élaborer et évaluer un projet de conception en s'appuyant sur le modèle des situations d'activité instrumentée	185
FORMER	187
Concevoir des actions et des programmes de formations dans une perspective instrumentale	187
Construire des situations favorisant la formation des connaissances et le développement des compétences en formation et au travail.....	189
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	193

LES HOMMES ET LES TECHNOLOGIES

une approche cognitive des instruments contemporains

Pierre Rabardel

INTRODUCTION

Les objets et les systèmes techniques sont improprement nommés. Il vaudrait mieux parler d'objets ou de systèmes anthropotechniques, malgré l'inélégance du terme. En effet, les objets et systèmes multiples produits par la technologie et qui forment une large part du monde dans lequel, grâce auquel, mais aussi parfois contre lequel nous vivons, ne doivent pas seulement être appréhendés à partir des technologies qui les ont fait naître.

Ces objets et systèmes sont, dès leur origine, anthropotechniques, c'est-à-dire pensés, conçus en fonction d'un environnement humain. Les hommes sont omniprésents dans leurs cycles de vie depuis la conception jusqu'à la mise au rebut en passant par les phases essentielles du fonctionnement et de l'utilisation. Il faut donc pouvoir penser, conceptualiser l'association des hommes et des objets, à la fois pour en comprendre les caractéristiques et les propriétés et, pour les organiser au service des hommes.

Cette nécessité, et même cette urgence vient de multiples horizons. L'intelligence artificielle, par exemple, s'interroge profondément sur le statut que ses systèmes experts doivent avoir pour les opérateurs. Doivent-ils être des prothèses, sortes de béquilles palliant les insuffisances des opérateurs, ou au contraire des instruments les aidant à résoudre les problèmes et à traiter les situations qu'ils rencontrent? De même, dans le champ de recherche sur les interactions homme-ordinateur, une remise en cause profonde des approches traditionnelles de la psychologie apparaît, au point que le Kittle House Manifesto ¹ appelle à une refondation de la psychologie dans ce domaine. Au plan fondamental enfin, la relation des hommes aux objets et systèmes anthropotechniques est au cœur de la relation cognition-action dont l'étude constitue une des tâches importantes de la psychologie contemporaine.

Les conceptualisations technologiques permettent d'analyser les objets et systèmes anthropotechniques du point de vue technologique. Elles sont aujourd'hui beaucoup plus fortement et mieux développées que celles qui visent à appréhender ces systèmes du point de vue des hommes qui sont appelés à les utiliser, à coopérer avec eux, à contrôler leur fonctionnement... Il en résulte un déséquilibre que traduit par exemple le terme même d'objet technique. Cette notion ne comporte aucune référence humaine. Et pourtant elle est si bien entrée dans les mœurs que nous ne prêtons habituellement aucune attention à cette infirmité et à l'orientation unilatérale du regard qu'elle induit. Répétons-le, les produits de la technologie ne sont pas seulement techniques, ils sont anthropotechniques et doivent pouvoir être compris et analysés comme tels. Le développement de points de vue anthropocentriques sur ces objets et systèmes en est une condition. Notre ouvrage s'inscrit dans cette perspective.

¹ In Carroll J. M. (1991 b).

Une grande part des multiples situations où l'activité humaine est confrontée aux objets et systèmes anthropotechniques concerne les situations où ces objets et systèmes sont des moyens d'actions pour les hommes, c'est-à-dire des instruments de leurs actions. Ce sera là notre angle d'analyse et de conceptualisation dont nous allons, dans cette introduction, présenter une vision d'ensemble.

La **première partie** de l'ouvrage est consacrée à une mise en situation des "activités avec instruments" dans les champs sociaux et scientifiques. Nous analysons tout d'abord les caractéristiques des approches technocentriques des objets et systèmes et plus généralement du travail. L'homme y a habituellement une position "résiduelle" et son activité réelle n'a guère de statut propre. Pensée dans les termes mêmes de la technique, elle y perd son identité : l'homme est pensé en référence aux choses et dans les termes propres des choses. Nous analysons ensuite les caractéristiques des approches anthropocentriques qui opèrent un renversement par rapport à la perspective précédente : c'est, cette fois, l'homme qui est en position centrale depuis laquelle peuvent être pensés ses rapports aux objets et systèmes anthropotechniques et l'activité qu'il y déploie. Nous présentons différentes approches anthropocentriques, leurs apports et leurs limites : si les activités de conception apparaissent assez bien analysées, la sphère de l'usage reste peu explorée et mal comprise. Les processus de production de connaissance par les sujets dans l'utilisation sont, par exemple, méconnus et leur existence est, dans certains cas, niée.

Nous présentons ensuite un tableau d'ensemble des approches psychologiques des techniques et des objets et systèmes anthropotechniques depuis les analyses de l'intelligence pratique jusqu'aux approches contemporaines et aux bouleversements qui sont liés au développement des machines de traitement de l'information. Il apparaît que même dans le domaine de la sensorimotricité où les activités avec instruments ont été le plus étudiées, un travail empirique et théorique considérable reste à accomplir. Au-delà, l'urgence est d'étudier les formes supérieures des activités avec instruments dans l'originalité de leurs formes propres, notamment leur enracinement dans la complexité, la diversité et la singularité des situations de la vie sociale. Ces situations de travail, de formation, de la vie quotidienne ne sont pas les lieux d'application d'une psychologie universalisante qui les éclaireraient par des données dites fondamentales. Elles sont, au contraire, les lieux où doit s'élaborer une psychologie rendant compte de la diversité et de la spécificité des activités psychiques et de la cognition humaine auxquelles appartiennent les activités avec instruments.

La **deuxième partie** de l'ouvrage est consacrée à la notion d'instrument. Nous l'avons déjà dit, le terme d'objet technique est porteur d'une orientation technocentrique qui rend difficile d'autres approches, notamment anthropocentrique. Nous proposons d'utiliser la notion d'artefact comme terme alternatif, neutre, permettant de penser différents types de relations du sujet à l'objet ou au système anthropotechnique : comme structure technique, dispositif fonctionnant, instrument... Soulignons qu'au delà des objets matériels, la notion d'artefact inclut les objets symboliques.

Ces différentes relations sont constitutives d'autant de classes de situations d'activité pour les sujets. L'une d'elles nous intéresse plus particulièrement, celle

des situations d'activité avec instruments. Nous en proposons un modèle qui situe l'instrument comme troisième pôle entre le sujet et l'objet (au sens philosophique du terme). Cela conduit à la prise en compte d'un ensemble d'interactions beaucoup plus large et mieux différenciées que lorsque l'on s'appuie sur les modélisations classiques bipolaires (sujet/objet). Au-delà des interactions directes sujet-objet, de multiples autres interactions peuvent être considérées :

- les interactions entre le sujet et l'instrument,
- les interactions entre l'instrument et l'objet sur lequel il permet d'agir,
- les interactions sujet-objet médiatisées par l'instrument.

Une revue de question sur le concept d'instrument permet de dégager les points essentiels développés dans la littérature à partir desquels nous proposons une conceptualisation généralisée de la notion d'instrument. Dans la plupart des conceptualisations c'est l'artefact qui est considéré de façon explicite ou implicite comme l'instrument. Nous proposons d'élargir ce point de vue et de considérer l'instrument comme une entité mixte qui tient à la fois du sujet et de l'artefact. L'instrument comprend dans cette perspective:

- un artefact matériel ou symbolique produit par l'utilisateur ou par d'autres ;
- un ou des schèmes d'utilisation associés résultant d'une construction propre ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants.

Dans cette conceptualisation ce n'est pas seulement l'artefact qui est associé, et associable, par le sujet à son action pour l'exécution de la tâche, ce sont aussi les schèmes d'utilisation. Ensemble artefact et schèmes constituent l'instrument qui peut être inséré par le sujet dans son action en tant que composante fonctionnelle de cette action. Les deux dimensions de l'instrument, artefact et schème, sont associées l'une à l'autre, mais elles sont également dans une relation d'indépendance relative :

- un même schème d'utilisation peut ainsi s'appliquer à une multiplicité d'artefacts appartenant à la même classe mais aussi relevant de classes voisines ou différentes ;
- inversement, un artefact est susceptible de s'insérer dans une multiplicité de schèmes d'utilisation qui vont lui attribuer des significations et des fonctions différentes.

La notion de schème d'utilisation est ensuite développée de façon systématique et différents types de schèmes sont distingués : schèmes d'usage, schèmes d'action instrumentée, schèmes d'activité collective instrumentée.

La **troisième partie** de l'ouvrage est centrée sur une approche développementale des instruments. En effet, les instruments ne sont pas donnés d'emblée à l'utilisateur : celui-ci les élabore à travers des activités de genèse instrumentale. Les genèses instrumentales résultent d'un double processus d'instrumentalisation et d'instrumentation :

- les processus d'instrumentalisation sont dirigés vers l'artefact : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements, attribution de propriétés, transformation de l'artefact, de sa structure, de son fonctionnement etc... jusqu'à la production intégrale de l'artefact par le sujet ;
- les processus d'instrumentation sont relatifs au sujet : à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation et d'action instrumentée : leur constitution, leur évolution par accommodation, coordination, et assimilation réciproque, l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués etc...

Ces deux types de processus sont le fait du sujet. Ils se distinguent par l'orientation de l'activité : dans le processus d'instrumentation elle est tournée vers le sujet lui-même ; dans le processus corrélatif d'instrumentalisation, elle est orientée vers la composante artefactuelle de l'instrument.

Un des intérêts de l'approche en termes de genèse instrumentale est qu'elle permet de réinterpréter en termes d'activité du sujet de nombreux faits habituellement qualifiés de façon principalement négative en termes de détournement. Cette réinterprétation est d'autant plus nécessaire que les genèses instrumentales constituent une dimension de l'activité du sujet pour laquelle la flexibilité des technologies contemporaines offre de nouveaux espaces de développement.

Un autre intérêt de l'approche en termes de genèse instrumentale est qu'elle permet de fonder théoriquement l'articulation et la continuité entre les processus institutionnels de conception des artefacts et la poursuite de la conception au sein des activités d'usage. Les processus d'instrumentation participent au processus global de conception en s'inscrivant dans un cycle : modes opératoires (prévus par les concepteurs), schèmes d'utilisation (élaborés par les utilisateurs), nouveaux modes opératoires prévus par les concepteurs à partir des schèmes d'utilisation. Les processus d'instrumentalisation s'inscrivent dans un cycle parallèle au précédent : fonctions constituantes de l'artefact (définies par les concepteurs), fonctions constituées (par les utilisateurs), inscription de ces fonctions constituées dans une nouvelle génération d'artefacts (par les concepteurs).

Les genèses instrumentales comprennent bien entendu des dimensions représentatives importantes dont les principales caractéristiques sont analysées.

La **quatrième partie** traite de l'action avec instruments. Deux problèmes principaux sont analysés : celui des effets structurants des artefacts sur l'activité et celui de leur transparence.

Nous proposons de concevoir les effets structurants des artefacts sur l'activité en termes d'ouverture du champ des possibles et d'activité relativement requise. L'ouverture du champ des possibles correspond à la variation des possibilités d'action qui s'offrent aux sujets, aux ressources nouvelles dont il dispose, mais aussi à la restriction, la limitation de ressources que peut comprendre l'artefact. La notion d'activité relativement requise désigne la prise en compte et le traitement, par le sujet, des contraintes de la situation d'activité instrumentée.

Différents types de contraintes sont distinguables :

- Les contraintes de modalités d'existence : il s'agit de contraintes liées aux caractéristiques générales communes à l'ensemble des objets matériels et/ou symboliques.
- Les contraintes de finalisation sont liées à la spécificité de l'artefact destiné à produire des transformations. Elles concernent la nature des objets de l'activité sur lesquels il permet d'agir, les modalités de transformation qu'il organise et qui s'imposent également au sujet.
- Les contraintes de pré-structuration de l'action résultent des modalités de l'action qui sont anticipées par les concepteurs et inscrites, par eux, dans la structure et le fonctionnement de l'artefact, ainsi que dans les modes opératoires.

Différentes modalités de structuration de l'action peuvent également être distinguées :

- structuration passive simple : l'artefact rend nécessaire que l'activité soit restructurée autour de la forme qu'il constitue. C'est le cas des outils sans fonctionnement propre, ou des machines ayant un fonctionnement dont le sujet n'a pas besoin de tenir compte pour l'utilisation ;
- structuration passive organisée : l'intervention de l'opérateur s'insère dans une organisation du processus dépendante du fonctionnement propre de la machine qui lui assigne une place temporelle, spatiale, opératoire en définissant pour partie la nature de ses actions, leur organisation et leurs enchaînements ...;
- structuration active : l'artefact a, dans ce cas, une connaissance de l'opérateur et a pour objectif de modifier le fonctionnement de ce dernier, d'influer sur son activité, voire de transformer l'homme lui-même. La structuration active peut-être réciproque au sens où l'artefact tout à la fois s'auto-adapte à l'opérateur et tend à l'influencer. Cette structuration réciproque constitue une des dimensions de la forme spécifique d'interaction homme-machine que constitue la coopération.

Les artefacts et les modes opératoires constituent des formes pré-organisées auxquelles les sujets sont confrontés dans leurs activités instrumentées.

L'activité des sujets s'inscrit donc dans une tension entre : d'une part, de l'anticipé, du normé, du pré-organisé porté par l'artefact et les modes opératoires, et plus généralement dans l'univers du travail par la prescription de celui-ci, d'autre part, les efforts du sujet pour réélaborer, restructurer, resingulariser les artefacts et les modalités de l'usage en termes d'instrument de son activité propre.

Le second point traité dans cette quatrième partie est la question de la visibilité et de la transparence des artefacts. Deux types de conceptualisation de la transparence, en termes de boîte noire ou de boîte de verre, sont dégagés à partir de la littérature.

Dans la conceptualisation reposant sur la métaphore de la boîte de verre, l'artefact, ou une partie de celui-ci, par exemple son fonctionnement, doit être visible ou explicite afin que le sujet puisse en tenir compte dans son activité. L'artefact doit être compréhensible pour l'utilisateur.

Dans la conceptualisation reposant sur la métaphore de la boîte noire, le pari est l'inverse du précédent : l'artefact doit être le plus invisible possible pour ne pas être un obstacle pour l'activité du sujet. Dans l'usage habituel de l'artefact, en tant qu'instrument, l'utilisateur n'a nul besoin d'en avoir une connaissance consciente, celle-ci ne devient nécessaire que dans les situations où l'artefact n'a plus le statut d'instrument, mais celui d'objet de l'activité.

La transparence d'un artefact doit donc être mise en relation avec les besoins en informations de l'utilisateur qui sont variables en fonction de ses buts, de ses compétences, des stratégies qu'il met en oeuvre pour les atteindre etc. C'est pourquoi nous proposons le concept de "transparence opérative" pour désigner les propriétés caractéristiques de l'artefact, pertinentes pour l'action de l'utilisateur, ainsi que la manière dont l'artefact les rend accessibles, compréhensibles, voire perceptibles pour l'utilisateur. La transparence opérative est un concept relationnel qui exprime la variabilité des besoins du sujet en "information" en fonction de la variabilité des situations d'action, de ses états et buts. Elle peut prendre des formes diverses : intelligibilité des transformations entre actions de commande et effets, mise en évidence des modalités de fonctionnement propres de l'instrument, auto-explication...

Enfin, la dernière partie de l'ouvrage est consacrée aux mises en oeuvre de ces développements théoriques dans les champs de la vie quotidienne, de la formation et du travail. Une série d'exemples est présentée autour de trois thèmes : l'analyse, la conception et la formation.

**PREMIÈRE PARTIE : LES ACTIVITÉS AVEC
INSTRUMENT, POSITION DANS LE CHAMP
SOCIAL ET APPROCHES SCIENTIFIQUES**

L'objectif de ce chapitre est de situer l'approche instrumentale par rapport aux problèmes des **champs sociaux** concernés (travail, éducation, vie quotidienne), et aux questions issues des **champs scientifiques** de la psychologie, de la didactique et de l'ergonomie.

Les problèmes qui se posent dans les **champs sociaux**, les débats qui les agitent et les contradictions et enjeux qui les traversent, sont d'une ampleur telle qu'une approche prétendant à l'exhaustivité et à l'objectivité sereine nous semble bien difficile à atteindre. Nous montrerons, cependant que certaines options, en particulier celles qui postulent une éviction tendancielle des "composants humains" des systèmes de production, ne peuvent constituer un cadre pertinent pour analyser les activités avec instruments précisément caractérisées par la présence première des hommes et de leur activité. Une problématique instrumentale est nécessairement centrée sur l'homme, inscrite dans une option anthropocentrique. Lorsqu'il n'y a plus d'homme en activité, psychologie, ergonomie et didactique perdent, à nos yeux, leur raison d'être.

Le positionnement dans les **champs scientifiques** ne prétend pas non plus à l'exhaustivité. Il vise à identifier les principales approches des activités avec instruments dans le champ de la psychologie, et dans des domaines d'action auxquels elle apporte une contribution, notamment l'ergonomie et la didactique.

Nous caractériserons, dans un premier temps, les approches de l'activité de l'homme au travail qui reposent sur un point de vue technocentrique et tendent à ne laisser à cette activité qu'une place résiduelle. Les points de vue qui critiquent les approches technocentriques seront ensuite analysés, puis les arguments en faveur d'un point de vue anthropocentrique sur les objets et systèmes anthropotechniques. C'est ce dernier point de vue qui servira de guide pour situer les différentes approches non psychologiques des artefacts et des techniques, les approches psychologiques étant, ensuite, examinées en détail.

CHAPITRE 1 : POUR UNE APPROCHE DES TECHNIQUES CENTRÉE SUR L'HOMME

Points de vue technocentriques sur l'activité de l'homme au travail

Drôle d'histoire que se racontent, en ne souriant qu'à demi, les pilotes : "Dans les avions du futur il n'y aura plus que deux places dans les cockpits : une pour un homme l'autre pour un chien. Le chien sera là pour empêcher l'homme de toucher aux commandes et l'homme sera là pour nourrir le chien".

Quelle réalité se cache derrière cette "drôle d'histoire"?

l'activité, un résidu?

Limiter le champ de l'intervention humaine, considérée comme peu efficace ou fiable, trop coûteuse ou trop risquée, est une des tendances actuelles d'évolution du système productif. Dans cette perspective, la réduction de la place occupée par les hommes, des tâches dont ils ont la charge et des actions qu'ils accomplissent, est un objectif. Mais, même l'idéologie qui véhicule l'image complaisante de l'usine sans homme ne le masque pas, il est aujourd'hui, en pratique, impossible de tout maîtriser ou de tout faire accomplir par des machines². Il reste, même dans cette perspective, une place pour des hommes comme dans l'avion du futur où le pilote (mais s'appellera t-il encore ainsi) pourrait n'être plus là que pour le cas où des problèmes inattendus mettraient en défaut les systèmes automatiques, pour récupérer pannes et incidents, ou pour assumer des fonctions limitées pour lesquelles il serait encore provisoirement plus performant.

La place de l'homme désignée par cette perspective est résiduelle : l'homme occupe un espace de plus en plus restreint, l'espace provisoirement laissé libre, par ce qui n'a pas encore été technologiquement réglé de façon satisfaisante au regard des critères de fiabilité, de sûreté, d'efficacité, de performance, d'utilité, d'optimalité, d'automaticité. Comme le souligne Clot (1992) "la voie qui consiste à réorganiser les tâches avec l'objectif que les résultats ne dépendent plus de l'opérateur, cette voie souvent suivie et que la puissance contemporaine de la machinerie permet toujours plus d'imaginer comme une voie royale, consiste à regarder l'activité humaine comme un résidu". Elle ne laisse finalement aux opérateurs que l'ensemble hétéroclite des tâches trop complexes, ou impossibles à automatiser nous rappelle Bainbridge (1982).

² La question cruciale de la pertinence et de la légitimité sociale des choix d'évolution du système productif reposant sur le principe d'une réduction de la place des hommes ne sera pas discutée ici. Il va de soi que cette dimension du problème est essentielle dans une période d'expansion massive du chômage.

Toutefois, la perspective "résiduelle" n'est qu'une des options possibles et doit être historiquement située. Ainsi, pour Millot (1991), l'automatisation a eu pour objectif, dans un premier temps, de doter les procédés de systèmes de commandes rendant le fonctionnement totalement autonome, les opérateurs étant conservés pour effectuer les tâches décisionnelles de supervision non encore automatisables. Une analyse qui rejoint celles d'auteurs comme Brodner (1987) ou Craven et Slatter (1988) : "les concepteurs ont adopté de façon prédominante une approche technocentrique pour la conception des systèmes homme-machine, concentrant leurs efforts sur l'efficacité du capital fixe et tendant à ignorer les facteurs humains".

Cependant, pour Millot, le concept initial d'automatisation excluant l'homme a évolué ensuite vers un concept visant à réintroduire l'opérateur dans le système automatisé mais en le considérant comme "un mal nécessaire" dont il faut limiter les erreurs. Enfin, il deviendrait aujourd'hui possible, selon l'auteur, de dépasser ce stade avec des outils d'aide à la décision permettant aux opérateurs des interventions précoces voire anticipatrices en cas d'incident. Il rejoint ainsi les analyses théoriques appuyées sur des résultats empiriques de Roth, Bennet, & Woods (1987) qui affirment la possibilité de développer des systèmes techniques qui ne soient pas seulement des prothèses destinées à pallier les carences des opérateurs, mais constituent, au contraire des instruments à leur service.

Une vision pessimiste de l'intervention humaine qui conduit à une délimitation stricte de l'activité au travail

Le point de vue "résiduel" correspond, en fait, à une vision pessimiste de l'intervention humaine. Ainsi, David Noble (cité par Bernoux 1991) soutient que le contrôle numérique des machines outils a été préféré à une autre option dans laquelle "la programmation n'était pas conçue par des ingénieurs assis à leur terminal, mais par des ouvriers de production qui commandaient à la machine et programmaient de nouvelles tâches à effectuer par elle : il s'agissait de programmer en faisant". Selon l'auteur, l'option de contrôle numérique correspond à une vision pessimiste de l'intervention humaine comme source d'erreurs dans le processus de production, tandis que la seconde option aurait fait appel au jugement, à la compétence des opérateurs. Un point de vue que partagent Johnson et Wilson (1988) : "les concepteurs se représentent le plus souvent l'opérateur humain comme un élément peu efficace et fiable des systèmes".

Dans la perspective résiduelle, ce n'est pas seulement l'espace disponible pour que se déploie l'activité humaine qui est restreint, mais la nature de l'activité qui, compte tenu de ce point de vue pessimiste, tend à être également strictement délimitée. En effet des interventions humaines intempestives sont considérées comme de nature à troubler, voire mettre en défaut, le fonctionnement des automates et des machines expertes.

Le chien est, dans notre "drôle d'histoire", la figure emblématique représentative de cette "nécessité" d'interdire l'initiative malheureuse, l'action qui trouble, ou, à tout le moins de la canaliser, la prescrire suffisamment pour la rendre inoffensive. Dans la conception des avions par exemple, Gras & Scardigli (1991) mettent en évidence la multiplication de systèmes visant à empêcher les accélérations, les inclinaisons et virages excessifs, c'est-à-dire visant à empêcher

tout écart à la norme, tout style personnel de pilotage. Les tâches confiées au pilote sont limitées au maximum.

A la vision pessimiste sur l'intervention humaine correspondent des choix technologiques d'encadrement et de délimitation de l'activité.

Un exemple de point de vue technocentrique

Ces options rejoignent des choix de recherches technologiques fondamentales qui conduisent également à une position résiduelle de l'activité humaine. Ainsi, Sacerdoti (1977), dans un ouvrage qui s'inscrit dans le courant de recherche sur la planification en Intelligence Artificielle, s'intéresse à la conception de robots visant à l'autonomie. Persuadé que les moyens de perception des robots resteraient longtemps rudimentaires, il a cherché à concevoir des machines couplées à un opérateur humain avec interaction permanente entre l'utilisateur et le système. Sa perspective est la conception de machines pour lesquelles l'homme est un complément indispensable du fait de l'insuffisance actuelle et prévisible des connaissances technologiques (ici en matière de perception artificielle). La problématique de recherche de Sacerdoti a comme point de départ le système technique qui incorpore l'homme à titre de complément pour ce qui n'est pas encore technologiquement traitable. Le point de vue sur l'homme n'est pas premier, il est constitué en référence au point de vue technologique qui lui est principal. C'est en ce sens que ce type de problématique est technocentrique.

Quelle pertinence des points de vue technocentrique et anthropocentrique?

Deux perspectives principales se dégagent de cette première approche :

- une perspective à dominante **technocentrique** où l'homme occupe une position résiduelle, et où, son activité réelle n'ayant plus de statut propre, elle ne peut, le plus souvent, être pensée que dans les termes mêmes du processus technique. Il n'y a alors, comme le dit si bien le philosophe du travail Schwartz (1988), plus d'autre solution que de parler des hommes à travers les choses, lorsqu'on entre dans le travail par la seule technicité, même lorsque l'on inscrit cette option dans une perspective humaniste ;

- une perspective à dominante **anthropocentrique** où l'homme occupe une position centrale depuis laquelle sont pensés les rapports aux techniques, aux machines et systèmes. Cette option place l'activité de l'homme au coeur de l'analyse et, de ce fait, permet d'opérer le renversement nécessaire pour pouvoir parler des choses en fonction des hommes - pour reprendre les termes de Schwartz.

Aucun de ces deux points de vue n'est, bien sûr, à lui seul suffisant. La seule approche technocentrique tend à placer l'homme en position résiduelle et ne peut véritablement permettre de penser son activité ; tandis qu'une option unilatéralement anthropocentrique est incapable de penser les systèmes techniques dans leur spécificité technologique. L'issue n'est donc certainement pas dans la négation d'une des approches (qui constituent plutôt des pôles entre lesquels se situent de multiples intermédiaires), mais dans leur articulation à la fois

conceptuelle et pragmatique permettant de penser un système de production du point de vue technologique comme de celui de l'activité des hommes.

Mais aujourd'hui, les conceptualisations pour penser la place de l'homme du point de vue de son activité sont insuffisamment développées et de toute façon beaucoup moins que celles orientées vers la technologie, elles sont même parfois caricaturalement décalquées de ces dernières. L'approche des activités avec instrument constitue une des voies pour combler une partie de ce retard et de ce déficit.

Nous allons voir, en effet, à travers les critiques qui s'expriment en direction des approches trop unilatéralement technocentriques, que le développement des conceptualisations à caractère anthropocentrique apparaît dans de nombreux domaines comme une nécessité sinon une urgence.

Critiques des approches technocentriques

De nombreuses critiques s'expriment à l'encontre de la conception où l'homme est dans une position résiduelle vis à vis de la technique. Nous ne retiendrons, faute de place qu'une petite partie d'entre elles, centrées sur le champ des activités de travail et issues de la psychologie et de l'ergonomie (contrôle de processus et interaction homme-ordinateur), ainsi que des théories critiques de la société.

Contrôle de processus

La fiabilisation des processus industriels constitue aujourd'hui un enjeu important compte tenu des coûts économiques, humains et écologiques des incidents et des accidents. De nombreuses recherches menées dans cette perspective tentent de déterminer l'origine d'erreurs considérées habituellement comme "humaines". Elles conduisent à remettre en cause l'origine de certaines d'entre elles. Reason (1990) montre, par exemple, qu'une partie des erreurs considérées comme "humaines" est en fait liée à des causes profondes internes aux systèmes techniques, causes qui y sont présentes à la façon des agents pathogènes dans un corps humain.

La nature des tâches confiées aux opérateurs dans les processus automatisés est également l'objet d'interrogations. Bainbridge (1982) dans un texte au titre révélateur, "ironies of automation", fait ainsi remarquer que l'élimination progressive des hommes au profit des automatismes conduit, paradoxalement, à ne confier aux opérateurs que des ensembles de tâches hétéroclites constitués, non en fonction des nécessités de leur activité, mais à partir de ce qui n'est pas automatisable.

Dans le domaine de l'aviation, les débats sur la place et le rôle des pilotes dans les avions des nouvelles générations sont tout aussi animés. Wiener & Curry proposaient, dès 1980, que le pilote soit "réintroduit" dans la boucle de pilotage mais dans une "enveloppe" placée sous le contrôle du système. A leurs yeux, le pilote était donc bien sorti de la boucle !

Morishige (1987) qui plaide avec Rouse, Geddes, and Curry (1987) pour une approche de l'automatisation centrée sur l'opérateur, discute également l'efficacité de l'option "tout automatique". Pour cet auteur qui développe des recherches dans le domaine des avions de combat, les performances des systèmes automatisés sont susceptibles de s'accroître lorsque les dispositifs techniques fournissent des informations adaptées aux pilotes, mais, comme l'indiquent les courbes de son schéma (figure 1), les performances globales tendraient à décroître en cas d'automatisation plus poussée (lorsque le système fournit des solutions ou lorsqu'il exerce seul le contrôle en dehors de toute intervention "manuelle"). L'auteur ne présente pas de résultats empiriques à l'appui de sa thèse, mais le caractère radical de celle-ci est un indicateur de l'ampleur des interrogations dans ce domaine.

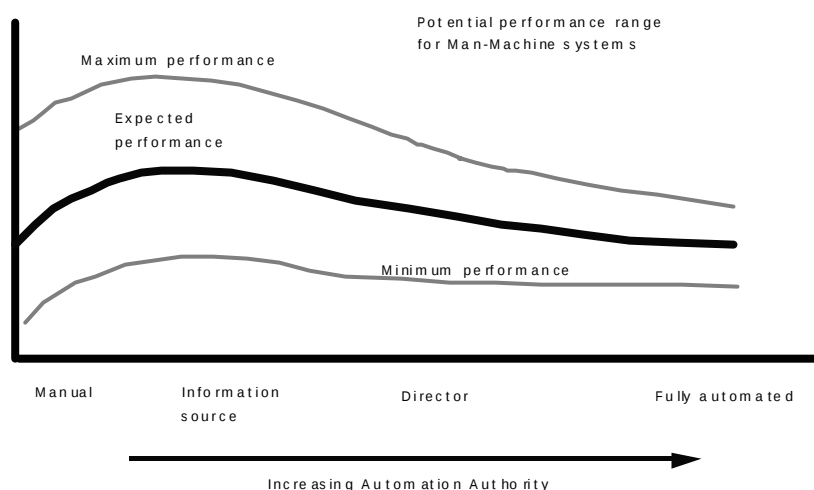


Figure 1

Performances du système homme-machine dans l'automatisation des cockpits d'avion (d'après Morishige 1987)

Interactions homme-ordinateur

De même, dans le domaine des interactions homme-ordinateur, Kammergaard (1988), considère, en accord avec Ehn & Kyng (1984), le poids excessif de la perspective "système" comme un problème sérieux posé pour le développement des "applications" : beaucoup des conséquences négatives de l'usage des applications au travail sont le résultat d'une attention insuffisante portée aux approches centrées sur l'homme au travail.

La perspective système, très répandue dans la conception informatique, est considérée comme insuffisante par ces auteurs parce que les hommes y sont vus comme équivalents aux autres composants du système : un ensemble de composants humains et machines réalise des tâches grâce à leurs actions reliées entre elles. La tâche n'a donc pas d'expression spécifique au niveau de l'individu. L'interaction est, dans cette perspective, considérée comme une transmission de données entre composants humains et informatiques. Cette transmission doit être effective et efficiente (c'est la qualité majeure de l'interface) et pour cela l'utilisateur doit si possible, agir selon des modalités similaires à celles de la machine.

Standardiser l'interface et discipliner l'utilisateur sont ainsi perçus comme des bonnes solutions par les concepteurs. Les recherches basées sur ce point de vue visent d'abord à rendre la transmission de données plus sûre et plus rapide : le problème essentiel dans la conception devient alors l'allocation des tâches entre l'homme et la machine pour le traitement des données.

Nos auteurs considèrent qu'il y a, dans cette perspective, réduction du travail humain à une activité de traitement de données seule possible à conceptualiser, dans un point de vue technocentrique, en termes de procédures algorithmiques. En rupture avec cette approche technocentrique, le projet Utopia (auquel participe Kammergaard) a été développé pour que l'utilisateur puisse avoir une vision du système dans laquelle hommes, machines, tâches et matériaux sont mis en relation dans une terminologie enracinée dans le domaine des tâches significatives pour l'utilisateur.

Théories critiques de la société

Enfin la discussion de la perspective résiduelle et des options technocentriques provient bien entendu aussi des théoriciens critiques de la société et des sociologues tels Haudricourt (1964 & 1987), qui appelle de ses vœux une technologie qui serait enfin une science humaine, ou Habermas (1968) qui mène une puissante et stimulante critique de ce qu'il nomme le cognitivisme instrumental.

Lhote & Dulmet (1992) considèrent que la référence au travail humain est, pour l'essentiel, absente des champs de recherche des sciences pour l'ingénieur (optique, électronique, électrotechnique, génie des procédés et de la mécanique). Ce n'est qu'en productique, selon les auteurs, qu'une prise de conscience partielle de l'impossibilité d'évacuer le travail humain commence à apparaître : les systèmes de production étudiés y sont fondamentalement hybrides, c'est-à-dire composés de

ressources humaines et technologiques. L'évolution de ces systèmes pose avec acuité "la question de la définition du nouveau rôle des hommes dans les systèmes fortement informatisés et automatisés". Le travail est amené à prendre une place centrale dans les sciences pour l'ingénieur car les spécialistes de ces disciplines doivent, pour ces auteurs, reconnaître :

- que l'homme est omniprésent dès que l'on cesse de focaliser le regard sur des objets trop ponctuels et les interventions directes qu'ils supportent ;

- que le rêve de l'usine sans homme devient un cauchemar lorsqu'on perçoit, indépendamment de son coût social inacceptable, les limites incontournables des solutions purement automatiques ou informatiques en matière de flexibilité, de fiabilité, d'adaptation aux changements, de réactivité aux aléas : les approches purement techniques s'effondrent sous le poids de la complexité, du coût, du temps de développement et pour finir de l'efficacité dès que l'on considère des systèmes plongés dans l'environnement incertain et non stationnaire qui est le lot actuel de la plupart des entreprises.

La critique de la perspective résiduelle émerge également des sciences de la gestion et des entreprises. Ainsi pour Freyssenet (1992) la croyance en la possibilité de remplacer le travail ou de le prescrire complètement est un déni de réalité, et les sciences de l'ingénieur et de la gestion commencent à constater qu'elles s'épuisent à travers la multiplication et la sophistication des dispositifs techniques et gestionnaires à vouloir saisir l'acte de travail dans son adaptabilité, son inventivité. Pour l'auteur, ces sciences, mais aussi certaines entreprises se demandent aujourd'hui :

- comment définir un système technique dans lequel le travailleur serait non pas le maillon faible qui peut compromettre l'efficacité, mais serait au contraire l'acteur de sa fiabilisation, de sa performance et de son évolution ;

- comment définir des outils de gestion qui ne soient pas prescriptifs, mais soient des aides au pilotage de l'action par des collectifs de travail ³.

Nous ne pouvons que suivre Freyssenet dans sa conclusion : l'irréductibilité de l'activité de travail est devenue d'autant plus sensible que la logique de substitution et de prescription a été poussée très loin.

La problématique des activités avec instrument s'inscrit dans le courant critique vis-à-vis de la perspective où l'activité humaine est en position résiduelle. Elle vise à contribuer à une conception à dominante anthropocentrique des systèmes techniques, véritablement centrés sur un homme acteur de son travail et pour cela acteur de la fiabilité, de l'évolution et de la performance des systèmes techniques auxquelles il participe. Des systèmes qui doivent donc être, tout à la fois, considérés comme des moyens de production (au sens large) et des instruments pour les hommes au travail.

³ Des évolutions récentes au sein des sciences de la gestion vont d'ailleurs dans ce sens en cherchant moins à identifier les coûts qu'à s'assurer que les compétences pour produire la valeur économique sont présentes dans l'entreprise et mobilisables (Hubault & Lebas 1993)

Vers une conception des techniques centrée sur l'homme

Les critiques que nous venons d'évoquer convergent vers une mise en cause des approches où la place de l'homme au travail est pensée en référence et, par différence, avec celle occupée par le système technique, c'est-à-dire pensée dans une perspective résiduelle et souvent dans les termes de la technique elle-même. Le mythe de l'usine sans homme ayant vécu, compter sur l'homme pour rendre la technique plus performante devient essentiel souligne Dubois P. (1992).

Une autre conception des rapports des hommes aux systèmes techniques est en voie d'émergence, une conception où ce sont les systèmes techniques, les machines qui sont pensées en référence aux hommes et non l'inverse ; où la place de l'homme est première et celle de la technologie définie par rapport à celle-ci. Une conception où le système technique est centré sur celui qui va l'utiliser, où il va être imaginé, conçu et réalisé en référence à l'activité de cet homme (ou de ces hommes) pour lequel il sera un outil, un instrument. Une telle conception anthropocentrique de la technique est nécessaire et l'idée de cette nécessité émerge, nous allons le voir, de multiples lieux qu'ils soient de recherche ou d'action : des entreprises, de la formation, de l'ergonomie, des politiques de recherches.

La démarche qualité, un facteur de recentration sur l'homme dans les entreprises?

Certaines évolutions actuelles des critères auxquels la production est soumise vont dans le sens d'une recentration sur l'homme. Bien que les critères de productivité et de coût ne soient évidemment pas abandonnés, de nouveaux critères sont en voie d'implantation. C'est le cas des critères de qualité qui conduisent, sous certaines conditions, à repenser la question de la place de l'homme dans le système productif. Certes, certaines démarches privilégient une approche à dominante technocentrique du problème en supposant une maîtrise totale des systèmes de production nécessaire à la répétabilité, comme c'est parfois le cas dans des opérations de certification qualité. Le point de vue de l'activité humaine est alors difficile à faire prévaloir et comme le soulignent Christol et Mazeau (1993) : le risque est la dérive de la formalisation des opérations vers une normalisation vue comme une fin en soi : ce retour du "one best way" est alors préoccupant dans la mesure où l'une des limites du taylorisme a précisément été la difficulté d'obtenir la qualité. La maîtrise totale du système de production par le seul biais des procédures répétables apparaît de plus en plus comme un objectif irréaliste. En effet, la qualité est la résultante d'un système où se cotoient : des matières premières hétérogènes; des équipements à fiabilité variable; des règles organisationnelles avec lesquelles il faut jouer pour agir efficacement; des hommes et des femmes différents entre-eux et dont les caractéristiques évoluent en permanence Deltor (1993). C'est pourquoi des approches anthropocentriques considérant les hommes comme producteurs de la qualité et même dans certains cas comme les producteurs principaux de la qualité sont en cours de développement dans certaines entreprises.

Formation technique et didactique professionnelle

Parallèlement, dans les enseignements techniques, on observe un renouveau d'intérêt pour des dimensions des compétences professionnelles, telles que les savoir-faire, dont le rôle dans la mise en oeuvre des technologies contemporaines, avait été auparavant sous-estimé, voire nié.

Pour Deforge (1991), à la fois acteur et observateur de l'évolution des enseignements techniques en France, un double courant a agité ces enseignements depuis leur fondation en 1919 :

- un mouvement de regroupement des activités en filières, porté par l'idéologie rationalisante et unifiante des enseignements techniques qui ont toujours eu l'ambition de surpasser et d'effacer, par la raison, les particularités techniques. Cette poussée rationalisante, très forte jusque dans les années récentes, s'opposait aux savoir-faire considérés comme ne devant finalement subsister que dans les métiers artisanaux "en voie de disparition" ;

- une tendance centrifuge qui fait, contre cette volonté d'unité, resurgir des subdivisions d'origine corporative ou inspirées par les contraintes d'exercice des professions.

L'enseignement technique a fortement combattu les savoir-faire, témoigne l'auteur qui a participé à cette lutte en tant qu'inspecteur, mais il tend, selon lui, à revenir vers d'autres options en considérant que ces savoirs ont leur place dans les processus industriels les plus évolués. En effet, pour Deforge, l'efficacité des savoir-faire permet de réduire la distance au réel des modèles trop éloignés issus de la technologie. Il les considère donc comme une source de qualification et de plus value spécifiques pour l'entreprise.

La réintégration des savoir-faire dans les formations du système éducatif passe aujourd'hui largement par des stages en entreprise, des formations d'adaptation, des conventions école-entreprise. C'est, pensons-nous, pour partie parce que l'évolution du recrutement des enseignants a fait perdre au système éducatif une part de ses capacités formatives dans ce domaine.

En effet, alors qu'à l'origine les enseignants des formations ouvrières étaient des professionnels confirmés, les meilleurs si possible, aujourd'hui ce sont principalement des diplômés de l'enseignement technique dont l'expérience de l'entreprise est parfois limitée à quelques stages.

L'exigence de professionnalité tend à être supplantée par des exigences de savoir technique, comme l'a montré Tanguy (1991). La conséquence en est une coupure avec l'activité de travail qui tend à s'instituer jusque dans le recrutement des enseignants et à rendre plus difficile la formation de la professionnalité des élèves. Il ne nous paraît pas certain que le développement actuel des multiples formes de relations enseignement-entreprise, les stages, l'extension de l'apprentissage jusqu'aux niveaux de formation les plus élevés, suffiront à pallier les effets problématiques des options excessivement technocentriques de l'enseignement français.

L'émergence actuelle de nouvelles perspectives de recherche visant la constitution d'une didactique professionnelle rencontre les conclusions de Deforge (1991) : la technologie comme science des techniques nous permet de

comprendre les techniques, mais lorsqu'il s'agit d'accomplir des actes techniques dans un milieu technique, une science des techniques n'y suffit pas car, sous les techniques, il y a l'homme acteur avec ses savoir-faire, savoir-être et son affectivité, et c'est tant mieux conclut-il.

On peut espérer que la didactique professionnelle (complémentaire de la didactique technique), initialement tournée vers les formations professionnelles en milieu professionnel, contribuera aussi au ressourcement anthropocentrique de l'enseignement technique.

Ergonomie et anthropotechnologie

L'approche ergonomique, dont une définition minimale est l'adaptation du travail à l'homme, s'inscrit dans une perspective à dominante anthropocentrique, et ce, depuis ses origines.

Nous ne développerons pas ici les évolutions méthodologiques, conceptuelles et théoriques dans ce domaine, rappelons seulement qu'au-delà d'une ergonomie des facteurs humains (parfois qualifiée d'ergonomie "de la table et de la chaise") s'appuyant sur des analyses en termes de "propriétés" de l'homme dont il faut tenir compte dans une situation de travail, s'est développée, notamment sous l'influence de l'école francophone, une ergonomie centrée sur l'activité de l'homme au travail intégrant et dépassant les approches en termes de facteurs humains. Enfin, la période actuelle est marquée par l'émergence d'approches à dominante cognitive visant à traiter plus spécifiquement les dimensions cognitives de l'activité en liaison notamment avec les évolutions contemporaines du travail et la diffusion massive des machines à base de traitement de l'information (voir par exemple Green & Hoc 1991, Hollnagel 1991, Thon & al. 1991, De Keyser 1991...).

Ainsi, dans le champ de recherche des interactions avec les machines de traitement de l'information, Floyd (1987) opère une distinction entre deux paradigmes correspondant à deux points de vue possibles, dans une perspective de conception ou de recherche :

- un paradigme défini comme orienté produit, machine, point de vue qualifié de traditionnel pensant l'utilisateur comme statique avec une interaction avec la machine fixée et pré-définie dans la machine ;

- un paradigme considérant les ordinateurs comme des outils pour des personnes faisant un travail réel.

L'auteur privilégie ce second point de vue centré sur le processus d'usage. Il appelle à une extension de la notion d'utilisateur : il faut aller, écrit-il, vers une conception le considérant comme une personne réalisant un véritable travail.

De même pour Bannon & Bodker (1991) les artefacts ne doivent pas être analysés pour eux-mêmes et de façon isolée. ils doivent être analysés dans leurs cadres d'utilisation (use settings) eux-mêmes non statiques mais évoluant et développés dans le temps. D'où la nécessité d'un point de vue historique sur la technologie.

Ces réflexions et analyses centrées sur l'usage des outils informatiques conduisent à la recherche de pratiques de conception, elles-mêmes anthropocentriques, dont un ouvrage comme celui de Norman & Draper (1986) "User centered system design : New perspectives in Human Computer Interaction" est un bon exemple.

La nécessité du développement de points de vue anthropocentriques apparaît également dans le champ des systèmes de production. Clegg (1988) propose l'idée d'une appropriation de la conception des technologies avancées de production par les utilisateurs. Cette perspective d'appropriation devant être entendue dans un double sens : problèmes et solutions doivent être appropriés aux utilisateurs au sens où ils doivent être adaptés à ceux-ci, mais aussi au sens où ils puissent devenir, d'une certaine façon, leur propriété.

L'option d'approche anthropocentrique des technologies de production avancées est développée par de nombreux auteurs dans une perspective ergonomique. Corbett (1988), qui en situe les origines dans des travaux qui se sont développés à la fin des années 70, en résume, à partir d'une analyse de la littérature, cinq caractéristiques principales :

- l'approche anthropocentrique s'appuie sur les compétences existantes des utilisateurs et cherche à les développer, alors que l'approche conventionnelle tend à les incorporer dans les machines et à contribuer ainsi à déqualifier les opérateurs;
- une technologie anthropocentrique cherche à augmenter les degrés de liberté laissés aux opérateurs pour définir leurs propres objectifs et activités de travail. Le contrôle s'exerce dans le sens homme technologie et non dans le sens inverse ;
- les technologies anthropocentriques cherchent à réduire la division du travail ;
- elles visent à faciliter la communication sociale (formelle et informelle) entre les opérateurs ;
- et d'une façon plus générale elles doivent viser le développement d'environnements de travail mieux compatibles avec la santé, la sécurité et l'efficacité du travail.

Mais, au-delà de ces développements d'une ergonomie centrée sur la situation de travail et plus généralement d'activité, la nécessité d'élargissement du champ de l'ergonomie elle-même s'est faite jour. Le concept d'une macro-ergonomie incluant l'organisation et la formation a été notamment proposé par Hendrick (1987), qui rejoignait les interrogations liées à l'industrialisation des pays nouvellement indépendants (Chapanis 1975, Seurat 1977) et les perspectives anthropotechnologiques développées par Wisner (1976, 1985) pour aborder le problème des transferts de technologies vers les pays en voie de développement dont les conditions économiques, climatiques, organisationnelles mais aussi culturelles et plus largement anthropologiques sont différentes de celles des pays dont la technologie est originaire. Cependant, comme le souligne de Montmollin (1992), les approches macro-ergonomiques, si elles correspondent à de vrais problèmes, reposent aujourd'hui fréquemment sur un appareil théorique flou et

éclectique, souvent plus proche de l'idéologie que d'une approche réellement scientifique. Un immense et urgent travail théorique reste donc à faire dans ce domaine.

La perspective anthropocentrique d'approche des rapports des hommes aux technologies s'étend, ainsi, au-delà de la situation d'un individu au travail, pour considérer les dimensions collectives du travail et les spécificités anthropologiques des groupes humains à l'échelle de la planète. Elle ne perd pas pour autant sa relation au sujet agissant avec des outils qu'il doit s'approprier dans des conditions renouvelées qu'analyse Guillevis (1990).

Orientations de politique de recherche

La nécessité d'un développement anthropocentrique des techniques se traduit également dans les analyses et les recommandations en matière de politique de recherche européenne.

Ainsi, pour Cooley (1989), les systèmes actuels sont de façon prédominante conçus dans une perspective technocentrique. Ils tendent, selon l'auteur, à rendre l'homme passif et la machine active. Ils sont issus d'une conception dominée par les trois caractéristiques essentielles des sciences de la nature (prédictivité, répétabilité et quantification mathématique) et qui tend à exclure intuition, jugement subjectif, connaissances tacites, imagination et intentionnalité. C'est, pour l'auteur, la conséquence d'une tendance à marginaliser l'homme et à le transformer en appendice passif de la machine, et il rappelle, à l'appui de sa thèse, la suggestion formulée dans un article de "American Machinist" : le travailleur idéal pour la plupart des machines à contrôle numérique serait un retardé mental d'âge mental 12 ans.

Pourtant, comme le souligne Martin (1989) dans le même rapport, toutes les tentatives de conception de machines à commandes numériques visant à s'affranchir des compétences des opérateurs ont échoué. Malgré l'automatisation partielle des opérations, les habiletés et connaissances relatives à la production restent indispensables pour utiliser ces machines efficacement. C'est pourquoi, les systèmes fondés sur une approche exclusivement technocentrique rencontrent de sérieuses difficultés : ils sont peu robustes, peu flexibles et très sensibles aux perturbations. Il est donc nécessaire, concluent les auteurs, de développer des technologies anthropocentriques qui associent les habiletés et l'ingéniosité humaine avec les formes avancées et adaptées de la technologie en une véritable symbiose.

Parmi les domaines de recherches dont ce rapport recommande le développement, figurent les recherches sur la conception de systèmes anthropocentriques et d'outils par opposition aux machines ; mais aussi dans le champ de l'éducation les questions relatives aux méthodologies de formation par l'usage dans le champ des nouvelles technologies, ainsi qu'à l'élaboration et la généralisation des connaissances dans l'apprentissage par l'action.

Conclusion : il est nécessaire de considérer les faits techniques dans leurs dimensions de faits psychologiques

Dans un ouvrage visant à constituer la technologie en tant que science humaine, Sigaut (1991b) souligne à quel point est étrange la croyance selon laquelle les techniques ne seraient pas des faits sociaux : une fois surmontée cette croyance, les techniques réintègrent la problématique des sciences sociales.

De même l'idée que les techniques ne seraient pas des faits psychologiques est une croyance qui nous paraît tout aussi étrange : les techniques doivent aussi intégrer les problématiques de la psychologie avec, semble-t-il, deux grandes voies possibles.

- L'une de ces voies consiste à penser homme et machine dans des termes équivalents. C'est une voie aujourd'hui largement parcourue, en particulier dans le champ de la cognition, et l'on a parfois l'impression que les limites de la métaphore machinale ne sont pas toujours bien cernées et maîtrisées.

Ainsi, pour Feigenbaum (1991), la pensée est de même nature qu'elle soit humaine ou machinale, "l'humanité est une mécanique" dit-il, et pour lui, la nature de l'incarnation physique, matérielle qui supporte la pensée est sans importance, puisque la pensée peut être réduite à la manipulation de symboles. "En quoi l'incarnation physique importe-t-elle? Quelle conséquence y-a-t'il du fait que nous soyons faits de chair et d'os... Nous demandons nous quel corps avait Einstein? Nous n'y pensons jamais quand nous évoquons la théorie générale de la relativité" affirme l'auteur.

Onfray (1991) nous rappelle fort à propos que ces thèses ne sont pas nouvelles, l'oscillation entre comprendre l'homme comme une machine et construire des machines qui le simulent a des racines anciennes. Au 16ème siècle déjà une double approche du corps compris comme une machine et des machines simulant le corps (d'où le succès des automates) était présente. Descartes, par exemple, tout à la fois disséquait animaux, et peut-être humains, et tentait de mettre au point des automates.

On peut se demander si les affirmations de Feigenbaum ne sont pas, à leur façon, des formes contemporaines d'actualisation, en termes de cognition, de cette perspective, et si l'on ne sourira pas demain du schématisme de ses affirmations comme nous sourions aujourd'hui des hypothèses des mécanistes du 16ème siècle ou des prédictions fantaisistes (et sans doute provocatrices) d'un Minsky : l'intelligence artificielle, celle des machines, sera bientôt si développée que nous aurons bien de la chance si les ordinateurs consentent à nous prendre chez eux comme animaux de compagnie. Mais, il semble que ces prédictions tardent quelque peu à se vérifier. Peut-être est-ce parce que fondamentalement les processus informatiques et les processus de pensée et d'activité humaine ne sont pas en définitive réductibles les uns aux autres?

- Une autre voie consiste à essayer de penser machines et hommes dans des termes différents, à ne pas réduire les uns aux autres, tout en analysant les activités techniques en référence à l'homme. C'est dans cette perspective que s'inscrit l'approche instrumentale que nous développerons dans cet ouvrage.

La technique c'est la façon dont quelqu'un fait quelque chose a écrit l'historien Lynn White dans une formule dont l'intérêt, souligne Sigaut (1991) est de nous rappeler que le "quelqu'un est essentiel", parce que c'est lui qui nous indique la

bonne échelle. Une technique n'existe que lorsqu'elle est pratiquée, c'est-à-dire lorsqu'elle passe par quelqu'un qui, l'ayant apprise ou inventée, la met en oeuvre de façon efficace. Il n'y a pas de technique sans cette efficacité et les habiletés humaines qu'elle implique. C'est donc là où ces habiletés sont produites qu'il faut observer les techniques. Or, ce lieu est toujours à l'échelle d'un ou de quelques individus. La réalité observable de la technique est à l'échelle d'un homme ou d'un petit groupe d'hommes.

Une conclusion à laquelle nous ne pouvons que souscrire. Et même si les analyses doivent se situer à différents niveaux (le réseau des boîtes noires que sont les postes, les entrées-sorties et les flux, les relations à d'autres systèmes etc.), nous partageons le point de vue de l'auteur pour qui l'échelle privilégiée est celle où le contact est direct entre les hommes et les objets matériels, et ajouterons-nous, plus généralement entre les hommes et les objets fabriqués, les artefacts, y compris symboliques, et les usages qui y sont associés. Or cette échelle d'analyse est précisément celle de la psychologie, même si elle n'est pas son exclusivité.

L'approche instrumentale se situe donc à l'échelle d'analyse des faits techniques comme faits psychologiques. Elle s'inscrit comme une contribution à la réflexion théorique et à l'examen empirique des relations hommes-systèmes techniques centrées sur l'homme, vues du point de vue de celui-ci lorsqu'il est engagé dans des activités et des actions réelles, situées dans leurs contextes au travail, en formation ou dans la vie quotidienne.

Intérêt et limites des approches non psychologiques des techniques et des artefacts

Le développement des points de vue relatifs à la technique centrés sur l'homme nécessite de disposer d'outils théoriques et méthodologiques adéquats à ces buts, et nous partageons le point de vue de Hatchuel (1992) qui appelle à un enrichissement de l'analyse de la technique. Il faut pour cela, dit-il, s'appuyer sur des théories intermédiaires qui ne soient pas la paraphrase du langage propre du mécanicien, de l'automaticien ou du chimiste et qui ne soient pas non plus un simple discours sur les arrangements sociaux. Les notions d'outil, instrument, procédé, prototype, machine, assemblage, montage, intégration sont déjà, pour l'auteur, des notions intermédiaires que l'on utilise spontanément mais elles sont fragiles.

Les acteurs sociaux mobilisent des savoirs particuliers qui dépendent des relations qu'ils construisent avec les objets techniques : leurs intentions, leurs usages, leurs phantasmes. L'idée qu'un objet a un fonctionnement est, pour Hatchuel, une simplification abusive : un objet technique a les fonctionnements que nos savoirs nous permettent de penser ou de découvrir, et nous devons reconnaître qu'un même objet peut être compatible avec plusieurs types de savoirs techniques et donc aussi plusieurs types de compétences techniques. En s'interrogeant sur des catégorisations possibles du savoir, nous regardons les objets techniques d'une manière qui permet de reconstituer la nature des rapports qu'un acteur va entretenir avec eux, ainsi que la validité et la légitimité de ses actions.

L'approche de Gonod (1991) va dans le sens d'un éclaircissement de ces rapports. Il propose une vision d'ensemble des logiques à l'oeuvre dans nos relations avec les artefacts techniques (fig. 2). L'auteur distingue quatre logiques : de construction, de fonctionnement, d'utilisation et d'évolution, à partir desquelles il situe les approches par les différentes disciplines scientifiques (fig. 3). L'intérêt de cette approche est dans la tentative de situer et coordonner les points de vue possibles mais, en l'état, elle est encore insuffisante : la prise en compte de l'activité de l'homme y est limitée, ce qui se traduit, comme on peut le constater dans la figure 3 par l'absence de toute référence à la psychologie en tant que discipline permettant d'analyser les faits techniques. Il convient donc de compléter la synthèse de Gonod :

- en prenant pour base la figure 2, il faut, au minimum, rajouter une logique de conception, correspondant à l'activité des concepteurs (et donc en relation avec - mais distincte - de la logique de construction) et donner une acception psychologique aux autres dimensions, en particulier la logique d'utilisation ;

- rajouter aux approches identifiées dans la figure 3 la famille de disciplines qui en est absente : psychologie, ergonomie, didactique.

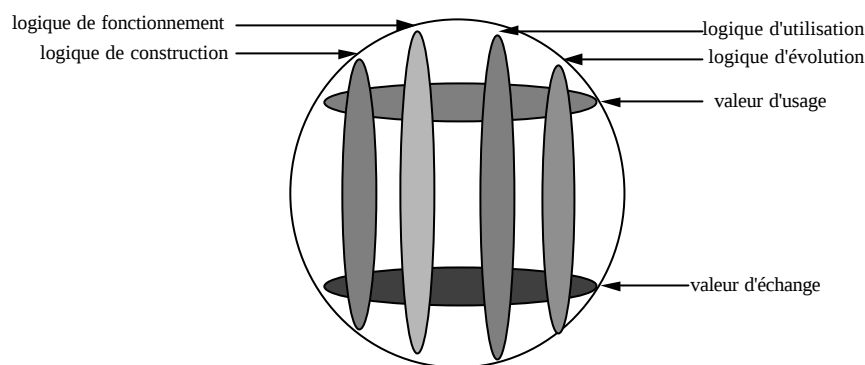


Figure 2

Multidimensionnalité de la technologie (d'après Gonod 1991)

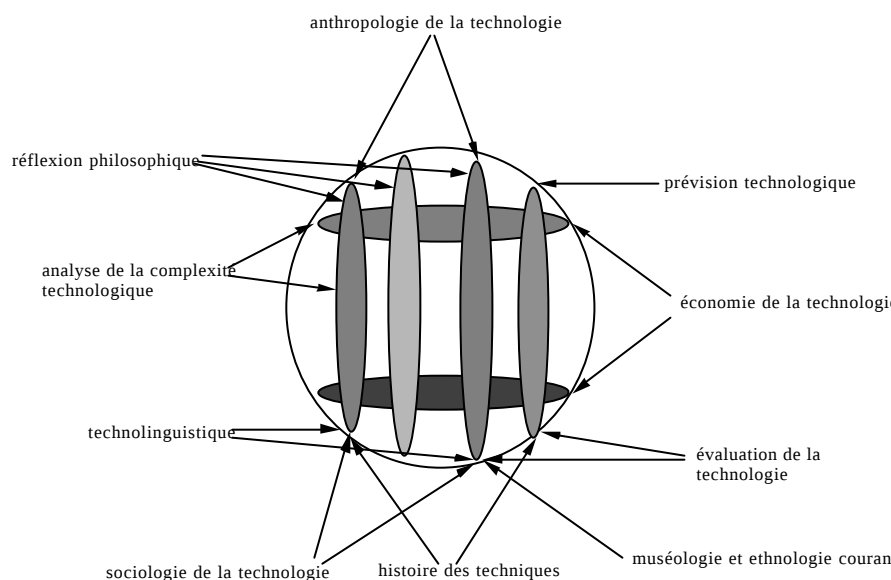


Figure 3

Multiplicité des approches scientifiques de la technologie
(d'après Gonod 1991)

Perrin (1991b), fait un pas dans cette direction : il critique le point de vue selon lequel la technologie est une application des sciences ; il faut, dit-il, distinguer les processus de connaissance des sciences de la nature et des sciences de l'artificiel.

L'histoire des sciences de l'ingénieur (génie civil, mécanique, chimique...) montre, selon l'auteur, que les sciences du génie n'ont progressé que lorsqu'elles ont été confrontées à la conception et à la réalisation de nouveaux artefacts. La production de connaissances techniques est complètement liée à celle des artefacts : c'est l'action de concevoir un nouvel objet technique qui engendre le processus de transformation et de production des connaissances techniques. Affirmer que les activités de conception des artefacts sont le lieu de la production

des connaissances techniques c'est donc accepter d'expliquer la production des connaissances techniques à partir des caractéristiques spécifiques de ces activités de conception.

C'est aussi faire l'hypothèse que les lois de l'évolution et de la genèse des objets techniques sont le résultat des caractéristiques propres aux procédures intellectuelles et organisationnelles qui sont utilisées pour le concevoir (Perrin 1992).

Dans le point de vue développé par Perrin, une partie de l'activité de l'homme apparaît : celle des concepteurs, et c'est très important. Mais elle est limitée à la sphère de conception des artefacts : il n'y a pas de production de connaissances techniques dans l'usage. Ainsi se trouve méconnue la sphère de l'utilisation et les processus de production de connaissances qui y sont liés : les connaissances et représentations pour l'action.

Affirmer que les connaissances techniques ne peuvent progresser qu'à travers la conception et la construction de nouveaux objets techniques relève encore d'un point de vue, pour partie, à dominante technocentrique où la technique est réduite aux objets et systèmes, l'activité prise en compte étant uniquement celle des concepteurs socialement désignés comme tels.

La position de Perrin pourrait avoir un autre sens si l'idée de conception avait, elle-même un autre sens : la conception se poursuit dans l'usage, à travers les usages comme conception de ceux-ci, mais aussi en retour par un questionnement des objets techniques eux-mêmes. Selon cet autre point de vue, l'usage est également lieu de production de savoir technique, en particulier du savoir relatif aux artefacts en tant qu'instruments.

L'approche instrumentale vise à contribuer à l'élaboration des concepts et théories intermédiaires dont Hatchuel souligne la nécessité. Il s'agit, à partir de l'étude des rapports instrumentaux que des sujets entretiennent, dans l'action, avec des artefacts, d'accéder à une compréhension en profondeur d'une des formes de relation aux objets techniques : la relation d'usage, d'utilisation. Nous analyserons ces relations telles qu'elles sont construites par les sujets et dans leur signification pour les sujets, les acteurs eux-mêmes, c'est-à-dire d'un point de vue que l'on peut qualifier d'intrinsèque. Une telle entreprise suppose d'opérer un décalage par rapport aux conceptualisations issues du savoir technologique et d'élaborer et de rendre consistants les concepts intermédiaires nécessaires à une telle entreprise.

Nous rejoignons ainsi les points de vue d'auteurs tels que Bannon et Bodker (1991) pour lesquels, comme les artefacts existent dans l'activité et sont constamment transformés par l'activité, ils ne doivent pas être analysés en tant que choses mais comme médiateurs de l'usage. Les artefacts ne sont pas seulement des moyens individuels, ils sont porteurs de partage et de division du travail, ils ont une signification incorporée dans une pratique sociale. De ce fait les artefacts évoluent sans cesse et reflètent un état historique de la pratique des utilisateurs en même temps qu'ils modèlent cette pratique. Pour ces auteurs, une application informatique doit, par exemple, être considérée comme un ensemble d'outils dont la conception crée de nouvelles conditions du travail individuel mais aussi collectif. L'introduction de l'artefact ne change pas seulement les aspects opérationnels mais aussi tous les autres aspects de la pratique. C'est pourquoi ce sont les

processus d'utilisation qui doivent constituer un objet de recherche central et non l'artefact lui-même.

C'est dans cette perspective que nous nous proposons une conceptualisation psychologique des artefacts en tant qu'instruments, conceptualisation que nous visons à rendre pertinente également pour l'ergonomie et la didactique. En conservant l'articulation avec les conceptualisations issues des domaines technologique, anthropologiques, sociologiques et philosophiques, nous définirons l'instrument dans l'essentialité de la relation qui en est constitutive : **l'usage par le sujet de l'artefact en tant que moyen qu'il associe à son action**. Le point de vue qui sera pris est celui où les machines, les objets techniques, les objets et systèmes symboliques, c'est-à-dire les artefacts, sont considérés en tant qu'instruments matériels ou symboliques.

CHAPITRE 2 : LES APPROCHES PSYCHOLOGIQUES DES TECHNIQUES ET DES ARTEFACTS, POINTS DE REPÈRES

La conscience de la nécessité d'un point de vue instrumental sur les techniques et, au sein de celles-ci, sur les artefacts, n'est pas un privilège de notre époque de "technologies nouvelles". Aussi passerons-nous en revue les principales conceptions en la matière. L'histoire en est déjà longue, bien que quelque peu chaotique, faite d'avancées rapides et d'arrêts parfois durables. Nous verrons qu'aujourd'hui un renouveau apparaît, à beaucoup, comme souhaitable.

Vygotsky, une vision fondatrice toujours vivante : l'instrument au coeur du développement et du fonctionnement du psychisme

Vygotsky en est un des auteurs les plus profonds et les plus marquants : beaucoup des auteurs que nous citerons se situent, ou retrouvent à un titre ou à un autre les voies qu'il avait ouvertes, en ce que Rivière (1990) a légitimement appelé une prodigieuse décennie de production de 1924 à 1934. Vygotsky lui-même s'inscrivait, comme le rappelle Bronckart (1985) dans les perspectives explorées en philosophie notamment par Spinoza, Hegel et Marx.

Dans un texte de 1931, il développe les bases épistémologiques de son approche de la psychologie. Le comportement d'un adulte contemporain, culturellement évolué, est le résultat de deux processus différents de développement psychique. En termes phylogénétiques il s'agit, d'une part, du processus d'évolution biologique qui mène à l'apparition de l'homo-sapiens, d'autre part, du processus de développement historique à travers lequel l'homme primitif a évolué culturellement. Toute la difficulté de l'étude des fonctions psychiques supérieures vient de ce que ces deux dimensions d'évolution biologique et culturelle, sont, dans l'ontogenèse, fusionnées en un processus à la fois unitaire et complexe.

Les deux formes fondamentales du comportement culturel sont pour Vygotsky l'utilisation des instruments et le langage humain. Comme le souligne Verillon

(1988b), on trouve chez Vygotsky ce qu'on ne trouve pas chez d'autres auteurs qui partagent ses préoccupations relatives aux spécificités du développement cognitif humain en interaction avec les artefacts : une tentative de description des processus psychologiques par l'intermédiaire desquels un tel développement serait envisageable.

Or, cette tentative place les activités avec instrument au coeur du problème de la constitution et du fonctionnement des fonctions psychiques supérieures chez l'homme. En (1930) s'appuyant sur la notion de technique intérieure développée par Claparède, il propose pour la psychologie une méthode instrumentale reposant sur le principe d'une similitude entre le rôle des "instruments psychologiques, adaptations artificielles" qui visent chez l'homme à contrôler les processus psychiques et celui des instruments dans le travail.

L'intégration de l'instrument dans le processus de comportement : met en action toute une série de nouvelles fonctions liées à l'usage et au contrôle de l'instrument ; se substitue à et rend inutile toute une série de processus naturels dont le travail est développé par l'instrument ; transforme le déroulement et les aspects particuliers de tous les processus psychiques qui entrent dans composition de ce qu'il appelle l'acte instrumental. Il substitue certaines fonctions à d'autres, recrée et reconstitue toute la structure du comportement, tout comme l'instrument technique restructure toute la constitution des opérations de travail. Pris dans leur ensemble, les processus constituent une unité complexe, structurelle et fonctionnelle orientée vers la solution du problème posé. Ils sont coordonnés, et au cours de l'activité, définis par l'instrument ; ils forment un nouveau complexe : l'acte instrumental. Ainsi, de même que le travail, en tant qu'activité appropriée à une fin ne peut être expliqué de manière satisfaisante en se limitant aux buts et aux problèmes, l'explication doit référer à l'emploi des outils ; l'explication des formes supérieures de comportement est celle des moyens qui permettent à l'homme de maîtriser le processus de son propre comportement (Vygotsky 1934).

Du fait des recherches approfondies qu'il a menées sur le langage dans une perspective instrumentale, les travaux de Vygotsky ont eu, et ont toujours, une grande influence sur les recherches psychologiques dans ce domaine (Wertsch 1979, 1985; Bruner & Hickmann 1983...). Mais, on comprend aussi que, cette même perspective instrumentale soit appelée à avoir une influence grandissante dans le domaine d'étude et de conception des relations aux artefacts et aux techniques. Vygotsky est par exemple cité en référence dans cinq des quinze chapitres de l'ouvrage collectif qui pose le principe de la nécessité d'une refondation de la psychologie dans le domaine des interactions homme ordinateur (Caroll 1991a). Cette influence risque de s'accroître d'autant plus qu'un manuscrit inédit traitant spécifiquement de l'approche instrumentale, "l'instrument et le signe dans le développement de l'enfant", a été retrouvé (Zazzo 1989) et sa publication annoncée ⁴.

Les techniques sont constitutives du milieu humain et des moyens de transmissions des acquis de l'espèce

⁴ Il sera intéressant de comparer cet ouvrage avec le texte publié sous un titre proche dans le recueil *Mind in Society* (Vygotsky 1978).

L'approche de Léontiev reprend les perspectives ouvertes par Vygotsky et les présente dans des articles (par exemple Léontiev 1965) et deux ouvrages publiés en français (Léontiev 1975 et 1976) dont l'un ; le développement du psychisme, est une synthèse élaborée à partir de multiples textes et articles.

La relation aux artefacts et instruments constitue une dimension importante du dispositif théorique. Léontiev reprend les hypothèses de Vygotsky en ce qui concerne la recomposition d'ensemble de l'activité lors de l'usage d'un instrument sans apporter, semble-t-il, de contribution véritablement nouvelle. Son apport est plutôt relatif, d'une part, à un développement systématique des concepts de la théorie de l'activité, d'autre part, à une conceptualisation de la notion d'artefact en rapport avec le développement du psychisme humain, bien que là encore il s'appuie sur les réflexions de Vygotsky. C'est sur ce dernier point que nous insisterons aussi.

La distinction entre objets naturels et artefacts n'est nullement nécessaire pour une élaboration théorique du développement du psychisme animal alors qu'elle l'est pour celui de l'homme. En effet, lorsque l'animal utilise un outil, même fabriqué par les hommes, celui-ci apparaît à l'animal comme un élément de son milieu "naturel" auquel il doit s'adapter. Dans son outil, l'animal ne trouve qu'une possibilité naturelle de réaliser son action instinctive, par exemple rapprocher un fruit de soi. L'outil du singe réalise une certaine opération, mais cette dernière ne se fixe pas dans l'outil : dès que le bâton a rempli sa fonction dans les mains du singe, il redevient sans intérêt, il n'est pas devenu support permanent de cette opération.

Il en va tout autrement pour l'instrument humain qui fait partie du monde non naturel produit de la culture humaine. L'instrument n'est pas seulement un objet de forme particulière, aux propriétés physiques déterminées, il est surtout un objet social, avec des modalités d'emploi élaborées au cours du travail collectif. Il est porteur des opérations de travail qui sont comme cristallisées en lui.

C'est l'un des points centraux de la théorie de Léontiev : celui de la fixation des acquis de l'espèce humaine. Alors que l'évolution des espèces animales se fait par la voie du biologique, l'évolution humaine se fait par la voie de la fixation des acquis de l'espèce au sein des phénomènes externes de la culture matérielle et intellectuelle.

C'est par l'appropriation de ces acquis que chaque homme acquiert des capacités vraiment humaines. Même les instruments ou outils de la vie quotidienne doivent être découverts activement dans leurs qualités spécifiques souligne Léontiev. L'homme doit effectuer à leur égard une activité pratique ou cognitive qui réponde de façon adéquate à l'activité humaine qu'ils incarnent, c'est-à-dire qu'elle doit reproduire les traits de l'activité cristallisée (cumulée) dans l'objet.

Pour séduisante que puisse être cette approche théorique aucun élément empirique n'est véritablement apporté à l'appui de la thèse de l'appropriation, si ce n'est quelques exemples didactiques. Léontiev nous laisse donc sur notre faim. Cependant nous allons voir que son approche culturaliste du psychisme humain et de la place des artefacts et des techniques n'est nullement isolée.

Wallon dans de nombreux textes (Wallon 1935, 1941, 1942, 1951 notamment) s'interroge sur les rapports des hommes et des techniques en formulant en particulier des hypothèses relatives à leurs effets possibles sur le développement des enfants et plus généralement sur la façon dont la cognition peut en être affectée, voire transformée.

L'enfant ne peut être envisagé à part du milieu où s'opère sa croissance et qui, dès sa naissance, l'investit. L'univers auquel il doit s'adapter, sur lequel il modèle son activité et ses impressions n'est pas invariable et éternel. C'est l'ensemble des objets propres à son époque : son berceau, son biberon, ses langes, le feu, la lumière artificielle ; plus tard les meubles dont il manipule les structures, les outils qui lui donnent ses habitudes ou lui apprennent à façonner les choses, les techniques du langage, de l'explication, de la compréhension qui règlent ses pensées, en leur imposant, à travers des cadres conceptuels ou logiques, le découpage des forces, des objets dont est peuplé le monde mis aujourd'hui à sa disposition par des millénaires d'élaboration matérielle et mentale.

Ainsi le milieu auquel réagit l'enfant n'est pas seulement physique, c'est le milieu que l'homme s'est créé par son activité. Un milieu social dont l'enfant dépend d'autant plus fortement qu'il est plus jeune. Les techniques, les artefacts, les instruments sont, comme le langage ou les coutumes, constitutifs de ce milieu social par lequel, pour Wallon, l'homme en transformant ses conditions de vie se transforme aussi lui-même.

Partant de l'idée, exprimée par Langevin, que les notions dont nous nous servons pour représenter les choses familières sont issues d'un contact ancestral et lointain avec celles-ci, Wallon s'interroge sur leurs évolutions en relation avec celles du milieu techniquement structuré : que deviendra la notion de présence d'un être, c'est-à-dire la possibilité d'assigner à des impressions de la vue et de l'ouïe combinée une même qualité spatiale, pour un enfant placé devant un poste de radio? Aux rapports de temps et d'espace qu'avaient élaboré ceux qui arpentaient l'étendue et la durée avec le compas de leurs jambes, le pas de leurs troupes, il est impossible que, par ses rapides contractions de l'espace dans le temps, l'avion n'apporte pas de modification. La vitesse ainsi éprouvée dans son extrême variabilité pourrait rendre plus concrets, plus vivants, plus intimes les rapports de l'espace et du temps.

Les exemples de Wallon sont certes datés, mais les questions qu'il se posait il y a plus de cinquante ans n'ont rien perdu de leur pertinence et de leur importance dans une époque qui voit, par exemple, émerger des "réalités virtuelles". Ses interrogations sont très profondes dans leurs implications psychologiques et on ne peut qu'être frappé de voir à quel point elles rejoignent des problématiques très contemporaines relatives aux catégories de la connaissance, au caractère situé de celle-ci ⁵ (Dubois 1991, Rosch 1975, 1978, Weill Fassina, Rabardel & Dubois 1993) et dans le même temps aux artefacts (au sens large),

⁵ La connaissance est située au sens où, elle est fortement associée, pour le sujet, aux situations dans lesquelles il l'a construite et où il l'utilise. Ces situations sont à la fois dépendantes de l'histoire singulière du sujet et de celle de la société et de la culture dans lesquelles elle s'inscrit.

aux techniques, et aux instruments en tant qu'objets psychologiquement significatifs.

Il considère en effet que la formule des catégories de la connaissance ne peut être considérée comme donnée une fois pour toutes. Elles accompagnent l'activité humaine dans son pouvoir d'utiliser les choses. Elles sont le témoin des lois et des structures que nos techniques nous permettent de découvrir et de mettre en jeu dans la nature.

Techniques humaines et animales : ruptures et continuités

Une des idées maîtresses de la psychologie historique développée par Ignace Meyerson, nous rappelle Vernant (1987), est précisément, que l'homme doit être étudié là où il a mis le plus de lui-même : dans ce qu'il a fabriqué, construit, institué, créé pour édifier ce monde humain qui est son vrai lieu naturel : les outils, les techniques, les langues, les institutions, la littérature, les arts etc.

En effet, pour Meyerson (1948), l'instrument, la machine posent de multiples problèmes à la psychologie parmi lesquels le fait que la nouvelle technique agit sur l'homme, le forme. L'homme devant l'outil peut être maître ou rouage ; il peut se sentir plus ou moins dépendant ; il peut participer plus ou moins de façon diverse à la machine.

Les objets humains, les "artifices", comme il les désigne constituent ainsi des mondes médiateurs qui forment des écrans successifs entre l'homme et la nature. Toute technique nouvelle a comme source et comme accompagnement une nouveauté mentale, et toute invention quelque peu importante réagit sur l'homme, l'esprit.

L'impact des activités avec instrument, et plus généralement des techniques, sur l'homme est ainsi désigné comme un objet important pour la psychologie, en particulier, et pas uniquement la psychologie du travail puisque Meyerson ne considère pas seulement le travail comme une conduite mais plus fondamentalement encore comme une fonction psychologique (Meyerson 1948, 1955).

Bien qu'il n'établisse pas la relation lui-même dans ses textes, comment ne pas voir dans ces conceptions relatives à la psychologie humaine, l'écho des travaux menés longtemps auparavant avec Guillaume sur l'usage de l'instrument chez les singes? Leur publication s'étale sur huit années, au cours desquelles ces deux auteurs développent progressivement une conceptualisation de la notion d'instrument et les problématiques de recherches correspondantes qui seront à plusieurs reprises mises en relation avec des problématiques relatives à des conduites humaines présentant une analogie.

Les titres successifs donnent une image de cette évolution : "Le problème du détour" Guillaume, Meyerson, (1930) "L'intermédiaire lié à l'objet" Guillaume, Meyerson, (1931) "L'intermédiaire indépendant de l'objet" Guillaume, Meyerson, (1934) "Choix, corrections et inventions" Guillaume, Meyerson, (1937).

Dans les premières recherches, l'instrument est présent dans un cadre expérimental visant à explorer la conduite du détour. Les auteurs vont chercher à

distinguer, au sein des difficultés rencontrées par les singes, celles qui tiennent à l'instrument, celles dues à la technique du détour et enfin à l'interaction entre ces deux facteurs. Ces problèmes seront mis, dès ce moment, en relation avec les difficultés rencontrées par des blessés de guerre victimes de certains types d'apraxies. Dans ces premières situations, c'est beaucoup plus la question du détour que celle de l'activité avec instrument qui est explorée.

Cependant, la problématique proprement instrumentale va se développer au fil des recherches et des textes qui en rendent compte. Le statut de médiateur, d'intermédiaire de l'instrument est affirmé : c'est lorsque la situation expérimentale est telle que l'animal doit comprendre des propriétés, soit de l'intermédiaire, soit de la liaison entre l'intermédiaire et le champ, qu'apparaissent véritablement les problèmes. La signification de l'instrument varie d'un animal à l'autre, ou chez un même animal, suivant son expérience et peut-être suivant les conditions de la situation. L'instrument est donc un intermédiaire dont les propriétés doivent être envisagées indépendamment de celles des membres et associées à celles des membres.

Cette approche est généralisée : un instrument présente pour l'homme et, semble-t-il pour l'animal, écrivent nos auteurs, une sorte de monde intermédiaire dont les propriétés sont, ou peuvent être différentes à la fois de celles du corps et de celles des objets sur lesquels s'exerce l'action. Pour agir de manière efficace, il faut pouvoir associer ces diverses propriétés dans des situations plus ou moins variables. L'usage de l'instrument chez le singe comme chez l'homme suppose un savoir explicite. Il s'agit de conduites artificielles, de techniques véritables en ce sens qu'il y a un art acquis et qui comporte des adaptations délicates et précises de la main à l'outil, de l'outil à l'objet et de la main à l'objet à travers l'outil.

Les problèmes posés à la motricité dépendent de la nature et de la forme des instruments, de ces intermédiaires qui permettent l'action indirecte sur les choses. Il faut voir avec l'instrument et à travers l'instrument mille situations diverses et adapter l'instrument à ces situations diverses. Un instrument est un transformateur ; apprendre à le manier, c'est pouvoir subordonner l'impulsion motrice à ses nouveaux effets. Cette réaction des effets sur les causes est une continuelle correction. Elle est en même temps invention dans la mesure où elle est affranchissement et renouvellement, libération à l'égard de réactions préformées et construction, création de réponses nouvelles à la fois techniques instrumentales et techniques du corps.

Guillaume et Meyerson reliaient ainsi, à travers l'idée de techniques du corps, leur réflexion aux travaux que par ailleurs développait Mauss (1935) en anthropologie. Pour autant l'intelligence humaine n'est nullement réduite à celle des anthropoïdes. Dans un texte de 1980, Meyerson se montre par exemple très critique vis-à-vis des travaux relatifs au langage des singes (Gardner 1972, Premack 1976). L'enfant par l'apprentissage du langage, entre dans le monde des expressions et possibilités qui constituent le monde proprement et spécifiquement humain. Cela ne peut être confondu, affirme Meyerson, avec les petits ânonnements expérimentaux de quelques singes analysés par des auteurs qui y ont cherché des trésors enfouis, trésors qui n'existaient pas.

L'intelligence pratique, une forme inférieure de l'intelligence ?

C'est à partir de travaux sur les enfants, particulièrement sur l'intelligence pratique Rey (1935) que Rey s'est, lui aussi, interrogé sur les relations entre les conduites d'usage d'instruments chez les enfants et les singes, à partir notamment des travaux de Koehler (1927), mais aussi sur la généralisation possible de certaines de ses observations aux conduites de l'adulte.

Il a, par exemple, noté chez l'enfant qui commence à utiliser des instruments, une grande difficulté à voir l'outil indépendamment de l'activité qu'il lui imprime ou qu'il désire lui imprimer. Les lignes de forces déployées par l'action font disparaître les objets en les absorbant en une structure dynamique où le milieu et le moi sont indifférenciés. Rey s'interroge sur la proximité possible avec les conduites de l'adulte dans certaines activités engageant la sensori-motricité : lors d'un travail manuel délicat, en démontant un mécanisme, en dessinant etc. nous distinguons-nous nettement des instruments utilisés?

Mais le travail de Rey présente un autre intérêt : son analyse des origines des recherches sur l'intelligence pratique met en évidence, bien qu'il ne le souligne pas lui-même, que l'approche des activités avec instruments a été déconnectée dès l'origine d'une conception instrumentale prenant en compte les systèmes symboliques. La référence était le très jeune enfant, l'animal, ou l'enfant anormal. Cette option conduisait à une conception de l'intelligence pratique comme relevant de "formes inférieures de l'intelligence". La voie d'une approche généralisée des activités instrumentées, prenant en compte des instruments mettant en jeu les niveaux les plus élevés de l'activité cognitive était ainsi d'emblée fermée. Cela explique sans doute, au moins en partie, aussi le blocage des recherches à partir des problématiques de l'intelligence pratique.

Nous pensons que, ce dont nous avons besoin aujourd'hui, c'est de développer une conception généralisée de l'instrument qui permette de rendre compte de son statut et des activités auxquelles il est associé à tous les niveaux du fonctionnement cognitif, y compris aux plus hauts niveaux. Les instruments symboliques sont naturellement concernés, mais, au-delà, c'est le statut de l'instrument dans les activités de travail et de vie quotidienne liées aux technologies contemporaines qui rend cette actualisation nécessaire.

Le champ d'étude de la formation, de l'évolution et de la transformation des activités sensori-motrices constitue cependant, nous l'avons vu, un domaine où la question des activités avec instruments est fortement posée, même si c'est dans des termes différents chez l'homme et l'animal.

En lisant Bullinger (1987a & b) qui s'intéresse à ces faits chez l'enfant, on ne peut qu'être frappé par la convergence de certaines de ses analyses avec les travaux de Guillaume et Meyerson. Mais il prolonge et dépasse la réflexion de ces auteurs dont la série d'articles s'achevait sur une affirmation qui a peut-être pu constituer un butoir, un point d'arrêt provisoire pour la perspective de recherche instrumentale : "c'est l'instrument qui conduit à l'invention, on n'invente guère encore tant qu'on n'a affaire qu'à son propre corps".

En proposant que le corps constitue pour le sujet son premier instrument, Bullinger rompt avec cette affirmation et ouvre non seulement la possibilité d'une interrogation sur les processus d'instrumentation du corps, mais aussi la

perspective d'une insertion de ces interrogations dans une problématique plus générale du statut psychologique de l'instrument et des activités avec instruments.

Il inscrit son approche dans une double référence à Piaget et à Wallon.

Il plaide, avec Piaget, pour que l'activité du sujet ne soit pas confondue avec le fonctionnement de la machine biologique, car ainsi se trouverait escamoté, du côté du sujet psychologique, le problème de l'origine des activités instrumentales : le corps est, et peut-être surtout, devient pour le sujet instrument. Mais le problème de l'instrumentation doit être, pour Bullinger, également posé dans une perspective qui permette de rendre compte du fait que les élaborations instrumentales débordent largement l'organisation biologique.

Il rejoint Wallon en considérant que les milieux sont des moyens des activités pour le petit homme. L'organisme, certes objet privilégié d'instrumentation chez le jeune enfant, n'est pas seul instrumentable : des éléments extérieurs à l'organisation biologique peuvent accéder au statut de moyens ⁶. Il se pourrait alors, souligne Bullinger, que les problèmes du contrôle moteur ne s'arrêtent pas à la main nue mais pourraient prendre en compte le marteau qui est tenu.

En cela il prolonge les travaux de Guillaume et Meyerson, les interrogations de Rey mais aussi les hypothèses de Vygotsky (1930) pour qui l'enfant, dans le processus de développement, est outillé et réoutillé avec les instruments les plus divers ; les niveaux de développement se différenciant par le niveau et le caractère de l'outillage et donc par le degré de contrôle du comportement propre.

Du sujet épistémique au sujet psychologique : l'émergence progressive d'une prise en compte des techniques par la psychologie génétique

C'est dans une perspective profondément différente qu'un autre Genèvois, Mounoud (1970) a développé des recherches sur la structuration de l'instrument chez l'enfant.

Il confronte des enfants à des épreuves de résolution de problème par construction et utilisation d'instruments (inspirées de celles des auteurs précédents) qui lui paraissent privilégiées pour étudier la formation des normes logiques du vrai et du faux. Les épreuves avec instruments offrent en effet l'intérêt de comporter des critères matériels de réussite et d'échec qui apparaissent à l'auteur comme les seules envisageables pour les très jeunes enfants (2 à 7 ans) auxquels il s'intéresse. Elles sont également choisies car elles lui permettent d'étudier finement les processus d'intériorisation de l'action et d'abstraction réfléchissante qui constituent son centre d'intérêt principal.

L'approche de Mounoud se situe donc dans une perspective de psychologie génétique qui consiste à voir l'action et la pensée comme des modes d'échange et d'adaptation entre le sujet et le monde extérieur. Elle vise à caractériser, grâce à l'évolution des conduites dans les épreuves choisies, l'intériorisation des schèmes

⁶ Rappelons que Bullinger se situe dans une perspective d'instrumentation de la sensori-motricité.

d'action du point de vue de leur coordination générale mais aussi de la prise de possession de l'univers physique.

Sa perspective n'est donc que très peu reliée à des interrogations relatives à une approche psychologique des techniques et des artefacts, cependant l'auteur caractérise ses épreuves comme relevant de la résolution de problèmes pratiques et prend d'emblée en compte la nature particulière de l'instrument qui est d'entretenir une complémentarité simultanée par rapport aux actions du sujet et aux objets auxquels il les applique.

Peut-être est-ce une des raisons pour lesquelles ses travaux, malgré le très grand intérêt qu'ils présentent, n'auront eu jusqu'ici que peu de descendance, y compris semble-t-il dans les recherches de l'auteur lui-même?

En effet, ils sont situés dans un cadre théorique, celui de la pensée Piagetienne, qui, comme le souligne Vérillon (1988a), ne donne pas de place spécifique aux artefacts, aux objets matériels fabriqués. L'objet soumis au sujet Piagétien est un objet anhistorique : sa propriété essentielle est d'être déterminé par les lois physiques. Que celles-ci aient été agencées dans l'objet par la nature (boulettes d'argile ou de plasticine) ou artificiellement (balance, fronde etc.) ne constitue pas dans cette perspective une différence pertinente. L'introduction d'artefacts, dans les expériences Piagetiennes, est essentiellement liée à la commodité qu'ils offrent pour mettre en évidence des propriétés invariantes du réel ou à l'intérêt qu'ils présentent pour l'analyse des conduites dans une perspective structurale.

L'originalité profonde de Piaget, rappellent Inhelder et de Caprona (1992a), a été d'orienter son oeuvre vers l'étude des catégories fondamentales de la connaissance, sans lesquelles aucune adaptation à la réalité ne serait possible. Cette option a ainsi permis de créer une psychologie fondamentale traitant de la construction de notions comme l'espace, le temps, la causalité etc. La problématique de Piaget est toute entière tournée vers la genèse cognitive des propriétés du réel et des actions qui constituent progressivement tout à la fois les structures, les catégories non a-priori et les instruments de la connaissance. C'est dans ce cadre que s'inscrivait principalement la recherche de Mounoud.

Or l'approche psychologique des activités avec instruments relève, selon nous, de façon dominante d'une autre perspective orientée vers l'analyse fonctionnelle des conduites du sujet psychologique. Une perspective centrée sur la dynamique des conduites finalisées et des actions organisées du sujet, sur leurs buts, le choix des moyens, les contrôles et les heuristiques propres et permettant d'aboutir à un même résultat par des chemins différents.

C'est dans une telle perspective résolument fonctionnaliste que sont développés autour de Inhelder et Cellérier, depuis la fin des années soixante dix, un ensemble important de travaux, complémentaires à ceux de Piaget (auxquels ils ont d'ailleurs apporté une contribution considérable), relatifs aux micro-genèses cognitives dans les conduites finalisées.

Mais l'idée en était à Genève plus ancienne encore : Inhelder l'avait présentée, dès 1954, au quinzième congrès international de psychologie (Inhelder 1955) et avait suscité l'intérêt des psychologues qui étaient alors engagés dans les

débuts de ce qu'il est convenu d'appeler la "révolution cognitive", en particulier de Bruner.

Du traitement de l'information à la cognition en situation, quel statut pour les techniques ?

Bruner 1991 nous rappelle en effet que la psychologie d'aujourd'hui est atteinte par deux révolutions : la révolution cognitive depuis le milieu des années cinquante et celle du contextualisme, fondamentale, seulement maintenant. Le savoir et la cognition y sont considérés comme contextualisés mais aussi distribués, transgressant les limites de l'individu. L'ambition de l'auteur est de proposer un recentrage de la révolution cognitiviste (dont il a été un des initiateurs) sur ce qui fut son fondement : "la construction de la signification"⁷.

L'idée que la signification ne relève nullement de l'information au sens informatique met, pour Bruner, définitivement hors jeu les théories considérant l'homme comme un des éléments du transfert de l'information dans un flux : il faut, dit-il, établir une rupture avec les paradigmes qui nécessitent d'artificialiser ce que nous étudions au point qu'il devient difficile d'y reconnaître une représentation de la vie humaine.

Il propose une analyse de l'évolution des idées au sein de la "révolution cognitiviste" : petit à petit, l'accent s'est déplacé de la signification à l'information et de la construction de la signification au traitement de l'information, sous l'influence de la métaphore de l'ordinateur devenue dominante. C'est à cette aune que l'on a fini par juger qu'un modèle théorique est valable, or l'information ne s'intéresse pas à la signification. En termes informatiques l'information contient un message précodé dans le système : le sens précède le message, il n'est pas produit par l'ordinateur et n'en relève nullement.

Le concept de computabilité a remplacé celui de signification, et on a identifié les processus cognitifs aux programmes que l'on fait tourner sur ordinateur. Les programmes complexes ont été pensés comme des esprits virtuels et les esprits réels comme comparables à ceux-ci. Les partisans du modèle Stimulus-Réponse s'y sont inscrits en remplaçant stimulus par entrée et sortie par réponse... Le nouveau paradigme ne laissait pas de place à l'esprit entendu comme intentionnalité d'états (croire, désirer, poursuivre un objectif, comprendre une signification) : la nouvelle science, anti-mentaliste, devait bannir l'intentionnalité. Une offensive simultanée se déroulait contre le concept d'agent qui implique que la conduite de l'action a lieu sous l'empire de l'intentionnalité.

Le problème central de la psychologie, pour Bruner, est donc la création d'une science de la signification et des processus par lesquels elle est créée et

⁷ Prévost (1994) qui considère que l'ouvrage de Bruner est un ouvrage majeur, en souligne le destin éditorial singulier : son auteur est J. Bruner patron de la psychologie cognitive américaine, du moins celle de la cote est et plus précisément de New York. Il enseigne à l'université de Harvard et à d'abord produit cet ouvrage en 1990 sous forme d'un rapport interne à cette université. Un éditeur français le fit traduire et le publia en 1991, et, à ce que croit savoir Prévost, c'est seulement à l'automne 1992 que l'université de Harvard le diffusa autrement que sous une forme confidentielle.

négociée. La signification et l'interprétation sont le fondement d'une psychologie qui ne s'intéresse pas au comportement mais à l'action sa contrepartie fondée sur l'intentionnalité, ou plus précisément à l'action située dans un ensemble culturel et dans les interactions réciproques des intentions des participants. Les outils humains matériels ou intellectuels participent de la culture, l'homme y trouve les moyens dont il a besoin pour dépasser et parfois redéfinir ses limites naturelles.

L'apprentissage du langage, outil symbolique, est d'ordre instrumental, et l'analyse des récits permet de dégager les catégories "naturellement" significatives de l'action pour l'homme : ils respectent, dans leur composition, les éléments identifiés par Burke : l'action d'un agent, pour atteindre un objectif, en faisant appel à des instruments, dans une scène qui impose certaines contraintes.

L'identification des instruments, matériels ou symboliques, comme participant de la culture rejoint les approches développées par nombre des auteurs précédents. Bruner inscrit les instruments dans les débats contemporains sur l'évolution de la psychologie. Ses choix le conduisent à placer au coeur de la psychologie les concepts de signification et d'homme comme agent (sujet) d'une action située et contextualisée.

Ces choix sont aussi ceux qui sous-tendent notre approche des activités avec instrument et nous allons voir qu'ils ne sont nullement arbitraires. Leur nécessité émerge aussi des enjeux et des difficultés auxquelles la psychologie est confrontée lorsqu'elle entend contribuer à la conception des machines (y compris les plus contemporaines), dès lors que ces machines doivent pouvoir constituer, pour les opérateurs, des moyens de travail.

L'évolution des idées en psychologie du travail et en ergonomie

Il s'agit là de préoccupations déjà anciennes en psychologie du travail et en ergonomie. Au milieu des années soixante, les recherches sur les activités intellectuelles dans le travail sur instruments se sont développées dans plusieurs secteurs nous rappellent Leplat et Pailhous (1973) : contrôle de la navigation aérienne (Leplat et Bissertet 1965), industrie chimique (Savoyant 1971), laminiers (Cuny et Deransart 1971) etc.

La situation de base, commune à ces différentes études, est celle où l'action de l'opérateur est médiatisée par un instrument-outil, machine ou dispositif de contrôle à distance, instrument qui transforme l'action, mais aussi les informations qui sont fournies au sujet pour cette action.

L'accent est mis de façon importante, dans ces travaux, sur la représentation des propriétés du dispositif, de l'artefact, par les opérateurs. Leplat et Pailhous soulignent la nécessité de distinguer soigneusement les dimensions relatives au fonctionnement de la machine (pour l'expert, l'opérateur etc.) de celles relatives à son utilisation, compte tenu des buts auxquels elle est destinée : "à faire de la définition des règles de fonctionnement un préalable à l'étude des règles d'utilisation, on risque d'engager cette dernière étude dans des voies périlleuses...on risquera d'aboutir à des règles qui auront une cohérence logique, mais n'auront rien à voir avec l'activité du sujet".

La distinction entre le plan de l'utilisation et celui du fonctionnement correspond effectivement à des modalités d'approche des instruments différenciables chez les utilisateurs comme le met en évidence Richard (1983) dans ses travaux sur les logiques de fonctionnement (centrées sur les processus à l'oeuvre dans la machine) et d'utilisation (centrées sur l'action et l'activité de l'utilisateur).

L'école de psychologie "soviétique" développait également au milieu des années soixante des préoccupations voisines (les travaux d'Ochanine 1966, 1978 en sont un exemple significatif) mettant en garde contre le réalisme naïf des ingénieurs et la nécessité de développement d'un point de vue anthropocentrique (bien que cette terminologie ne soit pas alors utilisée) selon lequel, c'est au modèle de la machine construit par l'opérateur en fonction de sa finalisation et de son activité, qu'il est nécessaire de s'intéresser.

Le sujet, sa finalisation, la signification que revêtent pour lui les situations d'actions qui sont considérées par Bruner comme devant être au coeur des recherches de la psychologie contemporaine, constituent donc, depuis bien longtemps, des préoccupations centrales pour les recherches en psychologie du travail et en ergonomie. Les évolutions des technologies et des systèmes de production n'ont fait que renforcer ces interrogations, tout en les orientant vers la prise en compte des formes spécifiques de complexité et des nouvelles potentialités instrumentales issues de ces évolutions.

Ainsi, Leplat (1991) souligne que la complexité du travail, accrue par le développement des technologies nouvelles, conduit à des accidents multiples qui mettent en évidence l'importance des dysfonctionnements des systèmes complexes auxquels les hommes sont associés. Le problème de la conception de systèmes d'aide au travail véritablement efficaces devient donc crucial.

L'auteur distingue deux tendances, polairement opposées, pour la conception de telles aides en relation avec des options différentes de répartition des fonctions entre l'homme et les automatismes :

- L'une des solutions est du type outil-prothèse, où l'outil prend la place de l'homme pour un certain nombre de tâches (mais l'on tend alors à sortir du cadre des situations à caractère instrumental) l'homme traitant les problèmes que l'automatisme ne sait pas traiter ;

- l'autre solution est celle de la collaboration entre un opérateur certes compétent mais disposant de ressources limitées, et ce que Leplat appelle un outil-instrument.

Il généralise ainsi les analyses de Roth, Bennet & Woods (1987) qui développent, à propos des outils cognitifs issus de l'intelligence artificielle, cette même distinction entre prothèses et instruments :

- les systèmes de type prothèses sont conçus comme des moyens de pallier des déficiences humaines. Dans ce paradigme l'accent est mis davantage sur la construction du système que sur son usage et l'homme est pour l'essentiel en position d'interface entre la machine et son environnement. Le contrôle est assuré par la partie machine du système homme-machine, l'homme étant chargé de

fournir les données au système expert, de prendre en compte et de mettre en oeuvre les solutions qu'il propose ;

- les systèmes conçus comme des instruments sont conçus comme des moyens permettant à des utilisateurs compétents de réaliser des tâches. Dans ce paradigme, les compétences des sujets à la construction et à l'utilisation des outils sont considérées comme des ressources pour l'atteinte des buts ; et, contrairement à la perspective prothèse, l'utilisateur a un rôle actif. Le point de vue instrumental sur les outils cognitif conduit à utiliser les technologies informatiques, non comme des moyens de production ou de recommandation de solutions, mais pour aider l'utilisateur à produire ses propres décisions.

La relation entre la machine, l'ordinateur et l'homme tend à devenir, comme l'ont souligné de nombreux auteurs, une relation de coopération, de collaboration (Woods 1986, Woods, Roth, & Bennet 1990, Bainbridge 1991).

Cependant la conception de tels instruments d'aides coopératifs est extrêmement exigeante aussi bien au plan de l'analyse des systèmes qu'à celui de l'activité des opérateurs impliqués. Des exigences dont l'ampleur et la difficulté semblent avoir été longtemps passablement sous-estimées, même si les interrogations actuelles, notamment dans le champ de recherche sur les interactions homme-ordinateur, témoignent d'un renouvellement et d'un recentrage des problématiques.

C'est ainsi que l'idée de systèmes d'aides orientés vers l'assistance à l'activité de diagnostic et d'élaboration de solutions tend à se développer (Falzon 1989). De tels systèmes ne visent plus à fournir à l'opérateur une réponse, (voire la meilleure réponse possible par une sorte d'analogie avec le "one best way" taylorien), mais à aider l'opérateur dans sa propre activité d'analyse. Le système est associé par l'opérateur à son activité dans une relation de collaboration. Ce type de choix de conception est clairement anthropocentrique : c'est l'homme et son activité qui sont placés au coeur du dispositif qui est d'emblée conçu pour y être associé. Il s'inscrit dans le paradigme instrumental caractérisé par Roth, Bennet & Woods (1987).

La nécessité d'une refondation de la psychologie pour permettre une véritable contribution à la conception des systèmes techniques

C'est également dans une perspective de réflexion critique sur la contribution de la psychologie à la conception dans le champ des interactions homme-ordinateur, que s'est tenu, au mois de juin 1989, dans un hôtel de New-York, un important séminaire auquel participaient nombre des leaders de la recherche dans le domaine. L'accord se fit entre les participants sur le constat d'un profond fossé entre la psychologie et le domaine des HCI ⁸. La conclusion, exprimée dans le Kittle House Manifesto, est la nécessité d'une refondation de la psychologie (Caroll 1991b) : dans les années soixante-dix les psychologues ont appliqué les méthodes de laboratoire avec des succès modestes, dans les années quatre-vingts ils ont appliqué les théories du traitement de l'information avec des résultats faibles.

Les critiques portent, d'une part, sur la capacité de la psychologie des HCI à rendre compte de façon pertinente de l'activité des utilisateurs et des concepteurs eux-mêmes, d'autre part sur l'insuffisance de ses propositions en direction des concepteurs et des designers.

Le paradigme "Human Factors" est critiqué pour la place faite à la psychologie, à savoir essentiellement l'évaluation *a-posteriori* d'un système déjà conçu, évaluation considérée comme sans grande utilité pour la conception parce que peu productrice en propositions d'amélioration qui de plus interviennent souvent trop tard.

Les méthodes basées sur les fréquences d'erreur et les temps de performances sont considérées comme apportant peu d'éléments capables de nourrir le design : beaucoup des théories ne peuvent être utilisées que pour modéliser des phénomènes très étroits.

La métaphore de l'ordinateur est fortement discutée : les utilisateurs ne reconnaissent pas leur propre travail dans les descriptions de tâches en termes de traitement de l'information et ces analyses sont considérées comme étant souvent trop pauvres pour aider la conception.

Bannon et Bodker (1991) dans un texte de ce même ouvrage développent particulièrement cette question de la signification. Les positions du cognitivisme classique et de son approche expérimentale sont critiquées sur cette base : les analyses concernent des individus sans référence à leur culture, leur histoire, les problèmes sont définis et évalués par l'expérimentateur et posés dans un environnement non familier, la véritable nature de la tâche, le comportement attendu ne sont souvent pas clairs pour les sujets et la question de la signification pour le sujet n'est que rarement explorée, la performance est évaluée par rapport à des normes de rationalité externes au sujet et caractérisée en terme d'écart à ces normes.

⁸ HCI : abréviation de "Human Computer Interaction".

Ces auteurs considèrent d'autre part que les recherches dans le domaine des HCI négligent actuellement des faits essentiels : les aspects développementaux relatifs à la fois aux outils et aux compétences des utilisateurs. Les analyses d'acquisitions d'habiletés portant uniquement sur les premières heures d'utilisation sont, pour cette raison, mises en cause et une approche du développement à long terme des habiletés et compétences est préconisée.

Enfin, selon le manifeste, les aides au design fondées sur la psychologie du traitement de l'information (guides, prescriptions...) sous-estiment gravement la complexité du processus de conception. Sous l'influence de Simon elles l'ont traité comme décomposable partiellement de façon hiérarchique ce qui a entraîné une vision distordue de ce processus. Les modèles et guides fondés sur une appréhension de la conception en termes de résolution de problèmes sont considérés comme peu pertinents car non cohérents avec les mécanismes réels de conception (les solutions possibles ne sont pas énumérables a-priori, la décomposition en sous-problèmes ne fait pas progresser dans la solution du problème global, les solutions partielles et provisoires n'interviennent pas dans la solution finale mais jouent un rôle important dans la spécification de l'espace de conception du design final, le processus de conception inclut la découverte de nouveaux buts). La psychologie doit donc avoir pour objectif de comprendre les processus de design réels.

D'une façon générale, pour le manifeste, la psychologie des HCI doit être plus riche méthodologiquement et conceptuellement, à la fois plus diverse et plus spécialisée.

Le développement des théories de l'action, de l'activité, de la description des tâches et du point de vue sur les artefacts comme objets psychologiques sont considérés comme un ensemble d'outils intellectuels sans précédent dans cette perspective, et plusieurs auteurs de l'ouvrage recommandent l'incorporation de méthodes et concepts des approches développementales dans la psychologie des HCI.

La relation aux artefacts et aux techniques : un problème central pour la psychologie

Cette psychologie renouvelée dont le Kittle House manifesto appelle l'émergence, à laquelle, par ailleurs il contribue, doit traiter, comme un des problèmes centraux, les relations aux artefacts. Ces relations devant être explorées selon deux axes, correspondant à deux formes d'activités humaines :

- les activités de conception : il est nécessaire de mieux comprendre les mécanismes et les processus par lesquels se conçoivent les artefacts pour fournir des aides réelles aux concepteurs. Assister l'activité de conception suppose que les aides proposées soient en cohérence avec cette activité, puissent s'y insérer, plutôt que l'entraver voire y faire obstacle ;

- les activités d'usage, d'utilisation : il est nécessaire d'analyser et de comprendre ce que sont ces activités, du point de vue des utilisateurs eux-mêmes, leurs modalités et leurs significations qui s'inscrivent dans des situations sociales et des contextes dont il faut respecter la singularité et la complexité.

La compréhension par la psychologie des processus à l'oeuvre dans le champ de l'utilisation (principe de spécificité) et dans celui de la conception (principe d'applicabilité), est donc, aux yeux des auteurs, cruciale pour la constitution d'une science contextualisée, nécessaire à la conception. Le respect de la singularité, de la complexité et de la signification du contexte est en effet considéré comme une condition d'application de la psychologie, et plus largement de toute science.

La signification du résultat de l'usage des instruments, mais aussi des instruments eux-mêmes, en référence à l'action, l'activité est également une dimension essentielle pour Bannon & Bodker (1991) qui, dans le même ouvrage, après une discussion des modèles traditionnels des HCI, présentent un cadre théorique alternatif autour de l'activité et des usages réels des artefacts dans des situations de travail ⁹. Ils proposent de ne pas considérer les ordinateurs en tant qu'objets, mais en tant qu'outils, instruments et définissent les points essentiels d'une telle approche :

- les artefacts existent dans l'activité et sont constamment transformés par l'activité ;
- les artefacts ne doivent pas être analysés en tant que choses mais dans la façon dont ils médiatisent l'usage, l'étude de la médiation est donc essentielle pour les HCI ;
- les artefacts ne sont pas seulement des moyens individuels, ils sont porteurs de partage et division du travail ;
- ils ont une signification incorporée dans une pratique sociale.

L'articulation entre la conception des artefacts, des tâches et du travail est, aussi, au coeur des interrogations de Greif (1991) pour qui la conception des machines doit être insérée dans la conception d'ensemble du travail. Les activités de travail se constituent à travers la conception des tâches et des outils réels.

Une approche en termes d'instruments est également proposée par Payne (1991) qui se réfère à Vygotsky et Bruner : le point fondamental, pour lui, est que la pensée est mise en forme par les outils. Il préconise d'analyser la façon dont les artefacts structurent la tâche, à la fois en posant de nouveaux problèmes (artefacts-

⁹ La question de la signification est placée au coeur du problème du renouvellement nécessaire d'une psychologie qui vise à rendre compte des interactions de hommes avec les artefacts et plus généralement de l'appropriation des techniques. Les recherches dans le domaine de la psychologie culturelle s'orientent, on pourrait dire naturellement, dans ce sens. Le discours de Bruner dans ce sens n'est nullement isolé. Ainsi, pour Cole (1989) qui présente une vue d'ensemble de la naissance, la mort et la renaissance actuelle de l'intérêt pour la culture des artefacts, la psychologie culturelle est bâtie sur deux thèses majeures: les habiletés humaines à la création d'artefacts; et les habiletés correspondantes de transmission des connaissances ainsi accumulées aux générations suivantes. Ces thèses rejoignent, pensons-nous, des interrogations anciennes sur la différenciation de l'homme et de l'animal (avec tous les travaux menés de ce point de vue en utilisant l'outil comme critère de différenciation) et celles des théories de l'excentration de la nature humaine et de la transmission externe des acquis de l'espèce (thème important de la psychologie soviétique).

centered problems) et, en apportant de nouvelles ressources pour la réalisation de la tâche mais aussi pour dépasser ces nouveaux problèmes.

De la même façon, Kuutti (1992) développe un point de vue instrumental à partir de la théorie de l'activité qui, pour l'auteur, apporte aux HCI une nouvelle vision par rapport au point de vue standard des sciences cognitives (la communication entre deux processeurs d'information) : il ne s'agit plus d'un utilisateur interagissant avec un ordinateur, mais d'un sujet actif utilisant une application comme un instrument pour manipuler des objets de telle sorte que le résultat de la manipulation soit, pour lui, chargé de significations dans le contexte de l'activité.

Norman 1988 dont beaucoup de travaux ont porté sur la psychologie des activités de la vie quotidienne (1988) mais aussi sur les conséquences à en tirer dans une perspective de conception (Norman et Draper 1986) se tourne aussi vers des approches de l'activité issues de l'école soviétique (Vygotsky 1978, Luria 1979, Léontiev 1981) et des travaux qui s'en inspirent (Wertsch 1985b).

Dans un texte de 1991, il met en évidence le rôle de la psychologie soviétique dans ce domaine, son oubli et même son refoulement sous le béhaviorisme ainsi que la renaissance actuelle des problématiques qui s'en inspirent.

L'auteur distingue deux points de vue : "the system view" et "the personal view" :

- le point de vue système est celui de l'observateur extérieur qui examine comment l'ensemble homme-artefact accomplit la tâche. C'est le classique point de vue système homme-machine où le système est considéré par rapport à une centration sur le processus ;

- le "personal view" repose sur l'analyse des modifications apportées par l'usage d'un artefact : ce qui est transformé dans la tâche, ce qui doit être appris, les procédures qui doivent être abandonnées. Ce point de vue vise à analyser aussi bien les aspects liés aux tâches que ceux liés à l'activité.

Norman s'intéresse aux effets des artefacts sur l'activité. Il distingue plusieurs dimensions d'influence en termes de distribution des actions dans le temps (précomputation), distribution des actions entre les personnes (cognition distribuée), changement des actions requises des individus pour accomplir l'activité. Il considère que la construction de typologies d'artefacts est une tâche importante pour la psychologie, et propose de distinguer les artefacts passifs tels que les livres de ceux qui sont actifs comme les ordinateurs.

L'approche instrumentale se situe dans une perspective de type "personal view", et, comme Norman, nous pensons qu'il faut analyser l'influence de l'objet sur la recomposition des tâches, l'apparition de nouvelles tâches et la disparition d'anciennes. Il analyse, par exemple, le problème des checklists pour montrer que leur usage est en lui-même une tâche qui introduit trois nouvelles tâches : construire la liste, se souvenir de la consulter, lire et interpréter les items de la liste.

Mais nous pensons nécessaire d'aller au-delà d'une approche en termes de tâche, vers des analyses fondées sur l'hypothèse de recomposition complète de l'activité dans la perspective ouverte par Vygotsky avec le concept d'acte instrumental. Les résultats que nous avons obtenus dans le domaine de la robotique (Rabardel 1990, Rabardel1991a, Rabardel1993b) vont dans le sens de ces hypothèses étendues : c'est la conception même du monde sur lequel on agit via l'instrument qui est transformée. De même en conception assistée par ordinateur (Rabardel & Beguin 1993 Beguin1994) nous mettons en évidence l'apparition d'une gestion spécifique des objets de l'activité en tant que matière d'oeuvre en fonction d'une anticipation des productions futures et des instruments qui seront alors disponibles.

Nous avons vu que l'idée de la nécessité d'un questionnement psychologique spécifique des modalités et caractéristiques des relations des hommes aux artefacts est largement partagée, aussi bien dans le domaine de la vie quotidienne que dans celui du travail avec des instruments tels que les ordinateurs. La nécessité de ce questionnement psychologique émerge également pour les activités en relation avec les systèmes techniques complexes.

Norros (1991) explicite, par exemple, les caractéristiques des technologies FMS (flexible manufacturing system) :

- Il s'agit de technologies à caractère systémique, évolutives et dont la mise en place est progressive et complexe. le processus de conception se poursuit pendant l'usage du système, non seulement du côté des méthodes de travail des opérateurs mais aussi du côté des solutions techniques et des structures organisationnelles, d'où la nécessité, pense l'auteur, d'un processus de conception participatif;

- des activités nouvelles sont requises par les caractéristiques nouvelles des outils, en particulier la médiatisation dans la double perspective d'un éloignement sensoriel de l'opérateur mais aussi d'une visibilité donnée à des caractéristiques, propriétés, états du système naturellement invisibles ;

- le rôle respectif des connaissances explicites et tacites est modifié du fait du caractère incertain des situations qui demande diagnostic et décision pour l'action.

Mais nous sommes là aux limites de l'approche instrumentale, du moins aux limites que nous souhaitons lui donner dans cet ouvrage. La question de la nature des instruments et des formes de l'activité qui y sont liées dans les situations de surveillance de processus et de contrôle d'environnement dynamique est naturellement tout à fait importante. Mais nos propres travaux dans ce domaine sont aujourd'hui trop limités pour que nous prenions le risque de généralisations qui pourraient être hasardeuses.

Orientations pour la caractérisation et l'analyse des activités avec instruments

Il apparaît, au terme de ce parcours de la littérature que, même dans le domaine de la sensori-motricité où les activités avec instruments ont été le plus étudiées, un travail empirique et théorique considérable reste à faire. Au-delà, nous

pensons qu'il faut étudier les formes supérieures des activités avec instruments, dans leur filiation avec la sensori-motricité, mais aussi dans l'originalité de leurs formes propres.

Il s'agit non seulement des instruments psychologiques ¹⁰, mais aussi des instruments issus des technologies et des modes de production contemporains, qui permettent et conditionnent l'action, l'activité orientées vers le monde des objets.

Un tel projet s'enracine naturellement dans les domaines d'activité humaine qui sont directement concernés par les activités avec instrument : le travail en première instance, lieu privilégié des usages complexes mais aussi normés ; l'éducation et la formation où s'élaborent beaucoup des compétences instrumentales mais aussi se construisent des instruments psychologiques fondamentaux ; la vie quotidienne enfin, lieu des usages multipliés et reproduits jour après jour, mais aussi diversifiés au fil, et même au hasard des rencontres.

Cette orientation de recherche psychologique ne pourra réellement se développer que si elle respecte la complexité, la variabilité, la diversité et la singularité des situations réelles de la vie sociale. C'est à cela qu'appellent, sous des formes diverses la plupart des auteurs auxquels nous nous sommes référés, c'est le sens profond du renouveau contextualiste auquel la psychologie est désormais confrontée de façon vitale.

Le travail, la formation, la vie quotidienne ne peuvent être considérés comme les lieux d'application d'une psychologie universalisante et asociale qui y injecterait des données dites fondamentales aux fins d'application. Ce sont les limitations de cette perspective et de ce projet qui conduisent, par exemple, aujourd'hui aux appels à une refondation de la psychologie des HCI. Travail, vie quotidienne et formation sont les lieux où doit s'élaborer une psychologie soucieuse de rendre compte des activités psychiques dans leur spécificité et leur diversité proprement humaine, et ainsi, parce qu'en rendant compte, productrice de résultats effectivement réinvestissables pour la transformation des situations où s'inscrit la vie des hommes.

¹⁰ Au sens où l'entend Vygotsky : ils permettent d'agir sur soi-même ou sur autrui. Nous reviendrons sur cette notion dans un prochain chapitre.

DEUXIÈME PARTIE : LA NOTION D'INSTRUMENT

L'objectif de cette seconde partie est de développer un cadre théorique d'ensemble pour l'analyse et la conceptualisation des activités avec instrument. L'élaboration d'un tel cadre passe par une définition psychologique de la notion d'instrument. Ce sera l'objet du chapitre 3 qui nous conduira vers une conception de l'instrument considéré comme une entité mixte formé d'un artefact et d'un schéma.

Nous examinerons ensuite dans le chapitre 4 les genèses instrumentales, c'est-à-dire l'élaboration de ses instruments par le sujet. Enfin, dans le chapitre 5, nous analyserons les effets de l'utilisation de l'instrument sur l'activité du sujet et proposerons un ensemble de concepts permettant de les caractériser et d'en rendre compte : activité requise, ouverture du champ des possibles, transparence opérative.

CHAPITRE 3 : PREMIÈRE APPROCHE DE LA NOTION D'INSTRUMENT

Dans une première partie de ce chapitre, nous nous proposerons, à partir d'un examen de différentes approches des objets et systèmes techniques, de les considérer en tant qu'artefacts. Nous caractériserons ensuite le rapport instrumental à l'artefact comme un des types de rapport possible aux artefacts. Dans une troisième partie nous caractériserons les situations d'activité avec instrument et proposerons une modélisation triadique de cette classe de situation. Nous examinerons ensuite les différentes conceptions de l'instrument dans la littérature psychologique puis, nous en présenterons une synthèse.

objet technique, objet matériel fabriqué, artefact

Dans un article fort célèbre : "la technologie science humaine" Haudricourt soulignait, en 1964, la possibilité d'une multiplicité de regards sur un objet technique : "Voici une table. Elle peut être étudiée du point de vue mathématique, elle a une surface, un volume ; du point de vue physique, on peut étudier son poids, sa densité, sa résistance à la pression du point de vue des sciences humaines, l'origine et la fonction de la table pour les hommes".

A cette multiplicité des regards possibles correspondent, en fait, des enjeux d'analyse différents comme l'explique Bibard (1991). Les objets techniques peuvent être décrits comme appartenant à des systèmes techniques dans lesquels ils s'insèrent (c'est l'approche de la sociologie de l'innovation), comme inclus dans des filières techniques qui les dépassent (approche de B. Gilles), comme formant partie de systèmes sociotechniques contraignants pour les hommes (point de vue principalement économique). L'auteur s'engage, lui, dans une analyse visant l'explicitation de ce qui est contenu dans les choses, de ce qui y est inscrit pour qu'elles soient utilisables et utiles, qui en définit la cohérence et les relations avec ce qui les entoure.

Un projet qui n'est pas sans lien avec l'option de Simondon, un des philosophes de ce temps qui a le plus réfléchi à la technique. Constatant, en 1968, que la culture s'est constituée en système de défense contre les techniques, il souhaitait montrer qu'elle ignore ainsi dans la réalité technique une réalité humaine.

Il a défini l'objet technique comme une tierce réalité, médiation réversible entre l'homme et le monde, un paradigme du rapport entre vivant et milieu. Pour lui, le sens de l'objet technique est son fonctionnement. L'étude de l'invention introduit une compréhension de l'essence interne de l'objet comme réalité présentant une cohérence propre. Tandis que l'étude biologique le fait apparaître comme un pont fonctionnel entre réalités hétérogènes : organisme et milieu. Une technologie comparée, étudiant les objets techniques, doit donc porter simultanément sur leur dimension fonctionnalité (ordonnant les différents moyens en fonction de leur utilité) et leur perfection interne en tant qu'êtres techniques.

Pour Simondon les activités techniques, au niveau le plus élémentaire, apparaissent essentiellement comme médiation fonctionnellement utile, mais au niveau supérieur, ce sont les critères de perfection intrinsèque qui l'emportent. Le sens de l'évolution des objets techniques est celui d'un affranchissement progressif des opérateurs comme source d'énergie (machine outil) puis d'information (machine complète), jusqu'aux réseaux par lesquels le monde qui devient un milieu technicisé avec lequel l'opérateur est en contact par les interfaces.

Cette approche est à l'origine de multiples travaux, en particulier en ce qui concerne les lignées de la génétique technique (Deforge 1981). Mais elle correspond à un point de vue intimement technocentrique où, ce qui est valorisé, c'est la perfection interne de l'objet technique qui atteint au statut d'être, d'individu technique. Il s'agit d'un point de vue intrinsèque à l'objet technique conçu comme un être en marche vers l'autonomie, c'est-à-dire vers l'affranchissement de l'opérateur.

Les activités d'usage de l'objet ont, pour l'auteur, un "statut de minorité", tandis que c'est le rapport de l'ingénieur, du concepteur à l'objet qui a un "statut de majorité". Ces dénominations n'ont certes pour l'auteur pas d'intention péjorative : il pense que le rapport adéquat à la technique est celui d'une voie moyenne entre le statut de minorité et celui de majorité, mais elles le conduiront, irrésistiblement et peut-être malgré lui, à ne donner qu'un statut effectivement mineur aux activités d'usage, c'est-à-dire aux activités des hommes eux-mêmes lorsqu'ils entretiennent un rapport instrumental à l'objet.

Comme le souligne Bernoux (1991), l'accent mis sur l'opposition minorité-majorité conduit à l'idée que la pratique de l'utilisateur n'amène rien à la connaissance de l'objet technique. Il nous semble même qu'elle conduit à un refoulement de l'activité d'usage, notamment du travail. Ainsi, pour Simondon, l'objet technique a été appréhendé à travers le travail en tant qu'instrument, adjuvant ou produit, et il pense souhaitable d'opérer un retournement qui permettrait à ce qu'il y a d'humain dans l'objet technique d'apparaître sans passer à travers la relation de travail.

Les conséquences de cette conception seront plus importantes encore chez ceux qui, partant de la pensée de Simondon, n'auront plus qu'une interprétation totalement unilatérale de l'objet technique dont les usages ne seront plus envisagés que sous la forme des anticipations des concepteurs. Bien d'autres auteurs que Simondon, ont comme lui, contribué parfois à leur corps défendant, à ce que la notion d'objet technique soit ainsi de façon dominante associée à un point de vue technocentrique.

C'est là une situation problématique, qui rend difficile l'examen de l'objet technique à partir d'autres points de vue que le point de vue technique lui-même. C'est pourquoi nous avons substitué au terme d'objet technique celui d'Objet Matériel Fabriqué (OMF). Le terme "objet technique" désigne alors un objet matériel fabriqué considéré sous un point de vue technique de même que le terme "produit" désigne ce même objet en tant que chose à concevoir, fabriquer ou vendre ; celui "d'instrument" L'objet en usage etc. les

différents termes renvoient ainsi à des types de rapports particuliers, spécifiés à l'objet matériel fabriqué (Rabardel 1984, Léonard & Rabardel 1984, Rabardel & Vérillon 1985).

La fonction du terme "objet matériel fabriqué" était de permettre une dénomination la plus neutre possible, n'anticipant pas sur le point de vue d'analyse qui sera ensuite problématisé. Cette démarche nous paraît, aujourd'hui, peut-être plus encore essentielle compte tenu des enjeux identifiés autour des conceptions technocentriques et anthropocentriques. Mais le terme objet matériel fabriqué, périphrase trop lourde, nous semble maintenant devoir être remplacé par celui d'artefact qui lui est presque synonyme et dont l'usage s'est assez largement répandu, en particulier dans le champ des sciences humaines (cf. par exemple de nombreux chapitres de l'ouvrage collectif Perrin 1991 a).

La notion d'artefact désigne en anthropologie toute chose ayant subi une transformation, même minime, d'origine humaine, elle est donc compatible avec un point de vue anthropocentrique, sans spécifier celui-ci plus avant. Elle présente, d'autre part, l'avantage de ne pas restreindre la signification aux choses matérielles (du monde physique) en comprenant sans difficulté les systèmes symboliques qui peuvent aussi être des instruments. Elle est enfin voisine du terme anglo-saxon et se prête ainsi mieux à la communication.

C'est donc le terme d'artefact que nous utiliserons désormais dans une optique de désignation "neutre" ne spécifiant pas un type de rapport particulier à l'objet. Cependant nous lui donnerons un contenu plus précis que celui de "chose ayant subi une transformation d'origine humaine". En effet, ce qui nous intéresse, c'est la chose susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités finalisées.

La finalisation est constitutive de la conception de l'artefact, ou du moins de la classe d'artefacts à laquelle réfèrent nos travaux. En effet, ainsi que nous l'écrivions à propos de l'OMF (Rabardel, Vérillon 1985), c'est sa finalisation qui est à l'origine de son existence. Chaque artefact a été conçu pour produire une classe d'effets, et sa mise en oeuvre, dans les conditions prévues par les concepteurs, permet d'actualiser ces effets¹¹. Autrement dit, à chaque artefact correspondent des possibilités de transformations des objets de l'activité, qui ont été anticipées, délibérément recherchées et qui sont susceptibles de s'actualiser dans l'usage. En ce sens l'artefact (qu'il soit matériel ou non) concrétise une solution à un problème ou à une classe de problèmes socialement posés.

Les artefacts ont donc d'emblée, le plus souvent, un statut social, qui tout à la fois excède celui que le sujet lui donnera en l'associant à son action et en même temps reste souvent en deçà des propriétés attribuées ou réellement exploitées par le sujet. La finalisation de l'artefact lui confère des caractéristiques particulières, anticipant notamment les usages sur le double plan des objets du réel sur lesquels il est possible d'agir avec, à l'aide de l'artefact, et des activités et modalités d'action.

Enfin nous utiliserons le terme d'instrument pour désigner l'artefact en situation, inscrit dans un usage, dans un rapport instrumental à l'action du sujet, en tant que moyen de celle-ci. Ce n'est là qu'une première définition correspondant à une approche minimale de la notion psychologique d'instrument qui correspondra à l'un des usages, le plus faible, que nous aurons de la notion d'instrument.

¹¹ L'effet recherché peut d'ailleurs être l'interdiction d'un type d'action ou de transformation. C'est le cas par exemple des dispositifs de sécurité.

machines et instruments : une question de points de vue

Les artefacts, en usage au sein du système de production et de l'activité, souvent appelés machines ¹², peuvent être appréhendés sous plusieurs points de vue ayant chacun leur propre pertinence.

L'artefact en tant que système technique

Une première approche porte sur l'artefact comme système technique ayant ses spécificités et considéré indépendamment des hommes. Telle est, par exemple l'approche que Lafitte (1932) propose des machines, ces corps organisés par l'homme et formant, dans l'ensemble de la nature une sorte de règne, analogue par sa richesse, par sa variété, par les singularités de son prodigieux développement, comme par l'imprécision de ses contours, aux autres règnes imaginés par nous jusqu'ici. Une telle perspective qui fut également pour une part celle de Simondon, ne concerne guère une approche psychologique du rapport aux artefacts. Elle est l'équivalent du regard de l'entomologiste sur la fourmi : l'artefact est une chose à connaître, un objet de connaissance.

Pourtant la centration sur l'artefact comme structure et système fonctionnant obéissant à des règles et des contraintes spécifiques concerne également l'homme en activité dans son rapport aux machines.

C'est le cas pour les concepteurs dont l'objectif est d'aboutir à un artefact effectivement fonctionnant, opérationnel et accomplissant les fonctions recherchées. La machine est avant tout, selon la formule imagée de Coutouzis et Latour (1986), comme son nom l'indique, une machination, un stratagème, une ruse, où des forces enrôlées se contrôlent les unes les autres de telle sorte qu'aucune d'elles ne peut se détacher de l'ensemble. L'habileté de l'ingénieur consiste à multiplier les astuces qui font que chaque élément est intéressé au fonctionnement des autres. Dans cette perspective, la logique de fonctionnement du système est appréhendée en référence à la logique de conception.

C'est le cas également pour les hommes engagés dans l'action : les artefacts en usage, même s'ils ne les ont pas eux-mêmes créés, peuvent être pour eux des systèmes fonctionnant selon leurs lois et contraintes propres, fonctionnement dont ils doivent tenir compte dans l'usage qu'ils en font. L'automobiliste tient compte, par exemple, des contraintes liées au fonctionnement en surveillant la température de son moteur, le gonflage des pneus, etc.

Mais le maintien en condition fonctionnelle peut être plus qu'une tâche seconde (quoique nécessaire) comme pour notre automobiliste. Ce peut être l'objet même du travail comme c'est le cas pour les opérateurs chargés de la maintenance mais aussi d'une certaine façon ceux chargés de la surveillance d'installations automatisées et des grands processus. Il s'agit là de maintenir le fonctionnement du système d'ensemble dans des limites acceptables. L'artefact constitue pour le sujet un objet à connaître, mais à connaître pour pouvoir le gérer afin que son fonctionnement réponde à des critères prescrits ou simplement attendus. C'est dans ce rapport, la **logique de fonctionnement**, selon la formule de Richard (1983), qui est organisatrice du rapport à l'artefact.

¹² Nous utilisons dans cette section comme synonyme d'artefact, le terme de machine, largement employé dans la littérature technologique, lorsque les auteurs en font eux-mêmes usage.

L'artefact du point de vue de ses fonctions

Le rapport aux artefacts en usage peut, par ailleurs, se situer sur une seconde dimension. Il peut-être centré sur les évolutions, les changements d'états des objets (matériels ou non) qui sont traités par le système et sur lesquels le système agit. La centration porte moins sur l'artefact comme système fonctionnant que sur l'artefact produisant des transformations du produit traité, matière ou information, sur le processus de ces transformations, sur les états successifs, les flux etc.

L'artefact est ainsi appréhendé du point de vue de ses fonctions, de ce qu'il produit, c'est-à-dire du point de vue de ce qui arrive aux objets, aux choses à la transformation desquelles il contribue en tant que sous-ensemble d'un système plus vaste telle qu'une unité de production ou une entreprise. Ce sous ensemble peut lui-même être considéré en tant que système mixte homme-machine producteur des transformations ¹³.

Dans cette perspective, c'est la **logique du processus de transformation des choses** qui est organisatrice du point de vue selon lequel est appréhendé le rapport de l'homme à la machine.

L'artefact moyen d'action

Enfin un troisième type de rapport de l'homme aux artefacts en usage est le rapport instrumental. L'artefact prend place dans une activité finalisée du point de vue de celui qui l'utilise, il a alors un statut de moyen d'action pour le sujet, un moyen qu'il se donne pour opérer sur un objet (ou qui lui est donné, dans le cadre du travail par exemple). Ici le rapport à l'artefact est appréhendé du point de vue du sujet, de son activité et de son action. Dans cette perspective c'est la **logique de l'activité et de l'utilisation** (pour reprendre là encore la terminologie de Richard) qui est organisatrice de l'approche du rapport instrumental de l'homme à l'artefact.

Des logiques complémentaires : fonctionnement, utilisation, processus

Naturellement le rapport instrumental n'est nullement exclusif des autres types de rapports aux artefacts en usage. Ils sont même très souvent complémentaires au rapport instrumental voire intégrés dans celui-ci : il est fréquemment nécessaire que le sujet gère le maintien en condition fonctionnelle de l'artefact (logique de fonctionnement) comme le processus de transformation des objets (logique de processus) pour que l'artefact soit un moyen effectif de son action (logique d'utilisation, rapport instrumental).

Prenons un exemple dans le domaine de l'extrusion plastique. L'opérateur conduit une machine qui permet de fabriquer du film plastique dont l'épaisseur doit être constante à quelques microns près. Il est notamment responsable de la qualité du film. La matière plastique arrive sous forme de granulés, est fondue dans un four puis extrudée sous forme de film. Constatant une irrégularité d'épaisseur, l'opérateur fait l'hypothèse que le filtre destiné à homogénéiser la matière en fusion est partiellement colmaté (logique de fonctionnement) ce qui entraîne un débit de matière insuffisant source des irrégularités dans le produit (logique du processus de transformation des choses). Il augmente la

¹³ C'est, par exemple, cette dernière option qui sous-tend l'affirmation de Coutouzis et Latour selon laquelle les acteurs de tels systèmes peuvent être librement choisis parmi les humains ou les non humains.

température du four (logique d'utilisation) afin de rendre la matière plus fluide et de rétablir ainsi la qualité du produit.

Cet exemple montre bien que l'utilisation instrumentale de la machine par l'opérateur (c'est-à-dire comme moyen de son action) pour atteindre les objectifs de qualité peut passer par une prise en compte de la logique de fonctionnement comme de la logique de transformation des choses. Mais il montre aussi que ce n'est pas la machine dans son ensemble qui a constitué l'instrument de l'opérateur mais seulement une fraction de celle-ci : les réglages de température du four. L'instrument n'est donc pas un en-soi, donné une fois pour toutes, qui serait superposable à la machine elle-même. Il est le produit d'un choix de l'opérateur qui associe la machine, l'artefact, ou le plus souvent un sous-ensemble de celui-ci à son action.

CHAPITRE 4 : LA TRIADE CARACTÉRISTIQUE DES SITUATIONS D'ACTIVITÉ AVEC INSTRUMENT

Malgré les différences importantes entre les conceptions des artefacts, des instruments, la plupart des auteurs évoqués distinguent cependant explicitement (ou parfois implicitement) trois pôles engagés dans les situations d'utilisation d'un instrument :

- **le sujet** (utilisateur, opérateur, travailleur, agent...) ;
- **l'instrument** (l'outil, la machine, le système, l'ustensile, le produit ...) ;
- **l'objet** vers lequel l'action à l'aide de l'instrument est dirigée (matière, réel, objet de l'activité, du travail, autre sujet...).

Nous verrons que la signification de chacun des pôles varie sensiblement selon les auteurs et le point de vue qui sous-tend leur système d'interprétation. Mais il n'en reste pas moins que le principe qui consiste à situer l'artefact en une position à la fois intermédiaire et médiatrice entre sujet et objet, semble apparaître comme une option de caractère très général. Nous avons montré par ailleurs (Rabardel 1993 a) que même lorsque les auteurs ne s'y réfèrent pas explicitement, une analyse fine des travaux permet souvent d'en retrouver les différents pôles.

C'est pourquoi nous avons proposé le modèle S.A.I. pour caractériser les classes de Situations d'Activités Instrumentées (Rabardel & Vérillon, 1985). Cette modélisation triadique (fig. 4) fait apparaître la multiplicité et la complexité des relations et des interactions entre les différents pôles, sans commune mesure avec les modélisations bipolaires habituelles de situations d'interaction sujet-objet. En effet, au-delà des interactions directes sujet-objet (S-Od), de multiples autres interactions doivent être considérées : les interactions entre le sujet et l'instrument (S-I), les interactions entre l'instrument et l'objet sur lequel il permet d'agir (I-O), et enfin les interactions sujet-objet médiatisées par l'instrument (S-Om). De plus, cet ensemble est plongé dans un environnement constitué par l'ensemble des conditions dont le sujet doit tenir compte dans son activité finalisée. Chacun des pôles et chacune des interactions que nous venons d'examiner sont eux-mêmes susceptibles d'être en interaction avec l'environnement ainsi défini.

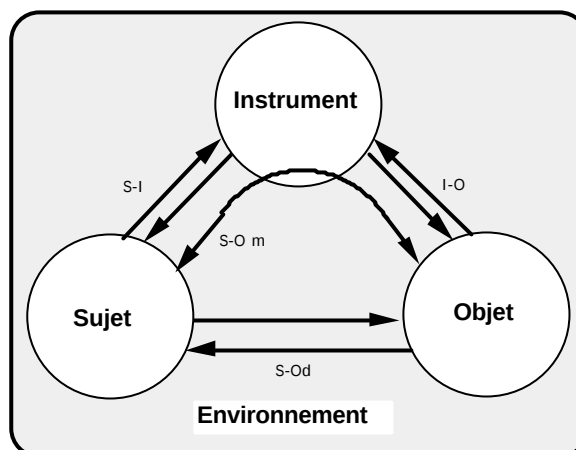


Figure 4

Modèle S.A.I. : la triade caractéristique des Situations d'Activités Instrumentées (d'après Rabardel & Vérillon, 1985)

Le modèle S.A.I constitue un outil pour l'analyse de la tâche et de l'activité. Prenons un exemple que nous empruntons à Aucherie et Sacotte (1994). Il s'agit d'un peintre professionnel qui prépare les murs et le plafond d'une pièce en utilisant une décolleuse à papiers peints ¹⁴. Une observation rapide de l'activité permet d'arriver à une première description. Le peintre passe la plaque de la décolleuse sur tous les endroits où se trouve du papier peint. En même temps, il racle, à l'aide d'une spatule le papier peint qui se décolle sous l'action de la vapeur. Ensuite, il applique la décolleuse sur le plafond et explique qu'il a découvert que sous l'action de la chaleur l'enduit en mauvais état se fragilise : il ne reste plus qu'à le gratter légèrement avec la spatule. Cette description de l'activité est analysée en termes de statut des différents éléments dans le tableau 5.

L'exemple d'analyse à partir du modèle S.A.I., présenté dans le tableau 5, fait apparaître immédiatement quelques caractéristiques essentielles des activités avec instruments. En premier lieu, les objets de l'activité sont multiples : enduit, papier-peint, plafond et varient selon les moments. De même, les instruments sont multiples : plaque décolleuse, spatule, vapeur. Un même dispositif technique (la décolleuse) comprend, pour le sujet, plusieurs instruments : dans la phase considérée la plaque et la vapeur, mais, à d'autres moments, par exemple la mise en route, des éléments tels que le couvercle de la chaudière, le robinet de gaz etc... sont susceptibles d'avoir un statut d'instrument. Des éléments inattendus ont un statut d'instrument, par exemple la vapeur. Enfin, le peintre utilise la décolleuse pour réaliser des tâches non prévues par les concepteurs : la fragilisation de l'enduit. Nous reviendrons longuement sur ce dernier point dans les chapitres consacrés à la genèse instrumentale où nous analyserons la signification de ce "détournement" comme faisant partie des activités d'élaboration d'instruments par l'utilisateurs.

¹⁴ Il s'agit d'un dispositif qui produit de la vapeur sous pression. L'utilisateur dispose d'une plaque métallique creuse qui, d'un côté, laisse sortir la vapeur par une série de trous (comme un fer à repasser) et, de l'autre côté, dispose d'une poignée qui permet de la manipuler.

ACTIVITÉ	SPATULE	PLAQUE décolleuse	VAPEUR	ENDUIT	PAPIER PEINT	PLAFOND
Le peintre passe la plaque décolleuse sur le papier peint		instrument	instrument		objet	
Il racle avec une spatule le papier peint qui se décolle sous l'effet de la vapeur	instrument		instrument		objet	
Il applique la plaque décolleuse sur le plafond		instrument				objet
sous l'action de la vapeur l'enduit se fragilise			instrument	objet		
il ne reste plus qu'à le gratter avec la spatule	instrument			objet		

Tableau 5

Exemple d'analyse de l'activité à partir du modèle S.A.I.

Bien entendu, il est clair que le modèle S.A.I., même dans cet exemple simple, ne recouvre pas toutes les caractéristiques des situations où l'activité est instrumentée : la multiplicité des instruments utilisés par un même sujet dans une action complexe ; les contextes de l'action qui sont de natures très variables et peuvent être collectifs ; les finalisations singulières des sujets... Mais l'instrument est présent, et cette présence est constitutive de la triade et des interactions multiples qui en découlent et forment ainsi, un noyau commun, caractéristique de la classe des situations d'activité instrumentée.

Cependant, comme nous allons le constater, ce noyau commun est susceptible de multiples interprétations.

Une approche techno-centrée

Le rapport COST de 1991 qui porte sur la définition, l'état de l'art et les perspectives scientifiques dans le champ de la communication homme-machine donne, de ce type d'approche, une expression élaborée ¹⁵.

L'homme et la machine sont considérés comme un système plongé dans un environnement, le but de ce système étant de mener à bien une certaine tâche. Le caractère interactif des relations entre l'opérateur, la machine et l'environnement est primordial. Les interactions homme-machine ne sont pas de simples échanges d'informations mais doivent assurer la coordination de deux processus intelligents qui se

¹⁵ Le rapport COST est le fruit du travail d'un groupe où les positions étaient loin d'être homogènes. Notre interprétation porte sur le point de vue qui nous a semblé dominant dans le rapport.

déroulent l'un dans le cerveau de l'opérateur, l'autre dans la machine. La machine doit donc disposer d'une représentation de l'opérateur et de son univers, de l'objet et de son univers et d'une stratégie permettant d'exécuter la tâche en coopération avec l'opérateur et sous son contrôle.

La centration sur la machine en tant que machine est manifeste : la machine doit certes aider l'homme à accomplir une tâche mais celui-ci doit "subir" un apprentissage pour bénéficier de cette aide. La machine devant assurer deux fonctions : la gestion du dialogue avec l'opérateur et la conduite de la tâche (ou planification).

Un modèle tripolaire des relations homme-machine-objet est proposé sous le nom de "triplet homme-machine-objet" (fig. 6).

Nous examinerons ce modèle triadique dans la conceptualisation de chacun des pôles et dans celle des interactions.

- la conceptualisation des pôles :

- le **pôle humain** est moins constitué en termes de sujet que comme le composant humain (ayant ses caractéristiques et propriétés propres) d'un système plus large qui le dépasse et dans lequel il est inséré ;
- le **pôle artefact** est considéré en termes de machine, de système opérant et fonctionnant. Ce n'est donc pas, ou très peu, un point de vue instrumental portant sur le système en tant que moyen de l'action du sujet. Cette conception est le symétrique de la conception de l'homme ;
- le **pôle objet** est considéré comme ce sur quoi porte l'activité du système homme-machine. Le pôle objet est constitué de l'objet de l'activité commune des composants du système plongés dans un environnement commun à l'opérateur et la machine. Deux conceptions du réel auquel est confronté le système homme-machine sont donc distinguées : une conception en terme d'objet (référée à l'objet de l'activité) et une en terme d'environnement (c'est-à-dire de contexte de l'activité).

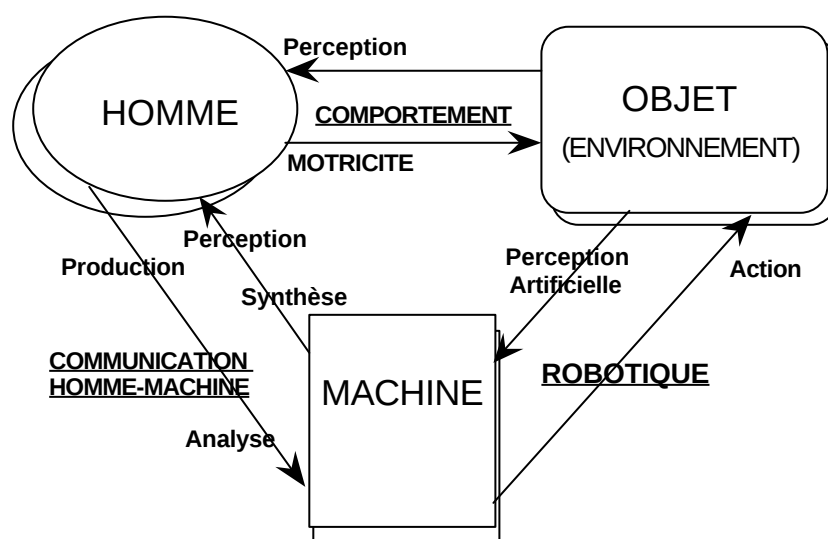


Figure 6

Triplet homme-machine-objet (d'après rapport COST 1991)

- les interactions :

- les différentes sphères d'interactions entre l'homme et la machine d'une part, la machine et l'objet d'autre part, sont présentes. Elles permettent de distinguer des domaines de travail scientifique : les interactions homme-machine étant du domaine de la communication homme-machine et celles machine-objet étant celui de la robotique.
- mais, et c'est là une des lacunes essentielles, l'interaction sujet/objet médiatisée par l'instrument est absente. On peut faire l'hypothèse que c'est une conséquence de la conception de l'homme et de la machine, l'un et l'autre réduits à la notion de parties composantes d'un système, c'est-à-dire inscrits dans une vision où la centration porte sur le système lui-même et où c'est le système qui agit.

La conception à dominante technocentrée de cette approche de la triade apparaît dans les fonctions que doit assurer la machine : la gestion du dialogue avec l'opérateur et la conduite de la tâche (ou planification). Dans l'un et l'autre cas l'opérateur perd la main. Cette conception réfère, non à l'action et à l'activité de l'opérateur, mais au processus d'accomplissement d'une tâche qui est celle du système dans son ensemble. Il y a symétrisation des statuts de l'homme et de la machine, symétrisation peut-être inhérente à la notion de système homme-machine dès lors qu'elle est pensée en référence au processus de transformation de l'objet.

Une telle conception est naturellement tout à fait utilisable lorsque l'on doit élaborer des solutions technologiques. Mais elle est insuffisante dès lors qu'il s'agit d'analyser la situation du point de vue de l'homme engagé dans l'action, c'est-à-dire d'un point de vue où l'artefact a le statut de moyen pour cette action, point de vue qui est nécessaire à la constitution d'une conceptualisation proprement psychologique de la notion d'instrument.

Approche anthropocentrique du collectif

Le point de vue exprimé par Norros (1991) qui examine la question du développement de l'expertise des opérateurs dans les FMS (Flexible Manufacturing System) en s'appuyant sur un modèle triadique (cf. fig. 7) est systémique. Le processus de travail y est considéré comme un système socio-technique d'activité et l'activité des opérateurs est examinée à la fois comme activité individuelle et collective.

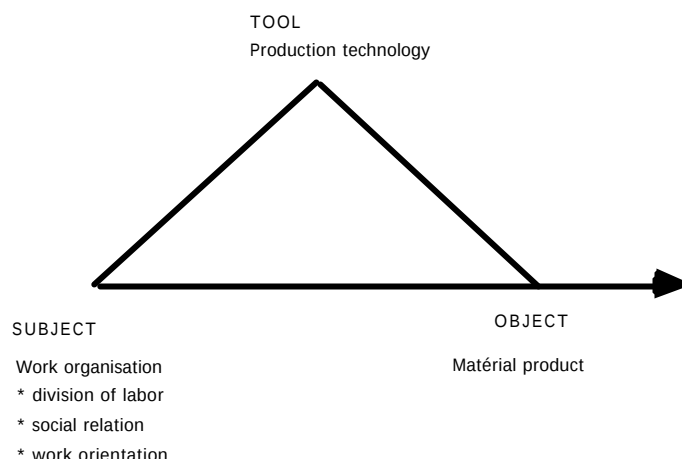


Figure 7 le modèle de Norros (1991)

La conception développée par Engeström (1991) inspirée par Vygotsky et Léontiev est également systémique, mais à un niveau plus général encore. Il propose de considérer le système d'activité socialement distribué comme l'unité d'analyse pertinente. Un système d'activité est constamment travaillé par des tensions et des contradictions internes à ses éléments et entre ceux-ci. En ce sens, il constitue une machine auto-organisatrice virtuellement productrice d'innovations et de perturbations.

L'auteur présente un modèle triadique (fig. 8) d'un tel système considéré comme une totalité dynamique unifiée comprenant : l'opérateur et ses collègues de la communauté de travail (subject) ; les outils conceptuels et matériels (instruments) ; les objets de l'action (object).

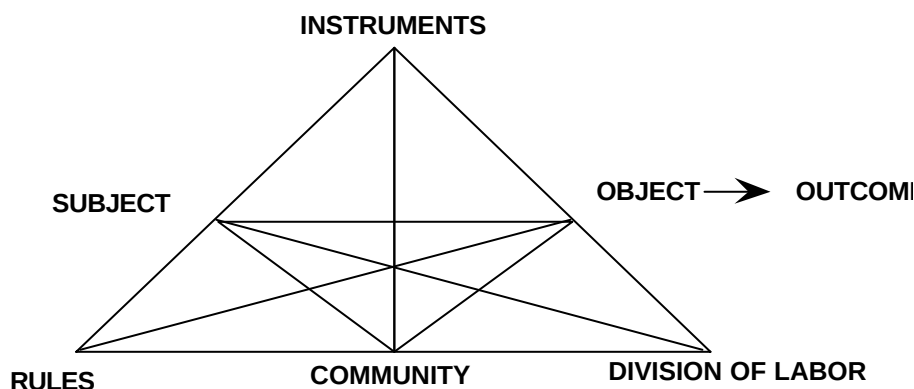


figure 8

Le modèle de Engeström (1991)

Ce modèle implique de multiples médiations dans l'activité (entre sujet et objet par l'intermédiaire des instruments (y compris les symboles et représentations). Mais le triangle n'est que la partie émergente de l'iceberg. Des médiateurs de l'activité moins visibles forment le fondement du modèle : règles, communauté et division du travail. Le système est en transformation continue et l'activité du système se reconstruit elle-même en permanence.

L'ensemble de l'approche est donc centré sur le système global que constitue l'entreprise et permet ainsi d'analyser les dimensions collectives du travail. L'auteur se place dans une perspective de rupture avec l'idée, qualifiée de "Cartésienne", du cerveau individuel comme unité d'analyse pertinente considérant la coopération comme un ajustement harmonieux des efforts individuels de travail. Il caractérise la conception cartésienne de l'expertise comme résidant dans des individus sous forme de connaissances tacites ou explicites, d'habiletés et de modèles mentaux.

Le pôle sujet de la triade est défini comme étant une équipe multi-professionnelle. Le passage du sujet individuel au sujet collectif permet alors une prise en compte des dimensions spécifiquement collectives du travail. Mais cette perspective pose des problèmes pour une approche psychologique de l'activité avec instrument : l'individu agissant, l'acteur n'est-il, lorsqu'il agit, qu'une fraction d'un sujet plus global? Nous pensons que la notion de sujet collectif ne doit pas effacer, mais au contraire, être coordonnée à celle de sujet individuel. Le niveau d'analyse de la personne reste tout à fait fondamental en psychologie comme en ergonomie et en didactique, même s'il ne doit évidemment pas être le seul considéré. Nous reprendrons cette question dans la discussion finale de ce chapitre.

approches psychologiques centrées sur le sujet

La plupart des recherches psychologiques que nous avons évoquées dans le chapitre précédent s'appuient explicitement ou implicitement sur une caractérisation triadique des situations d'activité avec instrument. Ainsi Guillaume & Meyerson (1937) généralisaient à l'homme les résultats de dix ans de recherches menées sur les singes : l'usage de l'instrument chez le singe comme chez l'homme suppose des techniques véritables en ce sens qu'il y a un art acquis et qui comporte des adaptations délicates et précises de la main à l'outil, de l'outil à l'objet et de la main à l'objet à travers l'outil. Dans cette approche, les trois pôles de la triade sont identifiés (main, outil, objet) et les différentes interactions pointées, y compris l'interaction sujet-objet médiatisée par l'instrument.

Pour Bullinger (1987a), il est nécessaire de maintenir une distinction entre organisme et sujet. En effet, l'organisme constitue un objet matériel susceptible d'élaborations instrumentales et quel que soit le niveau de développement de l'enfant il y a toujours un "sujet" (aussi petit soit-il) qui organise et dirige les élaborations instrumentales. Entre le sujet et le monde il y a toujours des systèmes sensorimoteurs. Les trois pôles de la triade sont ici le sujet, l'organisme et particulièrement les systèmes sensori-moteurs, le monde. L'homme occupe deux des pôles de la triade l'un en tant que sujet et l'autre (le pôle instrument) en tant qu'organisme.

Il en va, bien entendu, de même pour Mounoud (1970) qui caractérise l'instrument comme un univers intermédiaire entre sujet et objet (les trois pôles), par le fait qu'il s'associe aux actions du sujet (interaction sujet-objet) ; actions qu'il transmet à d'autres objets (interaction sujet-objet médiatisée par l'instrument) ; parce qu'il entretient avec les objets (et le contexte de la tâche) auxquels il s'applique des rapports de complémentarité (interaction instrument-objet).

On pourrait certes faire l'hypothèse que la conception triadique tient sa généralité du fait que les situations correspondant à ces exemples concernent des instruments qui engagent des conduites, à l'évidence intelligentes, mais où la sensori-motricité (il vaudrait mieux dire sensori-gestualité pour Guillaume & Meyerson et Mounoud) tient une place très importante. Or la conception triadique des situations d'activité avec instrument est

également partagée par nombre de psychologues s'intéressant aux activités cognitives complexes.

Ainsi, Norman qui analyse dans un texte de Norman 1991 ce qu'il appelle les artefacts cognitifs s'appuie également sur un modèle triadique des situations d'activité avec artefact (fig. 9) dont les trois pôles sont le sujet, l'artefact et la tâche.

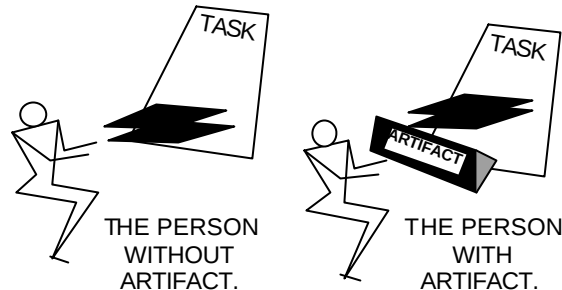


Figure 9 : La représentation triadique de Norman (1991)

Norman distingue deux types de points de vue possibles sur ces situations :

- un point de vue "système" qui considère l'ensemble sujet-artefact comme un système et examine ce que ce système peut faire vis-à-vis d'une tâche considérée, elle, comme inchangée. Dans cette perspective, l'artefact est considéré comme amplifiant les capacités fonctionnelles du système ;

- un point de vue "personnel", celui de l'utilisateur selon lequel ce sont les transformations de la tâche qui sont examinées. Ces transformations de la tâche entraînent des exigences cognitives nouvelles qui nécessitent la mise en oeuvre de capacités cognitives très différentes de celles requises par la tâche originale.

C'est donc l'hypothèse d'une recomposition d'ensemble de l'activité qui est développée par Norman en se fondant également sur un modèle triadique pour comprendre les activités avec artefacts cognitifs. Il rejoint ainsi les hypothèses de Vygotsky, qu'il cite d'ailleurs en bibliographie.

Une lecture attentive des textes de Vygotsky montre qu'il s'appuie également sur une conception triadique des situations d'activité avec instrument, même s'il n'en donne pas de représentation graphique (du moins dans les textes auxquels nous avons eu accès). Il distingue les trois pôles de la triade Vygotsky (1930) : un nouvel élément intermédiaire, l'instrument psychologique, s'intercale entre l'objet et l'opération psychique dirigée sur celui-ci.

Nous reviendrons sur sa définition de l'instrument psychologique, notons seulement que c'est par analogie avec les situations d'usages d'instruments matériels que Vygotsky décline cette triade. Il fait l'hypothèse d'une recomposition d'ensemble de l'activité liée à l'usage des instruments qui conduit à l'émergence de l'acte instrumental comme unité d'analyse pertinente pour la psychologie. Il met en évidence que les outils comme les signes ont en commun une fonction médiatrice, mais attire par ailleurs l'attention sur les limites de l'analogie et sur leurs différences en particulier dans la manière dont ils orientent l'activité humaine Vygotsky (1931).

Enfin une approche triadique des situations d'activité avec artefact est également développée dans le domaine du contrôle de processus. Ainsi Hollnagel (1990) identifie lui

aussi trois pôles pertinents : homme, ordinateur et processus tout en distinguant deux types d'interactions (cf. fig. 10) :

- l'ordinateur fournit à l'utilisateur des informations sur le processus et en même temps "amplifie" certaines de fonctions cognitives de l'utilisateur (discrimination, interprétation). Il s'agit d'une relation de type incorporation (embodiment) au sens où l'ordinateur peut d'une certaine façon être considéré comme une partie de l'opérateur (Ihde, 1979) ;

- l'ordinateur est un interpréteur des communications entre l'opérateur et l'application, il constitue un médiateur sur lequel l'opérateur n'a pas de contrôle. Il s'agit d'une relation de type herméneutique.

Cette distinction est rapprochée par Hollnagel de celle établie par Reason (1988) entre les outils qui correspondraient à la fonction d'amplification et les prothèses qui seraient du côté de l'interprétation.

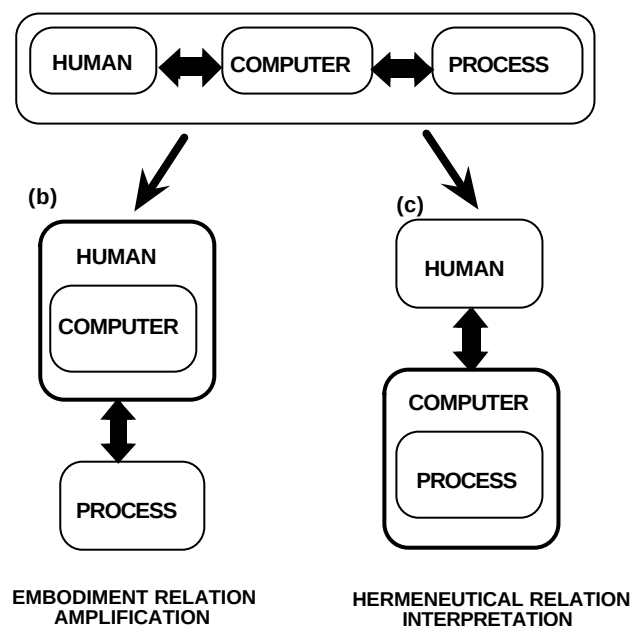


Figure 10 modèle tripolaire de Hollnagel (1990)

Discussion où apparaît un quatrième pôle

Une première conclusion est que le schéma triadique est susceptible d'une grande diversité d'interprétations liées à des points de vue eux-mêmes différents, tout en ayant leur cohérence propre. Cela ne constitue nullement une difficulté, dès lors que ces points de vue sont explicités. La triade a en effet un caractère très général : elle sous-tend des interprétations dans des disciplines très différentes puisqu'elles vont de la technologie et l'ingénierie à la psychologie cognitive en passant par la psychologie animale, la psychosociologie et l'ergonomie (y compris cognitive).

Cette généralité est en elle-même une caractéristique très intéressante : la modélisation S.A.I. qui la systématise peut prendre statut, comme la notion d'instrument, de **concept intermédiaire**, facilitant les dialogues interdisciplinaires mais aussi les coopérations dans l'action. Elle exprime en effet une approche commune à plusieurs disciplines tout en étant interprétée et interprétable de façon spécifique dans chacune d'elles.

Le second point de discussion portera précisément sur ces interprétations différentes entre les disciplines (mais aussi souvent au sein d'une même discipline), sans nous limiter aux exemples qui viennent d'être rapportés.

Les conceptions concernant le pôle sujet de la triade nous semblent se situer sur un continuum qui va de positions affirmant fortement l'idée d'un sujet porteur de significations et agissant intentionnellement dans un univers socialement finalisé, à des conceptions où la notion même d'individu, de sujet semble se dissoudre :

- soit parce qu'il n'est plus considéré que comme facteur ou composant humain (dont il faut caractériser les propriétés pour en tenir compte : il est par exemple le siège de processus intelligents) dans un système plus global comprenant des composants technologiques (pouvant dans certaines conceptions avoir un statut équivalent, par exemple être également le siège de processus intelligents) ;

- soit parce que le sujet individuel a tendance à s'effacer au profit de l'idée d'un sujet collectif lorsqu'il s'agit de rendre compte des dimensions collectives de l'action.

L'analyse systématique et détaillée des différentes positions relatives au pôle humain de la triade et de leur évolution dans l'histoire des idées reste à approfondir. Elle fera sans nul doute apparaître des débats essentiels. Il suffit de rappeler ce que soulignait Bruner (1991) : une violente campagne d'inspiration anti-mentaliste contre la notion d'agent qui impliquait que la conduite a lieu sous l'empire de l'intentionnalité en relation avec des désirs, croyances, obligations morales..., a été menée dans les débuts de ce qu'il est convenu de nommer la "révolution cognitiviste". Il suffit aussi de se souvenir que le terme d'opérateur est issu de la notion d'opération qui a le statut que l'on sait dans le taylorisme, même s'il s'est depuis chargé d'autres significations...

En ce qui concerne les conceptions relatives au pôle instrument ¹⁶, il nous suffira de souligner que la plupart des auteurs lui donnent un statut d'intermédiaire, voire de médiateur entre le sujet et l'objet. En cela il y a rupture avec les modèles bipolaires les plus habituels en psychologie (mais aussi dans d'autres sciences de l'homme ou de la vie) réduisant les situations à un tête à tête entre le sujet et tout ce qui n'est pas lui : le milieu, l'environnement toujours associés et même parfois indistinctement confondus dans l'objet. Mais le statut d'intermédiaire concerne des artefacts très différents (depuis les systèmes sensori-moteurs jusqu'aux signes et aux langages en passant par les bâtons, les machines, les ordinateurs et les systèmes experts) eux-mêmes appréhendés de multiples façons (artefacts inertes, artefacts actifs fonctionnant voire siège de processus intelligents).

Le statut de l'objet est lui aussi diversement interprété (objet matériel, processus, objet virtuel, objet de pensée et même conduite propre du sujet ou d'autres sujets). Cependant des distinctions importantes que l'on retrouve chez des auteurs appartenant à plusieurs disciplines peuvent être identifiées. La première consiste à distinguer au sein de l'objet ce qui a statut d'objet de l'activité ou de l'action, c'est-à-dire ce vers quoi elle est tournée, des autres aspects de la réalité qui, tout en étant significatifs pour l'activité, en forment le contexte ou l'environnement. La seconde porte sur le type de rapports possibles à l'objet : les rapports de connaissance, de transformation (ou les deux) et enfin de communication (en particulier lorsque les instruments sont symboliques).

¹⁶ Nous ne développerons ici qu'assez peu les conceptions relatives au pôle instrument du modèle S.A.I. car la notion d'instrument fera l'objet d'une analyse approfondie dans une prochaine section.

Un des aspects le plus frappant qui ressort de la comparaison de ces différentes interprétations de la triade, est que, selon les situations de référence et les points de vue qui sont pris, l'homme peut occuper chacun des trois pôles : il peut être bien entendu le sujet, mais aussi instrument (son propre instrument ou celui d'un autre) et même l'objet d'une activité tournée vers lui (par lui-même ou par autrui). Ce peuvent être des hommes différents qui occupent les différents pôles mais aussi le même homme simultanément ou successivement (par exemple dans les conceptions de Vygotsky ou Bullinger).

Enfin, l'évolution des technologies contemporaines conduit à faire apparaître un quatrième pôle pour rendre compte des situations nouvelles liées à l'apparition de logiciels destinés au travail collectif (les collecticiels ou groupware)¹⁷. En effet, ces nouveaux types de dispositifs sont spécifiquement orientés vers les dimensions collectives du travail, ils visent à permettre et faciliter le travail en commun. Aux rapports habituels entre les sujets, les objets et les instruments, viennent s'ajouter les interactions du sujet avec les autres sujets, les collaborations et coopérations¹⁸. Le modèle tripolaire devient alors un modèle quadripolaire (fig. 11).

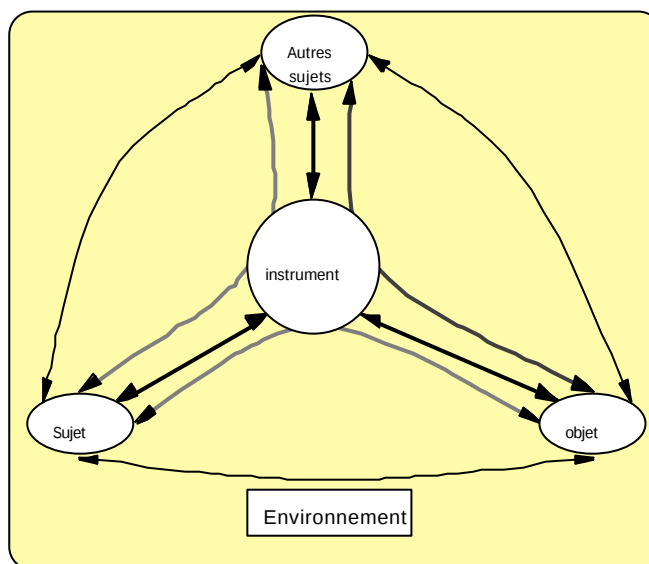


Figure 11 : modèle S.A.C.I. des situations d'activités collectives instrumentées

Notre dernier point concerne les interactions entre les pôles de la triade. L'une d'elles, l'interaction sujet-artefact, est omniprésente. Même lorsqu'elle semble disparaître comme dans la situation où l'artefact a un statut d'amplificateur, il subsiste une relation d'incorporation (Hollnagel). Vient ensuite pour la plupart des auteurs l'interaction artefact-objet. Il arrive cependant qu'elle ne soit pas explicitée, en particulier lorsque les situations sont caractérisées par une position interne de l'objet dans l'artefact (ordinateur, processus), c'est alors sur la relation à l'objet, médiée par l'artefact que l'accent est mis, tandis que, pour des raisons évidentes l'interaction directe sujet-objet disparaît. Mais

¹⁷ Cet enrichissement du modèle des situations d'activité instrumentées tient beaucoup aux discussions que nous avons eu avec Yves Clot, ainsi qu'aux travaux de Pascal Beguin (1994) sur lesquels nous reviendrons.

¹⁸ Dans un travail récent (1994), Béguin met en évidence des caractéristiques importantes de ces interactions entre soi et les autres par l'intermédiaire de l'instrument qui remplit ainsi une fonction de **médiation collaborative** pour l'atteinte des buts communs au sein des activités collectives.

cette dernière peut également ne pas apparaître, en particulier lorsque la triade est considérée dans une perspective technocentrique.

CHAPITRE 5 : POINTS DE VUE ET HYPOTHÈSES SUR LES INSTRUMENTS

Nous venons d'explorer différents types de rapports possibles aux artefacts, et de montrer que l'instrument n'est pas un en-soi mais le résultat d'une association de l'artefact à l'action du sujet comme moyen de celle-ci. Mais cette perspective, si elle est celle d'une partie des auteurs qui se sont intéressés aux instruments, n'est pas la seule possible. Les conceptions sont en effet, en la matière, fort diverses comme nous allons le voir ¹⁹.

Nous présenterons d'abord les différentes conceptions en fonction du point de vue que nous avons considéré comme dominant, puis, nous en proposerons une synthèse d'ensemble.

Approches technologiques

Pour les conceptions à dominante technologique des instruments, les définitions sont principalement centrées sur la fonction : objet considéré par rapport à sa fonction, appareils de contrôle du fonctionnement des divers organes d'une machine ; ou encore sur les modalités d'action sur la matière. Les outils utilisés en usinage mécanique correspondent, par exemple, à trois classes : de coupe, d'abrasion, de déformation de la matière.

Les termes d'instrument et d'outil servent le plus souvent à distinguer des classes d'objets techniques. Ainsi, toujours dans l'exemple de la mécanique, les instruments sont, en général, orientés vers la prise d'informations et les outils vers la transformation. Mais ces distinctions ne sont pas constantes et varient en fonction des domaines : on parle, par exemple d'instruments de musique ou de chirurgie. La caractéristique principale de ces conceptions est que, centrées sur les systèmes techniques, elles ne se réfèrent peu, ou pas, à l'activité du sujet utilisateur de l'instrument et, parfois même ignorent tout utilisateur.

Une métaphore biologique

Les points de vue développés par Simondon (1968 et 1969) s'inscrivent dans une perspective plus large, visant à penser les rapports de l'homme avec le milieu, médiatisés par les objets techniques et, plus généralement, la technique. Il distingue les instruments des outils par analogie avec les organes biologiques : l'outil est un médiateur pour l'action prévue par un opérateur possédant un savoir, il prolonge et adapte les effecteurs organiques. L'instrument est l'inverse de l'outil, il prolonge et adapte les organes des sens, il est un capteur et non un effecteur, il sert à prélever de l'information tandis que l'outil sert à exercer une action.

¹⁹ Dans quelques cas, lorsque cette opposition a un sens pour les auteurs, nous utiliserons de façon différenciée les termes d'instrument et d'outil, dans tous les autres cas nous utiliserons le terme d'instrument.

L'outil et l'instrument marquent, pour Simondon, l'avènement de la médiation entre l'organisme et le milieu. La relation primitivement binaire devient ternaire par insertion du moyen terme. L'ensemble est englobé sous le terme de fonction relationnelle : l'essence du médiateur est constituée par la fonction de couplage entre organisme et milieu ²⁰. L'objet technique (dans ses modalités d'outil et/ou d'instrument) constitue, pour Simondon, un paradigme du rapport entre vivant et milieu. Cette conception fait intervenir le sujet, mais d'un point de vue externe à celui-ci, en tant qu'organisme et comme un des deux termes du couplage réalisé par le médiateur. Le point de vue reste donc principalement focalisé sur le système technique plutôt que sur le sujet et la métaphore biologique est prégnante.

L'instrument de l'animal comme univers intermédiaire

Les options de recherche de Guillaume et Meyerson sont tout autres puisqu'ils cherchent à analyser l'usage des instruments chez les singes et ainsi à en déterminer les différences mais aussi les proximités avec les usages humains. Alors que la référence notionnelle de Simondon est la métaphore biologique, l'instrument et les différents types d'instruments sont pensés par ces auteurs en référence à l'activité. Dès leurs premières recherches ils affirment que l'instrument (un bâton) n'est pas un simple prolongement du bras permettant d'atteindre un objet convoité : il est le moyen qui permet de réaliser cette activité spécifique qui consiste à opérer un détournement (par exemple pour atteindre un fruit qu'un obstacle empêche d'atteindre directement).

En Guillaume et Meyerson 1931, la définition de l'instrument se précise à propos des intermédiaires liés à l'objet (par exemple une ficelle attachée à un fruit) : "l'instrument le plus simple dont un animal puisse se servir pour s'emparer d'un objet inaccessible est un intermédiaire matériel dont une partie ou extrémité est dans son champ d'action, et dont l'autre est solidaire de l'objet convoité". Le statut de médiateur, d'intermédiaire entre l'animal agissant et l'objet convoité est posé dans cette définition.

Cependant les auteurs soulignent qu'il ne s'agit pas d'un instrument au sens plein du terme : une ficelle attachée à un fruit peut n'être pour l'animal qu'une queue un peu longue sur laquelle il suffit de tirer ; on se trouve avec les intermédiaires liés à l'objet au seuil de la fonction instrumentale. Ils affirment donc (1934) que l'instrument véritable est indépendant de la situation présente, de l'appât, des objets auxquels il doit être appliqué : il vaut pour mille situations possibles semblables ou diverses. Dans le cas de l'intermédiaire lié à l'objet la liaison existe, il suffit de l'exploiter. Dans le second cas elle est à établir, à construire : un objet qui n'a pas de solidarité actuelle avec le but, doit en acquérir une, dans certaines conditions qu'il faut comprendre et prévoir. L'instrument libre n'est ni un simple prolongement des membres ni un prolongement de l'objet. Il est un objet dont les propriétés peuvent être envisagées à la fois indépendamment de celles des membres et associées à celles des membres.

Un instrument constitue donc pour l'animal et, semble-t-il pour l'homme, une sorte de monde intermédiaire dont les propriétés sont, ou peuvent être différentes à la fois de celles du corps et de celles des objets sur lesquels s'exerce l'action. Pour agir de manière efficace, il faut pouvoir associer ces diverses propriétés dans des situations plus ou moins variables.

²⁰ L'approche de Simondon est, de ce fait, parente de l'analyse fonctionnelle développée en technologie.

Comme pour Simondon, l'instrument, chez Guillaume et Meyerson constitue ainsi un univers intermédiaire mais c'est entre le sujet et le monde alors que pour Simondon c'est entre l'organisme et le milieu. On ne peut ici que souligner à quel point la métaphore biologique de cet auteur, employée seule, est réductrice. Si l'instrument doit effectivement se penser comme un univers intermédiaire ce n'est pas seulement pour un organisme mais pour un sujet, sujet psychologique et social tout à la fois, qui n'agit pas dans un milieu indifférencié, mais sur les objets de son activité.

L'instrument social, capitalisation de l'expérience

C'est dans ce sens que vont les remarques de Wallon (1941) qui compare l'instrument humain à celui des singes en partant d'un point de vue centré sur l'activité : primitif ou perfectionné, banal ou spécialisé, un instrument se définit par les usages qui lui sont reconnus. Il est façonné pour eux. Il impose à ceux qui veulent s'en servir son mode d'emploi. Il existe de façon durable et indépendante. Pour qui sait qu'il existe, il faut l'aller quérir en cas de besoin. C'est un objet constitué, un objet construit selon certaines techniques en vue d'autres techniques, le produit remanié d'expériences traditionnelles ou récentes dont il transmet le fruit à ceux qui l'utilisent.

Cette forte individualisation n'appartient pas, pour Wallon, à l'instrument du chimpanzé qui n'est pas seulement occasionnel ; il est simple partie d'un ensemble provisoire d'où il tire toute sa signification. Si le bâton, à l'aide duquel le chimpanzé pourra faire venir à lui le morceau d'orange ou de banane n'est pas perçu dans l'instant même de ses efforts vers eux, il restera inutile et ignoré. L'instrument animal ne serait instrument que dans la mesure où il est perçu, et il n'est perçu que dans celle où il est dynamiquement intégré à l'action.

Wallon affirmait là plus qu'il ne pouvait prouver et allait même à l'encontre des dernières constatations de Guillaume et Meyerson (1937) qui avaient identifié dans quelques cas des conduites de conservation d'instrument. Mais on retrouve chez Wallon l'idée, développée également par Vygotsky et surtout Léontiev, d'une capitalisation des acquis de l'expérience dans l'instrument humain et, ainsi d'une transmission possible de ces acquis. L'instrument n'est pas seulement univers intermédiaire, moyen dynamiquement intégré à l'action, il est aussi expérience et connaissance capitalisée.

En effet, pour Léontiev (1975, 1976), l'instrument doit être considéré comme porteur de la première véritable abstraction : dans l'interaction directe sujet-objet les propriétés de l'objet ne sont révélées que dans les limites des sensations du sujet alors que dans le processus d'interaction médiatisé par l'instrument, la connaissance dépasse ces limites. Ainsi, lorsque l'on façonne un objet avec un autre objet, de la déformation de l'un nous déduisons la plus grande dureté de l'autre. Par là s'accomplit une analyse pratique et une généralisation des propriétés des objets sur lesquels on agit avec l'instrument selon des critères objectivés dans l'instrument lui-même.

Les instruments sont, pour Léontiev, les moyens de l'activité humaine, une activité dont l'origine est à chercher dans le travail. Un instrument ne peut être considéré en dehors de sa liaison avec le but, sinon il devient une chose abstraite (au sens critique du terme cette fois) au même titre qu'une opération considérée hors de sa liaison avec l'action qu'elle réalise. La relation instrument-but est ainsi considérée comme constitutive de la notion même d'instrument.

Nous ne reviendrons pas sur les hypothèses relatives à la cristallisation de l'expérience dans les instruments et au processus social d'appropriation par lequel elle est ainsi transmise qui font de l'instrument un précurseur matériel de la signification.

Soulignons seulement que ce qui est central pour Léontiev, comme pour la plupart des auteurs précédents, c'est le sujet, mais un sujet qui n'est pas enfermé dans une relation solipsiste aux instruments et plus généralement aux artefacts : les rapports de l'individu au monde des objets humains sont médiatisés par les rapports aux autres hommes.

C'est pourquoi il critique les tentatives de renversement d'une perspective centrée sur le sujet humain : "on attribue aux machines pensantes de notre époque les propriétés d'authentiques sujets de la pensée. On présente donc les choses comme si ce n'étaient pas les machines qui étaient l'instrument de la pensée de l'homme mais l'homme l'instrument des machines."

De l'instrument matériel à l'instrument psychologique

Léontiev rejoint en cela Vygotsky (1930, 1934) qui a développé une conception psychologique généralisée des instruments centrée sur le sujet. Pour Vygotsky, les instruments permettent, non seulement la régulation et la transformation du milieu externe, mais aussi la régulation, par le sujet, de sa propre conduite et de la conduite des autres.

Le langage, les signes, les cartes, plans et schémas sont considérés comme des instruments psychologiques qui médiatisent la relation du sujet avec lui-même et avec les autres. L'instrument psychologique se différencie ainsi de l'instrument technique par la direction de son action tournée vers le psychisme. L'intégration de l'instrument dans le processus de comportement fait appel à des fonctions nouvelles liées au contrôle de l'instrument, se substitue à des processus "naturels" ²¹ pris en charge par l'instrument, et transforme le déroulement et les aspects particuliers des processus psychiques. Ces processus s'inscrivent dans une unité complexe structurelle et fonctionnelle : l'acte instrumental.

Le point de vue développé par Vygotsky consiste, d'une part, à distinguer des types d'instruments en fonction de ce sur quoi ils permettent au sujet d'agir (le monde matériel, le psychisme propre ou celui des autres) et, d'autre part, à proposer une unité d'analyse des activités instrumentées : l'acte instrumental. L'instrument est ainsi doublement pensé en référence au sujet.

Mais l'intérêt de l'approche de Vygotsky ne réside pas seulement dans l'association des notions d'instrument et d'acte instrumental. Il est encore plus fondamentalement lié à la notion même d'instrument psychologique par lequel le sujet contrôle et régule sa propre activité. L'instrument psychologique, bien que pouvant avoir une existence externe au sujet, a aussi une existence interne qui rend possible pour le sujet une gestion de soi par soi. Ainsi, les instruments sémiotiques (langage, cartes etc.) ne sont pas seulement des instruments de la connaissance (des instruments cognitifs selon certains auteurs, cf. p 75), mais sont aussi des instruments psychologiques.

L'instrument reflet du développement de l'enfant

Pour Grize (1970) qui préface l'ouvrage de Mounoud, l'instrument a également un contenu psychologique : il est connaissance et participe à la fois du pôle objet et du pôle opératoire, du fait de son statut d'intermédiaire. Mais si l'instrument est connaissance,

²¹ Un exemple simple est celui du noeud dans le mouchoir qui permet de se souvenir d'une action à faire.

c'est d'un point de vue différent de ceux de Wallon, Léontiev ou Vygotsky pour qui il s'agit d'une connaissance, capitalisée, cristallisée, fruit des acquis de l'expérience qui se transmet ainsi via l'instrument. L'instrument évoqué par Grize reflète l'état de développement épistémique de l'enfant et donc, suivre les conceptions que l'enfant se fait de l'instrument, c'est suivre l'évolution de sa connaissance.

C'est précisément l'objectif poursuivi par Mounoud (1970) qui va chercher à identifier les conceptions de l'instrument propres à chaque âge. Il définit l'instrument comme tout objet que le sujet associe à son action pour l'exécution d'une tâche. L'instrument prolonge et/ou modifie cette action et présente des caractéristiques qui s'associent simultanément aux actions du sujet et aux objets auxquels il s'applique.

La définition donnée par Mounoud synthétise, pour une part, au-delà de ses propres travaux, les acquis des recherches menées par ses prédécesseurs (en particulier Guillaume et Meyerson)²². Sur la base de cette première définition, Mounoud distingue deux catégories d'instruments : ceux qui transmettent les actions des sujets sans les transformer et ceux qui les transforment par inversion, démultiplication etc. L'instrument constitue ainsi un univers intermédiaire entre sujet et objet : il s'associe aux actions du sujet ; il entretient avec les objets (et le contexte de la tâche) auxquels il s'applique des rapports de complémentarité ; enfin, il se substitue à certaines actions du sujet dont il accomplit les fonctions.

Pour Mounoud, l'instrument est simultanément un contenu par rapport aux actions du sujet et une forme par rapport aux objets auxquels il s'applique. Les conduites instrumentales font donc intervenir une multiplicité de dépendances : entre l'action du sujet et les déplacements de l'instrument (il s'agit de crochets, baguettes, tiges coudées etc.), entre les propriétés de l'instrument et le dispositif, entre les diverses parties de l'instrument etc.

Si l'instrument est conçu par Mounoud comme un intermédiaire entre le sujet et l'objet, l'objet est exclusivement un objet matériel sur lequel il s'agit d'opérer des transformations. En cela sa conception se rapproche de celle de Simondon pour lequel l'instrument est un médiateur. Mais pour Mounoud la référence au sujet est première, c'est par rapport à lui que se définit l'instrument, c'est-à-dire le moyen que le sujet associe à son action. C'est là une différence essentielle avec la pensée de Simondon pour laquelle c'est la référence au système technique et à son couplage avec l'organisme et le milieu qui est première.

Enfin dans les conclusions de ses recherches expérimentales, Mounoud souligne que les instruments constituent pour les sujets des classes d'équivalence : ils ont en commun de satisfaire à des conditions qui les rendent équivalents relativement à l'expérience. Mounoud distingue l'extension de l'instrument - la possibilité de s'adapter à toutes sortes de situations - et la compréhension : les propriétés de l'instrument.

²² La définition de Mounoud constitue, pour nombre d'auteurs, un point de départ pour leurs propres réflexions. Ainsi, Leplat et Pailhous (1973) qui, partant de la définition de Mounoud, considèrent les instruments comme des intermédiaires ayant leurs propres règles de fonctionnement, et développent un cadre d'analyse de l'activité intellectuelle dans le travail sur instrument, qui concerne, en particulier, les systèmes de représentation et de traitement construits par les opérateurs. C'est également à partir de la définition de Mounoud que Guillevic (1990) réfléchit sur l'appropriation cognitive de l'outil comme condition de fiabilité dans les situations de transfert de technologies, l'appropriation concernant l'ensemble des processus internes qui sont activés chez le sujet dans ces situations. Il considère, lui aussi l'outil, comme un médiateur entre l'action de l'opérateur et le champ de travail.

L'évolution de l'instrument avec le développement génétique passe par une diminution de l'extension et une augmentation de la compréhension.

L'instrument sémiotique

Nous retrouvons l'idée de classe d'équivalence chez Prieto (1975) qui définit comme "opérant" la classe que forment un outil déterminé et tous les autres qui possèdent la même utilité, c'est-à-dire permettent de réaliser les mêmes opérations. Dès 1966, Prieto, qui mène des recherches d'ordre sémiologique, considère les systèmes sémiotiques comme des instruments. On ne peut qu'être frappé de la proximité de son inspiration avec celle de Vygotsky que pourtant il ne connaît peut-être pas (c'est en 1974 qu'est traduit, en italien, un recueil comprenant un texte de Vygotsky sur la méthode instrumentale).

Pour Prieto, l'instrument confère la possibilité d'agir sur le monde extérieur, c'est sa raison d'être, il est produit expressément pour servir à exécuter certaines opérations déterminées. Il fournit des classes d'objets, c'est-à-dire des concepts et des classes d'opérations qui sont également des concepts. Les instruments dont la fonction est de transmettre des messages sont des signaux. Ils permettent d'exercer une influence sur ce qui entoure l'homme. Comme n'importe quel instrument, les signaux fournissent à l'homme des concepts constitués par leurs signifiés respectifs.

Dans le texte de (1975), Prieto emploiera le mot outil pour désigner ce qu'il appelait auparavant instrument : l'objet individuel qui joue dans l'acte instrumental (c'est-à-dire l'exécution d'une opération quelle qu'elle soit) un rôle analogue à celui que joue le signal dans l'acte sémiotique. Il réserve le terme d'instrument pour désigner l'entité que constitue un opérant (la classe que forment un outil déterminé et tous les autres qui possèdent la même utilité) et l'utilité correspondante.

Malgré la proximité du vocabulaire, l'approche de Prieto est donc très différente de celle de Vygotsky. Son analyse est presque d'ordre technique : il analyse l'instrument en tant que tel indépendamment de la façon dont il existe pour le sujet (l'instrument intériorisé) et de l'activité qu'il met en oeuvre pour l'utiliser. A fortiori, il ne se préoccupe pas de l'activité globale du sujet dans laquelle l'usage de l'instrument est inséré. Ce type d'analyse est certes nécessaire pour connaître les propriétés "objectives" des instruments sémiotiques (de même que l'analyse technique des machines permet d'accéder à leurs propriétés techniques), mais non suffisante pour la psychologie comme pour l'ergonomie qui se préoccupent de l'intériorisation de ces propriétés et des modalités d'insertion des instruments dans l'activité.

La grande différence entre Prieto et Vygotsky se trouve là. Elle se manifeste, en particulier, dans une divergence sur le point d'action principal : contrôle du sujet sur lui-même et sur autrui pour l'un, transmission de message pour l'autre (même si l'un et l'autre envisagent également l'autre pôle). Enfin Prieto ne semble pas envisager la recomposition complète de l'activité du sujet dans et par l'acte instrumental.

La dimension proprement psychologique échappe donc à Prieto (qui n'a d'ailleurs pas d'ambition sur ce point). Mais le grand mérite de son approche est, qu'à travers une systématisation des concepts, il donne du poids à l'analogie jusque là un peu métaphorique entre instruments matériels et sémiotiques. Il permet ainsi de généraliser une des idées essentielles de la sémiologie : l'idée que tout instrument est comme tout signe une entité bifaciale. Une idée que l'on peut retrouver chez des auteurs préoccupés de problèmes aussi différents que la réalisation de modes d'emploi d'instruments de la

vie quotidienne (Legrand, Boullier & al. 1991) ou la construction d'une psycho-sémiologie tel que Cuny (1993).

Cuny (1993) est, lui, centré sur le sujet et plus particulièrement sur le sujet engagé dans l'action. Il définit les outils sémiotiques ²³ comme des objets dont le rôle est de fournir de l'information et qui s'inscrivent dans le système homme-tâche caractérisant toute situation de travail en participant à des opérations déterminées au sein desquelles leurs fonctions sont actualisées. Ils sont, comme tout instrument, indissociables des techniques et des modes opératoires qui permettent leur mise en oeuvre.

Cuny rejoint ainsi les critères développés par Leroi-Gourhan (1964) pour qui l'instrument n'existe réellement que dans le geste qui le rend techniquement efficace. Proposer un outil sémiotique normalisé c'est donc présupposer l'adoption d'une technique déterminée d'utilisation, et inversement, s'intéresser aux outils sémiotiques de professionnels expérimentés, c'est découvrir des produits intégrés aux actions, ajustés aux besoins sémiotiques dans l'évolution de la relation tâche-exécutant.

L'outil sémiotique constitue une aide pour l'activité cognitive de l'opérateur en apportant l'information utile à l'action et en guidant le déroulement des séquences opératoires. On est proche ici de certaines des caractéristiques des instruments psychologiques de Vygotsky, jusque dans l'idée d'acte sémiotique (Cuny 1981a) qui constitue l'équivalent de celle d'acte instrumental ²⁴. Le processus d'apprentissage d'un outil sémiotique (par exemple le schéma d'électricité, Cuny 1981b) ne peut être finalisé de façon purement intrinsèque : "on n'apprend pas la lecture et l'écriture du schéma pour elles-mêmes, mais pour les insérer dans un processus opératoire". L'auteur fixe comme objectifs à la psycho-sémiologie qu'il élabore : l'analyse des problèmes d'élaboration des instruments sémiotiques, de l'acquisition de leur maniement et, au-delà de cet apprentissage, de leur utilisation et des fonctions qu'ils sont susceptibles de remplir.

²³ Cuny utilisait dans ses premiers travaux le terme d'outil sémique; nous utiliserons, ici, celui d'outil sémiotique dont l'usage est aujourd'hui plus répandu.

²⁴ Ces caractéristiques instrumentales, orientées vers le guidage de l'activité propre, avaient par ailleurs déjà été évoquées par Ombredane et Favergé dès 1955.

Outils et instruments cognitifs

La notion d'outil cognitif développée par Rogalski et Samurcay pourrait paraître se rapprocher de ces conceptions. Elle s'en distingue cependant sur des points importants. Rogalski (1993) définit les traits caractéristiques de sa conception des outils cognitifs. Il s'agit d'artefacts, d'objets externes au sujet, qui résultent d'un processus d'élaboration à caractère social et qui intègrent des connaissances (d'où le caractère cognitif de ces outils). Des artefacts tels que tables de données numériques, abaques, calculettes, outils logiciels, mais aussi méthodes de résolution de problèmes constituent des outils cognitifs.

C'est une définition proche de celle donnée par Norman (1992) pour la notion de "cognitive artefact" : un dispositif artificiel conçu pour conserver, présenter de l'information ou la traiter afin d'assurer une fonction représentative. Rogalski et Samurcay (1993) insistent particulièrement sur le caractère opératif, ou opérant des outils cognitifs qui prennent en charge une partie de l'activité cognitive des utilisateurs et contribuent ainsi à la réalisation de la tâche ²⁵.

On retrouve là, une idée importante bien que fort ancienne : tout instrument, outil, machine, effectue un travail, opère au profit de celui qui le met en oeuvre (mais, dans un contexte de travail en général pas à son seul profit). Cette prise en charge d'une partie de l'activité cognitive, implique souvent une transformation des représentations initiales des sujets relatives aux objets de leur activité. Ainsi dans les exemples cités par les auteurs, le contrôle des feux de forêts et la gestion de hauts fourneaux, l'usage des outils cognitifs nécessite la construction de représentations mentales nouvelles du processus, cohérentes avec celles sous-jacentes constitutives de l'instrument.

Il ne s'agit donc pas, comme pour les instruments psychologiques de Vygotsky, d'instruments utilisés par le sujet pour se gérer lui-même, mais d'outils orientés vers une connaissance (le plus souvent anticipatrice) des objets de la réalité, externes au sujet, et vers lesquels son activité (diagnostique, décisionnelle, transformatrice...) est orientée. De plus les dimensions collectives de l'activité sont ici importantes et les instruments ne s'inscrivent pas seulement, comme le souligne par ailleurs Hutchins (1990), dans un contexte où l'opérateur est isolé et limité à des interactions avec l'outil, dans son monde privé.

C'est à l'occasion d'une étude sur les activités collectives dans la navigation, qu'Hutchins propose de considérer que les instruments forment avec l'organisation sociale et les membres du collectif un système de cognition distribuée. Cela suppose, non seulement, comme pour Rogalski et Samurcay, que les instruments accomplissent une partie du travail cognitif, mais qu'ils soient "ouverts", c'est-à-dire ne rendent pas le travail invisible afin de permettre, à la fois sa réalisation collective et l'acquisition et le transfert de compétences.

Cependant, Hutchins discute vigoureusement, à partir d'exemples, certaines hypothèses qualifiées de "classiques" sur la nature de l'aide cognitive apportée par les instruments. Pour Hutchins, les instruments cognitifs externes, véritablement

²⁵ La terminologie des auteurs a d'ailleurs évolué récemment (1994) vers le terme d'outil cognitif opératif qui met plus l'accent sur les caractéristiques qui leur semblent essentielles.

performants pour les sujets, ne doivent pas être considérés principalement comme des “amplificateurs de capacités de traitement de l'information”, ou comme des “acteurs intelligents” interagissant (coopérant) avec les opérateurs. Selon l'auteur, les outils cognitifs constituent de bonnes aides opérationnelles lorsqu'ils transforment la tâche du sujet pour en donner une formulation ou une représentation plus facile à traiter par celui-ci. La capacité cognitive d'un système homme machine-intelligente ne serait donc pas principalement dépendante des capacités de traitement de la machine mais plutôt du rapport entre les ressources propres du sujet et les modalités d'aides offertes par la machine.

Une position qui pourrait, dans ses conclusions, se rapprocher de la perspective “systèmes d'aides à l'activité” développée par Falzon (1989), même si les prémisses en sont bien différents. Une hypothèse qui, en revanche, s'éloigne passablement de celle de Reason (1987, 1990) : il préconise l'élaboration de prothèses cognitives (voire de béquilles mentales) comme seuls remèdes immédiats possibles à la situation problématique créée par les concepteurs de systèmes. Reason pense que les systèmes actuellement conçus (et qui seront donc encore longtemps opérationnels) ont transformé les caractéristiques adaptatives normales de la cognition humaine en responsabilités dangereuses. Il est vrai que le contexte de cette réflexion pessimiste est celui des grandes industries de processus (chimie, nucléaire...), pour lesquelles les conséquences potentielles des erreurs humaines sont à l'évidence si considérables que la solution “prothèse” a pu lui sembler préférable.

Pourtant la solution prothèse présente des inconvénients très importants comme le montrent Roth, Bennet & Woods (1987) en s'appuyant sur des données expérimentales.

Le paradigme de conception des systèmes-experts comme prothèses, très répandu, vise à produire des systèmes destinés à pallier aux déficiences humaines. L'opérateur est réduit au rôle de fournisseur de données à la machine. Celle-ci dirige le processus de résolution de problème, définit les observations et les actions que l'utilisateur doit réaliser. Dans ce type d'interaction homme-machine, c'est la machine qui dispose du contrôle ; l'utilisateur à un rôle passif. Or l'expérimentation réalisée par les auteurs met en évidence que plus les utilisateurs se conforment à ce rôle passif de fournisseur de données, plus la performance globale du système homme-machine se dégrade.

Les auteurs proposent donc une alternative au paradigme “prothèse” : une conceptualisation instrumentale des outils cognitifs. Les outils cognitifs doivent être conçus comme des instruments à la disposition du sujet qui résout un problème. L'outil cognitif joue alors le rôle d'un consultant, source d'informations pour le sujet qui, lui, dirige le processus de résolution de problème. Le rôle de l'homme est de veiller à la performance d'ensemble de la coopération homme-machine en gérant les diverses ressources cognitives à sa disposition, c'est lui qui dispose du contrôle.

Roth, Bennet & Woods mettent donc l'accent, comme Rogalski et Samurcay, Hutchins ou Falzon, sur le primat de l'activité du sujet, de l'opérateur. C'est cette activité propre qui doit rester rectrice dans l'interaction avec l'outil cognitif, ce qui suppose que le sujet en ait le contrôle. Cette position est fondatrice du paradigme instrumental alternatif au paradigme de la prothèse.

Ainsi la nécessité d'un point de vue instrumental sur les artefacts apparaît, même lorsque ces artefacts sont fondés sur les technologies les plus contemporaines comme l'intelligence artificielle.

Synthèse : l'instrument médiateur, connaissance, opérant et moyen de l'action

Les conceptions de l'instrument que nous venons d'explorer, sont d'une grande diversité et s'opposent même parfois les unes aux autres. Nous allons cependant essayer maintenant d'en dégager des traits caractéristiques qui permettent de faire un premier bilan autour de la notion d'instrument.

Tout d'abord l'instrument est unanimement considéré comme une **entité intermédiaire**, un moyen terme, voire un univers intermédiaire entre deux autres entités que sont le sujet, acteur, utilisateur de l'instrument et l'objet sur lequel porte l'action.

Nous retrouvons là les trois pôles de la triade précédemment analysée. Ces pôles sont considérés de multiples façons par nos auteurs. En ce qui concerne l'acteur, les conceptions se situent sur un continuum dont les termes extrêmes seraient d'un côté l'organisme (le vivant) et de l'autre le sujet comme acteur intentionné et orienté, socialement situé. S'agissant de l'objet, les conceptions se répartissent également sur un continuum qui va de l'idée d'objet comme milieu voire environnement à celle d'objet de l'activité (l'objet pouvant alors être le sujet lui-même lorsque l'instrument lui permet de gérer sa propre activité).

La position intermédiaire de l'instrument en fait un médiateur des relations entre le sujet et l'objet. Il constitue un univers intermédiaire dont la caractéristique principale est donc d'être doublement adapté au sujet et à l'objet, une adaptation en termes de propriétés matérielles mais aussi cognitives et sémiotiques en fonction du type d'activité dans lequel l'instrument s'insère ou est destiné à s'insérer.

Deux grandes orientations de la médiation sont distinguées :

- dans le sens de l'objet vers le sujet une médiation que nous qualifierons de **médiation épistémique** où l'instrument est un moyen qui permet la connaissance de l'objet ;

- dans le sens du sujet vers l'objet une **médiation pragmatique** où l'instrument est moyen d'une action transformatrice (en un sens large incluant le contrôle et la régulation) dirigée vers l'objet.

Mais dès lors que cette médiation s'inscrit dans une activité réelle les dimensions épistémiques et pragmatiques de la médiation sont en interactions constantes au sein de cette activité.

L'instrument n'est donc pas seulement univers intermédiaire, il est **moyen de l'action** et plus largement de l'activité, c'est là une seconde dimension caractéristique. Les actions sont évidemment de nature très diverse :

- transformation d'un objet matériel avec un outil à main : **instrument matériel** ;
- prise de décision cognitive, par exemple en situation de gestion d'environnement dynamique : **outil cognitif** ;
- gestion de l'activité propre : **instrument psychologique** ;

- interaction sémiotique avec un objet sémiotique ou autrui : **outil sémiotique** ²⁶.

Au sein de l'action, l'**instrument** constitue un opérant, il est **opératif** au sens où il prend en charge une partie de la tâche : il effectue un travail. La nature de ce travail et ce sur quoi il porte étant bien évidemment en relation avec les objets de l'activité et de ce fait très variable.

L'instrument est moyen de l'action singulière, située, mais il a une valeur beaucoup plus générale, il est, au-delà de la singularité du présent, pertinent pour une classe d'actions et de situations. L'instrument est donc tout à la fois dans une relation d'adaptation mais aussi d'indépendance vis-à-vis de la situation présente. Certains auteurs font même de cette indépendance un critère de la spécificité de l'instrument humain par rapport à l'instrument animal. L'instrument est donc associé par le sujet à son action singulière, dynamiquement intégré dans celle-ci, mais il est aussi conservé pour être réutilisé dans les situations futures appartenant à la même (ou aux mêmes) classes. Il est ainsi l'occasion de recompositions durables de l'activité qui s'organisent en actes instrumentaux.

A travers cette conservation, l'instrument est un **moyen de capitalisation de l'expérience** accumulée (cristallisée disent même certains auteurs). En ce sens, **tout instrument est connaissance**.

Ce sont des connaissances inscrites au cours du processus de conception, mais aussi accumulées par et à travers la multiplicité des situations et des usages. L'instrument peut, de ce point de vue, être considéré comme une des modalités de fixation externe des acquis de l'espèce. Des connaissances que le sujet peut s'approprier par une activité adéquate qui doit être développée de façon adaptée ²⁷, et peut, bien entendu, s'élaborer avec l'aide d'autres sujets (une des formes de la médiation chez Vygotsky et Léontiev).

Ce sont aussi des connaissances propres du sujet, caractéristiques des formes et modalités de rapport du sujet à l'objet, les exprimant et pour cela source d'observables possibles pour le psychologue ou l'ergonome. Des connaissances capitalisées à la fois dans les transformations du dispositif matériel que constitue l'artefact mais aussi dans les usages, les modes d'emploi qui y sont associés.

L'instrument est ainsi, comme le signe, qui pour certains auteurs n'en est qu'un cas particulier, une entité bifaciale, mixte, à la fois artefact et mode d'usage, ces deux dimensions étant fondamentalement indissociables. Leroi-Gourhan considérait dès 1965 qu'à l'outil sont associées ce qu'il appelle des "chaînes opératoires machinales" acquises par l'expérience et l'éducation. Il considère que si la psychologie peut en rendre compte, ce n'est pas pertinent pour sa propre approche anthropologique.

²⁶ A l'évidence, les définitions de ces différents "types" d'instruments ne définissent pas des classes disjointes : un instrument sémiotique, par exemple, peut permettre la prise de décision cognitive (outil cognitif) ou contribuer à la gestion de l'activité propre ou d'autrui (instrument psychologique). En fait, un même dispositif peut remplir une multiplicité de fonctions dans l'activité du sujet. On pourrait dire qu'il y a une synergie des fonctions instrumentales.

²⁷ Activité qui pour être véritablement adéquate suppose que le sujet dispose d'une "grille de lecture" lui permettant de s'approprier les connaissances.

CHAPITRE 6 : L'INSTRUMENT, UNE ENTITÉ MIXTE

C'est un point de vue psychologique sur l'instrument comme entité mixte que nous allons approfondir ici. Nous définissons l'instrument comme une totalité comprenant à la fois un artefact (ou une fraction d'artefact) et un ou des schèmes d'utilisation. Mais, avant de donner, sur ces bases, une définition psychologique de l'instrument, nous allons examiner le concept de schème en partant de l'approche de Piaget pour qui le schème d'une action est l'ensemble structuré des caractères généralisables de l'action qui permettent de répéter la même action ou de l'appliquer à de nouveaux contenus ²⁸, ensuite, nous examinerons le concept de schème d'utilisation.

De l'artefact à l'usage : les schèmes d'utilisation

Un artefact n'est pas un instrument achevé, l'outil n'existe que dans le cycle opératoire affirmait déjà Leroi-Gourhan (1965). Il manque encore à l'artefact de s'inscrire dans des usages, des utilisations, c'est-à-dire des activités où il constitue un moyen mis en oeuvre pour atteindre les buts que se fixe l'utilisateur. Or ces usages, même s'ils sont en partie anticipés par les concepteurs de l'artefact, excèdent le plus souvent, et parfois considérablement ces anticipations. L'élaboration, la production des usages se poursuivent au-delà de la conception initiale comme production, privée, mais aussi sociale.

Nous en avons de nombreux témoignages, par exemple les formes d'usage de la photographie spécifiques de différents groupes sociaux identifiées par Bourdieu (1965) ou les usages imprévus qui ont émergé autour du Minitel. L'objet, l'artefact, le système même, au départ nanti d'un projet d'insertion dans la société, s'insère, en fait, dans des pratiques souvent en décalage aussi bien du point de vue du contexte que des finalités d'emploi (Perriault 1990).

L'exemple banal de la multiplicité des utilisations réelles d'un objet aussi théoriquement spécifique qu'un sèche-cheveux suffit à le montrer : sécher un vêtement, dégivrer une serrure, voire chauffer une pièce... Cependant derrière cette diversité, il est possible de retrouver des éléments relativement stables et structurés dans l'activité et les actions de l'utilisateur. Nous avons proposé de les caractériser comme des schèmes d'utilisation (Rabardel & Vérillon 1985, Rabardel 1991b) ²⁹.

Prenons un exemple que nous empruntons à une étude menée au Laboratoire National d'Essai. Lors d'un essai d'usage de train électrique jouet, à plusieurs reprises, des enfants ont eu un comportement leur faisant encourir de grands risques. Ils ont tenté d'introduire dans la prise de courant 220 volts les fils électriques destinés à l'alimentation en basse tension.

²⁸ Comme le soulignent Montangero et Maurice-Naville (1994) en prenant l'exemple de la préhension, le schème n'est pas le déroulement particulier des mouvements et des perceptions : c'est le canevas général qui peut se reproduire en des circonstances différentes et donner lieu à des réalisations variées. Par exemple, on tend plus ou moins le bras ou on ouvre plus ou moins la main selon l'éloignement ou la taille de l'objet à saisir. Quel que soit l'objet, il s'agit toujours du même schème de préhension.

²⁹ Guillevic (1990), dans sa réflexion sur l'appropriation cognitive de l'outil en situation de transfert de technologie rejoint également l'idée d'une intégration de l'outil dans les schèmes du sujet.

Les auteurs concluent que ce sont tout à la fois l'ignorance de l'enfant, la présence de fils électriques, et la volonté de faire fonctionner le dispositif qui sont à l'origine de cette utilisation dangereuse. Nous faisons l'hypothèse complémentaire, que l'ensemble de ces éléments (train électrique, fils, prise) active chez les enfants un schème de "branchement électrique", déjà formé auquel ils vont assimiler l'artefact sans autre forme de procès ³⁰. Cette assimilation est tout à la fois pertinente (il s'agit bien d'une situation de branchement électrique) et dangereuse dans la mesure où l'enfant est placé devant une multiplicité de branchements possibles vis-à-vis desquels il ne dispose pas de critères de choix.

Un second exemple nous permettra de mettre en évidence une situation nécessitant l'accommodation des schèmes. Il s'agit d'un type d'accident survenu aux États-Unis lors de l'apparition des fours à micro-ondes : un utilisateur a introduit un animal domestique dans le four avec les horribles conséquences que l'on devine.

Cet accident peut être interprété comme l'assimilation d'un artefact de type nouveau à un schème élaboré à l'occasion de l'utilisation d'un artefact d'usage voisin mais dont la logique de fonctionnement est différente. Ce schème repose sur une utilisation des fours élargie à d'autres usages que la cuisson alimentaire. Les propriétés chauffantes des fours classiques sont utilisées pour sécher des objets (par exemple des chaussures humides). Pour la cuisson avec le micro-ondes rien n'oblige a priori l'utilisateur à procéder de façon nouvelle. Il assimile donc sans problème l'objet au schème déjà constitué. Par contre, dès qu'il s'agit de "vivant", cette assimilation est catastrophique. Il y a nécessité d'accommodation du schème au plan représentatif en ce qui concerne les modalités d'engendrement de la chaleur au sein du nouvel artefact, c'est-à-dire au plan de la causalité des phénomènes.

Ces deux exemples illustrent l'association de schèmes d'utilisation et de leurs propriétés assimilatrices et accommodatrices aux artefacts. Cette association est parfois si puissante qu'elle ne peut être remise en cause. Ainsi, toutes les tentatives faites par les constructeurs automobiles pour modifier les positions relatives des pédales de frein d'accélérateur... se sont soldées par des échecs : dans les situations d'urgence, les conducteurs agissaient comme si les positions n'avaient pas été modifiées ³¹. Nous allons, afin de formaliser plus précisément le concept de schème d'utilisation, examiner maintenant, à partir de la littérature, la notion piagétienne de schème et ses évolutions contemporaines ³².

³⁰ On peut considérer, avec Norman (1988, 1992) que les éléments perceptibles de la situation appellent un certain type d'usage, de mise en oeuvre, des artefacts. Il utilise le terme "affordance" pour désigner ce type de phénomène

³¹ Citons un exemple de même nature et qui date... du tout début du 19ème siècle (1801). Nous l'empruntons à Garneray (1985). Sur un navire négrier, le capitaine avait fait inverser les commandes de la barre (gagnant ainsi de la place pour embarquer le bétail humain). Les hommes de barre s'habituaient, semble-t-il assez vite au nouveau dispositif qui fut donc adopté. Mais, au coeur d'une tempête, alors que la survie du bateau dépendait de la précision d'une manoeuvre à exécuter instantanément, le barreur manoeuvra la barre à contre-sens ce qui causa la perte du navire.

³² Plusieurs notions ont été proposées, à partir de différents cadres théoriques, pour caractériser les invariants qui structurent l'activité et de l'action: c'est le cas des notions de schema, frame, script, scenario ou du modèle proposé par Rasmussen (1983, 1986). Nous les considérons comme des contributions possibles à la caractérisation de ce que nous avons choisi, pour notre part, de théoriser à partir du cadre piagétien.

Schème, schéma... un concept nomade

La notion de schème et les notions parentes ou qui s'en sont inspirées (schéma, script, scénario etc.) se retrouvent dans un grand nombre de cadres théoriques non seulement en psychologie cognitive mais aussi dans d'autres disciplines telles que l'intelligence artificielle, la psycholinguistique ou la psychologie sociale. De plus, les influences réciproques entre ces domaines de recherche font que les notions et concepts voyagent ³³.

Ainsi l'idée de cadre, parfois utilisée par Piaget en association avec celle de schème, et même localement comme synonyme de ce dernier terme (cf. par exemple Piaget 1936a) est proposée par Minsky (1975) dans le champ de l'intelligence artificielle, après un voyage à Genève. Elle sera depuis reconsidérée par la psychologie à partir de ce nouvel usage et des évolutions théoriques qui y sont associées.

Mais le concept de schème a des origines plus anciennes encore, Hoc (1986) cite par exemple, à côté de la notion piagetienne, les schèmes anticipateurs du but de Seltz (1924) et les schémas de Bartlett (1932), tandis que Eysenk & Keane 1990 n'hésitent pas à citer Kant. C'est un concept qui continue à évoluer sous l'influence des travaux des Genevois et plus généralement de ceux qui cherchent à travers leurs recherches à capitaliser les acquis scientifiques issus du paradigme piagétien (Cellérier 1979, 1992, Boder 1982, Bastien 1987, Vergnaud 1990 a & b etc..) mais aussi en relation avec l'intelligence artificielle et les théories psychologiques liées au paradigme du traitement de l'information.

Plusieurs auteurs ont déjà mené des analyses des différents types de conceptions qui s'entrecroisent et parfois s'affrontent autour de la notion de schème, notamment Cellérier (1979 a & b), Hoc (1986), Bastien (1987), Hoc & Nguyen Xuan (1987), Fayol & Monteil (1988), Richard (1990), Eysenk et Keane (1990). Nous y renvoyons le lecteur et nous nous contenterons d'en résumer ici les dimensions principales en nous focalisant plus particulièrement sur les aspects qui nous apparaissent pertinents dans une perspective instrumentale.

Le concept de schème est tout à fait central dans la théorie piagétienne, mais, dans les années 60, même si des propriétés essentielles des schèmes étaient définies, le concept restait insuffisamment formalisé pour satisfaire aux critères de programmabilité des systèmes informatiques. C'est une des raisons, comme le rappelle Cellérier (1979 a) de son rejet sous sa forme Piagétienne par une partie de la recherche cognitive issue de l'approche traitement de l'information.

Le choix du cadre piagétien permet notamment de rendre compte des dimensions de genèse instrumentale mises en évidence dans des recherches empiriques (Rabardel 1991 d, 1992 a, Vérillon 1988 c, 1991). Il nous paraît heuristique pour une approche développementale des relations aux artefacts dont l'examen de la littérature montre qu'elle apparaît aujourd'hui nécessaires à beaucoup d'auteurs : Bodker (1989 & 1991), Engeström (1991), Henderson (1991), Henderson & Kyng (1991), Norros (1991)... Il s'agit de rendre compte de la production des usages par les utilisateurs, du développement de leurs compétences, et d'élaborer une conceptualisation des processus de conception qui permette de comprendre cette contribution des utilisateurs à la conception et de faciliter sa prise en compte et son intégration par les concepteurs professionnels.

³³ Stengers, dans son ouvrage au titre évocateur : "D'une science à l'autre : des concepts nomades" (1987) ne traite malheureusement pas du concept de schème dont l'histoire déjà longue est pourtant passablement itinérante.

Ainsi Moore & Newell (1974 a) considèrent que les concepts d'assimilation et d'accommodation et les notions théoriques comme celle de schème ont fort peu de substance en termes informatiques. Des conceptualisations parentes qui cherchent à satisfaire à ces critères informatiques ont donc été développées, et dans le même temps, d'autres auteurs ont plutôt cherché à rapprocher les conceptualisations issues de la théorie piagétienne et de celle du traitement de l'information : Pascual-Leone & al. (1978), Fischer (1980), Cellérier (1979 a & b, 1987) Cellérier & Ducret 1992 a & b) notamment. Nous renvoyons, pour les deux premiers à Bastien (1987) qui en présente une analyse détaillée et nous développerons, dans une prochaine section, les propositions de Cellérier (dans la filiation desquelles se situent également les travaux de Bastien), qui nous paraissent particulièrement intéressantes pour notre propos. Les chercheurs de Genève ont continué leurs recherches autour de Inhelder et de Cellérier en s'inspirant des renouvellements proposés par ce dernier, nous y reviendrons. Enfin des élaborations théoriques ont été développées en relation avec l'acquisition des connaissances scientifiques (par exemple Bastien 1987 ou Vergnaud 1990 a & b), nous y reviendrons également.

Les tentatives de formalisation du concept de schème dans le cadre du paradigme des systèmes de traitement de l'information ont produit de multiples notions qui sont souvent largement recouvrantes comme le montre Hoc (1986).

Minsky (1975) semble être le premier à avoir tenté une formalisation des aspects déclaratifs du schème dans le domaine de la reconnaissance des formes. Les démarches purement ascendantes (dirigées par les données) pour l'analyse d'une configuration géométrique s'avérant peu efficaces, l'auteur a proposé de faire intervenir des connaissances sur les invariants de structures courantes (prismes etc.). Ces invariants appelés "cadres" (frame), une fois évoqués constituent des systèmes d'attente ou d'hypothèse pour reconnaître le stimulus présenté. L'application du cadre consiste à particulariser la description schématique donnée par le cadre.

La plupart des auteurs formalisent de même les schémas comme des systèmes relationnels entre variables à particulariser (assimilation)³⁴. Hoc & Nguyen-Xuan (1987), considèrent que les concepts de frame (cadre), script (scénario) et schéma sont équivalents. Ils constituent une référence pour interpréter des données nouvelles. Le cadre de référence peut-être un événement, un objet, un concept : il s'agit toujours d'une connaissance générique construite à travers un certain nombre d'expériences vécues. Un cadre est une structure de variables. L'interprétation de données nouvelles consiste à spécifier les valeurs des variables.

Les propriétés les plus importantes des cadres sont :

- inférence par héritage : relation "cas particulier de" (ex restaurant = cas particulier de établissement commercial) ;

³⁴ Moore et Newell (1974) avaient, par ailleurs proposé une beta-structure permettant, pour des objets très nouveaux, une assimilation plus floue par analogie. Pour Schank et Abelson (1977) les schémas sont formalisés sous forme de scripts (scénario) correspondant à une séquence stéréotypée d'événements, d'où des difficultés pour traiter les situations non familières. Schank (1980) en a proposé une organisation hiérarchique en MOP (Memory Organisation Packet) construits par abstraction et généralisation à partir de scénarios. Les informations mémorisées sur un scénario spécifique sont limitées à celles n'appartenant pas au MOP super-ordonné. Pour Sacerdoti (1977) un plan est une représentation schématique correspondant à une décomposition de la structure de but à l'étape précédente, conformément à l'introduction de contraintes ou à des heuristiques générales.

- compréhension dirigée par les concepts : inférence de données non perçues qui peut conduire à une orientation vers un autre cadre en cas de constat d'incohérence entre les hypothèses du cadre et les données ;

- représentation de connaissances procédurales : il y a des variables auxquelles sont attachées des procédures, procédures de spécification ou de résolution du problème ;

- imbrication des cadres : une variable peut être elle-même un cadre.

La plupart des formalisations de la notion de schéma traitent des relations entre connaissances déclaratives et procédurales. Le schéma assimilateur servant à la compréhension comporte des attachements procéduraux qui permettent de traiter les données ayant particularisé le schéma. Selon Hoc (1986), ces formalismes ne prennent en charge que des aspects limités des mécanismes d'assimilation-accommodation, mais permettent de réintégrer la compréhension dans la résolution de problèmes.³⁵

Les définitions données par l'intelligence artificielle apparaissent comme le souligne Hoc (1986) plus précises et plus opérationnelles dans un contexte de construction de systèmes techniques les plus efficaces possibles. Mais tel n'est pas l'objet de la psychologie cognitive qui vise à construire des modèles valides pour de vastes classes de situations nous rappelle l'auteur.

Et en effet, le concept de schéma n'est pas une simple formalisation de celui de schème comme le fait apparaître Richard (1990). Schème et schéma d'action se ressemblent certes sur plusieurs points essentiels :

- le schème est reproductible : il contient les conditions de reconnaissance des situations auxquelles il est applicable. Le schème d'action possède également des informations concernant ses conditions d'application qui constituent les pré-requis des sous buts ;

- le schème est assimilateur : il s'applique à des situations nouvelles. Le schéma d'action peut également permettre la généralisation à d'autres situations par analogie ;

- le schème a un caractère téléologique, ce qui le dote d'un système de contrôle et lui permet d'assigner des significations fonctionnelles. Le schéma contient également des informations sur le but, ce qui est à la base des significations fonctionnelles qui constituent le réseau des fonctionnalités.

Mais pour l'auteur la différence majeure est que le schème ne constitue pas une connaissance déclarative, il s'applique de lui-même et n'a pas besoin de mécanisme de programmation de l'action comme le schéma d'action. A l'inverse, les schémas d'action sont des connaissances déclaratives tandis que les savoirs procéduraux particularisés pour certains contextes sont eux, comme les schèmes, directement opérationnels et immédiatement exécutables. Richard pense donc que la notion piagétienne de schème doit être dissociée en plusieurs notions pour rendre non solidaires du schème les fonctions d'inférence et d'évaluation.

³⁵ C'est d'ailleurs sur cette base que Richard (1990) définit la compréhension : elle résulte de la particularisation d'un schéma.

Bien que notre propos ne soit pas, ici, d'alimenter le débat théorique autour de la notion de schème, mais de spécifier les schèmes d'utilisation pour construire une définition psychologique de l'instrument, il nous semble cependant que certaines des évolutions de la notion de schème proposées par les chercheurs de Genève vont dans le sens d'une différenciation de la notion qui paraît nécessaire à Richard. Nous pensons en particulier aux distinctions entre schèmes présentatifs et procéduraux, au processus de spécification schématique évoqués par Inhelder & Caprona (1992) entre schèmes familiers, non familiers et procédures proposées par Boder (1992) aux différentes significations des schèmes familiers : routine, primitive, procédure, analysées par Saada-Robert (1985, 1989, 1992).

L'orientation actuelle des travaux de l'école genevoise qui privilégie désormais l'étude du fonctionnement du sujet psychologique en situation de résolution de problème et d'action plutôt que celle des structures du sujet épistémique, est à l'origine de ces développements. Nous en présenterons les aspects essentiels pour notre propos, mais auparavant nous allons explorer la notion de schème développée par Piaget.

La notion de schème chez Piaget

Pour Piaget (1936a), qui analyse la naissance de l'intelligence dans sa dimension sensori-motrice ³⁶, les schèmes constituent des moyens du sujet à l'aide desquels il peut assimiler les situations et les objets auxquels il est confronté. Ce sont des structures qui prolongent l'organisation biologique et ont en commun avec elle une capacité assimilatrice d'incorporation d'une réalité extérieure au cycle d'organisation ³⁷ du sujet : tout ce qui répond à un besoin est susceptible d'assimilation.

Le schème, moyen d'assimilation, est en lui-même le produit de l'activité assimilatrice : l'assimilation psychologique, en sa forme la plus simple, n'étant que la tendance de toute conduite à se conserver. C'est l'assimilation reproductrice qui constitue les schèmes, ceux-ci acquérant leur existence dès qu'une conduite, si peu complexe soit-elle, donne lieu à un effort de répétition et se schématise ainsi. Le schème d'une action est donc l'ensemble structuré des caractères généralisables de l'action, c'est-à-dire qui permettent de répéter la même action ou de l'appliquer à de nouveaux contenus (Piaget & Beth 1961).

Le schème est une organisation active de l'expérience vécue qui intègre le passé. C'est donc une structure qui a une histoire et se transforme au fur et à mesure qu'elle s'adapte à des situations et des données plus variées. Un schème s'applique à la diversité du milieu extérieur et se généralise en fonction des contenus auxquels il s'applique. L'histoire d'un schème est celle de sa généralisation continue, elle est aussi celle de sa différenciation :

- d'une part les schèmes, une fois constitués, servent d'instrument à l'activité organisatrice. Ils permettent notamment d'assigner des buts aux actions, d'en être le moyen, et d'attribuer une signification aux péripéties de l'expérience. Les objets nouveaux assimilés par les schèmes grâce à leur proximité d'apparence ou de situation se voient ainsi attribuer des significations, tout en contribuant à l'extension de celles-ci et à la formation de nouveaux réseaux de signification ;

³⁶ Piaget appelle aussi l'intelligence sensori-motrice intelligence pratique.

³⁷ Piaget a parlé plus tard d'auto-organisation. Cf. par ex. 1974 a & b.

- d'autre part les schèmes s'accommodent à la réalité extérieure, qu'ils éprouvent des difficultés à assimiler, et ils s'accommodent aussi aux autres schèmes. L'accommodation est une des sources des différenciations progressives, l'autre source étant l'application d'une multiplicité de schèmes à un même objet. L'accommodation, réduite dans les premiers mois de la vie à un simple ajustement global, donne lieu ensuite à des tâtonnements dirigés et à des conduites expérimentales de plus en plus précises.

L'évolution des schèmes, et du sujet, procède donc de deux processus complémentaires : l'un d'incorporation des choses au sujet, le processus d'assimilation ; l'autre d'accommodation aux choses elles mêmes.

Tout schème constitue une totalité, c'est-à-dire un ensemble d'éléments mutuellement dépendants et ne pouvant fonctionner les uns sans les autres : ils s'impliquent mutuellement. C'est la signification globale de l'acte qui assure l'existence simultanée des relations constitutives des schèmes comme totalité.

Cependant, même s'ils constituent à l'origine des totalités isolées, les schèmes se coordonnent, par assimilation réciproque, en totalités nouvelles et originales plus larges ayant également des propriétés d'ensemble. Ainsi, chez le petit enfant, la coordination de plusieurs schèmes en un acte unique résulte de la nécessité d'atteindre un but non directement accessible par l'intermédiaire d'un schème isolé. Cela implique la mobilisation de schèmes jusque là relatifs à d'autres situations et leur coordination qui aboutit à la formation d'un schème principal de l'action incorporant une série plus ou moins longue de schèmes subordonnés.

Prenons un exemple dans les observations de Piaget (1936a) où il analyse la naissance de l'intelligence. Il analyse l'acquisition de la conduite du bâton chez de jeunes enfants (un peu plus d'un an). L'enfant est assise en face d'un divan sur lequel se trouve une petite gourde dont elle désire s'emparer. A côté d'elle se trouve un bâton avec lequel elle s'est amusée, dans les semaines précédentes à frapper le sol et des objets. Elle cherche d'abord à atteindre la gourde directement puis saisit le bâton et se met à taper sur l'objet ce qui, par hasard, le fait tomber. Un peu plus tard, dans une situation où la gourde est cette fois à terre (et ne peut donc tomber), elle tapera de nouveau sur la gourde et en observant avec attention les mouvements obtenus, se mettra progressivement à pousser la gourde avec le bâton pour finir par l'amener à elle. Enfin, dans une autre situation où aucun bâton n'est disponible, elle saisira un livre pour s'en servir comme d'un bâton et chercher à rapprocher l'objet convoité.

L'enfant a donc, dans un premier temps, mis en oeuvre un schème déjà constitué (taper avec un bâton), mais cette assimilation de la situation au schème ne permet pas de réussir à chaque fois. Le schème va donc progressivement être accommodé afin de gérer le déplacement de l'objet, jusqu'à aboutir à un nouveau schème : pousser avec un bâton. Enfin celui-ci sera généralisé à d'autres objets, ici un livre. La conduite nouvelle formée est finalement soutendue par un schème principal qui incorpore une série de schèmes : saisir un bâton, pousser avec le bâton, saisir l'objet convoité.

Cet exemple pédagogique ne doit pas laisser penser que les schèmes ne concernent que les activités sensorimotrices. Pour Piaget, les schèmes sont aussi à l'origine de la formation des concepts comme le montre la série des travaux sur la prise de conscience et la différenciation du "réussir" et du "comprendre" (Piaget 1974 a & b). Dans ses recherches sur la prise de conscience (1974 a), il souligne qu'au départ seuls deux éléments de l'action sont conscients : le but et le résultat obtenu, le premier dépendant du schème assimilateur dans lequel est inséré l'objet et le second de l'objet lui-même. La prise de conscience des moyens se fait à partir des observables sur l'objet c'est-à-dire de l'analyse des résultats. Réciproquement ce sera l'analyse des moyens

donc des observables sur l'action qui vont fournir au sujet l'essentiel des informations sur l'objet et peu à peu les explications causales de son comportement.

Le mécanisme de la prise de conscience apparaît ainsi à Piaget comme un processus de conceptualisation reconstruisant puis dépassant au plan de la sémiotisation et de la représentation ce qui était acquis à celui des schèmes d'action.

L'action à elle seule constitue donc, pour lui, un savoir autonome d'un pouvoir considérable qui, bien que n'étant que savoir-faire et non connaissance consciente au sens de compréhension conceptualisée, constitue néanmoins la source de cette dernière.

Il distingue trois paliers d'évolution de l'action dans la genèse :

- le premier est celui de l'action matérielle sans conceptualisation mais dont le système des schèmes constitue déjà un savoir élaboré. C'est à ce niveau que se constituent les premières conduites instrumentales ;
- le deuxième est celui de la conceptualisation tirant ses éléments de l'action par la prise de conscience et les intériorisant en représentations sémiotisées (langage, image mentale...) mais en y ajoutant ce que comporte de nouveau le concept ;
- enfin le troisième palier (contemporain des opérations formelles) est celui des abstractions réfléchies formé par des opérations portant sur les opérations antérieures. Il y a réflexion de la pensée sur elle-même.

A chacun de ces trois paliers se constitue progressivement une série de coordinations par assimilation réciproque des schèmes d'abord pratiques (au premier palier) puis conceptuels ensuite. La prise de conscience s'inscrit ainsi dans la perspective générale de la relation circulaire entre le sujet et les objets. Le sujet n'apprenant à se connaître qu'en agissant sur les objets et ceux-ci ne devenant connaissables qu'en fonction des progrès des actions exercés sur eux.

C'est là un credo piagétien fondamental : l'origine de la connaissance est à chercher dans l'action. Mais la focalisation de ses recherches sur la dimension structurelle de la genèse, si elle éclairait la construction du sujet épistémique, restait tout à fait insuffisante pour rendre compte des conduites du sujet psychologique. C'est à cette tâche que se consacrent ses successeurs genevois.

Les élaborations théoriques de Cellérier

Nous examinerons d'abord, tant elle nous paraît décisive, la contribution de Cellérier à la réflexion actuelle sur la notion de schème. Nous examinerons ensuite plus largement les travaux de l'école Genevoise, à laquelle il appartient, et dont il est, avec Inhelder, un des inspirateurs et maîtres à penser.

En 1979 il publie deux articles importants qui discutent les rapports entre structures cognitives et schèmes d'action en plaçant cette distinction dans le débat plus général encore entre deux branches de la psychologie cognitive : l'approche du constructivisme génétique et celle des systèmes de traitement de l'information. Il pense que loin de devoir s'opposer, ces deux approches sont en fait fonctionnellement complémentaires : l'épistémologie génétique et à sa suite la psychologie génétique se sont préoccupées

essentiellement de l'acquisition des connaissances, tandis que le cognitivisme s'est centré davantage sur leur application ³⁸.

Les deux sujets de ces théories, le sujet "épistémique" et son correspondant le sujet "pragmatique" et les deux échelles temporelles, macro et microgénétique fusionnent dans le sujet psychologique individuel. Mais du fait de leur centration différente les deux systèmes théoriques ont fait l'objet de critiques symétriques correspondant à la dimension qu'ils ne prenaient pas principalement en compte : si la psychologie génétique est non effective (au sens où elle est insuffisamment formalisée pour être implémentable dans les systèmes informatiques) les modèles informatiques sont non explicatifs (au sens où tout programme peut être interprété comme un réseau de réflexes conditionnels et où toute interprétation plus forte doit être fondée sur un cadre théorique nécessairement externe au programme). Ainsi conclut-il avec humour, les critiques qui s'adressaient il y a quelques années aux psychologies des "rats théoriques" (les rats européens réfléchissaient toujours sans jamais agir, tandis que les rats américains agissaient toujours sans jamais réfléchir) s'adressent aujourd'hui aux théories psychologiques de leurs anciens dompteurs ce qui n'est, après tout, conclut-il, que justice.

Cellérier discute longuement les concepts propres aux deux approches et conclut que la notion de schème ne peut se réduire à celle informatique de procédure formelle. Il définit un schème comme un modèle interne regroupant une structure de contrôle assemblant, au cours de la production de conduites adaptées à un milieu externe, des structures procédurales à partir de connaissances formant un espace de problème épistémique interne. Le schème est conçu comme un système subdivisé en modules plus spécialisés dont les procédures sont les macro-opérateurs de l'espace problème qu'ils factorisent en sous-espaces indépendants. La structure est considérée comme hétérarchique : les divers modules spécialisés, bien que subordonnés à l'exécution d'un plan défini au niveau du schème, interagissent en se subordonnant les uns aux autres lorsqu'ils rencontrent, au cours de leur tâche propre, un sous-problème pour lequel ils ne sont pas compétents.

Le projet théorique d'articulation des structures cognitives et des schèmes d'action est donc mené à bien par l'intermédiaire d'une formalisation de la notion de schème introduisant une conception modulaire et une structure de contrôle de type hétérarchique .

Cellérier et Ducret (1992 a & b) prolongent la réflexion théorique sur la notion de schème dans deux textes complexes. Nous n'en retiendrons ici que les éléments relatifs au problème de la conservation et de l'accessibilité différentielle des schèmes.

Ces auteurs considèrent la conservation différentielle des schèmes acquis comme une nécessité fonctionnelle. En effet la valeur d'un schème est liée à la productivité différentielle qu'il apporte au système cognitif, c'est-à-dire qu'elle dépend du sous-ensemble des autres schèmes avec lesquels il interagit pour la même tâche, en collaboration mais aussi en concurrence. Ainsi certains schèmes qui seront productifs pendant la phase initiale de l'apprentissage d'une activité, ne le seront plus à une étape

³⁸ Il va de soi que l'analyse de Céliérier est datée et qu'il convient de la resituer dans le contexte des débats de la fin des années 70. Elle nous paraît cependant aujourd'hui encore intéressante, à la fois parce qu'elle permet de situer une des voies de confrontation des paradigmes génétiques et cognitivistes, et parce qu'elle constitue une tentative de capitalisation de leurs apports respectifs. Une telle démarche de capitalisation nous paraît être aujourd'hui une des tâches nécessaires et urgentes de la psychologie.

ultérieure. Ils ne pourront être conservés sans une reconstruction qui les adaptera à leurs nouveaux "collaborateurs". On retrouve ici l'équilibration Piagétienne fondée sur l'intégration maximale des schèmes déjà construits dans une construction nouvelle accompagnée d'une restructuration rétroactive de ces schèmes.

Pour les auteurs, la stratégie de la conservation et de l'intégration des acquis a pour effet et fonction de permettre la production de conduites non tâtonnantes rendues possibles par l'autoguidage anticipateur, d'une part de l'action des schèmes d'assimilation ainsi préadaptés, d'autre part de la construction et reconstruction de ces derniers par des métaschèmes accommodateurs de mieux en mieux guidés par les connaissances acquises. Il en résulte que les schèmes acquis et préadaptés produisent le fonctionnement, en majeure partie inconscient, du pilotage automatique du sujet qu'assure l'intelligence dans les multiples tâches de la vie courante.

Cellérier et Ducret font, en outre, l'hypothèse que des marqueurs de priorité relative réalisent l'accessibilité différentielle des schèmes et inscrivent ainsi, dans l'organisation mnémonique des schèmes, l'évaluation, à tout moment, de leur productivité relative. Certains schèmes y seront, de ce fait, indiqués prioritairement et essayés avant d'autres. La familiarité d'un schème est donc, pour une part, l'expression de la fréquence différentielle d'activation qui résulte de sa priorité.

L'intérêt des analyses de Cellérier dans une perspective instrumentale tient à ce que l'approche modulaire permet de poser des hypothèses relatives aux mécanismes et aux conditions de coordination des schèmes d'utilisation élémentaires en schèmes d'actions instrumentées complexes. Il tient aussi aux hypothèses différentielles concernant la conservation et l'accessibilité des schèmes, hypothèses qui nous apparaissent heuristiques pour l'analyse des genèses instrumentales (cf. troisième partie).

Les évolutions de la notion de schème liées à l'analyse fonctionnelle de l'activité du sujet psychologique

Inhelder & De Caprona (1992a), dans l'avant propos de l'ouvrage faisant le bilan des travaux genevois portant sur l'analyse fonctionnelle du sujet psychologique (Inhelder & Cellérier 1992), font ressortir l'apport de la cybernétique et de l'intelligence artificielle à l'évolution des problématiques genevoises : réhabilitant la notion de finalité, ces disciplines ont fait considérer l'action comme centrale au fonctionnement cognitif et même plus encore la dimension téléonomique de l'action.

En effet, comme le soulignent Inhelder & De Caprona (1985), si dans l'étude du sujet en situation de résolution de problème, les grandes structures de la pensée apparaissent comme la source de connaissances générales, elles ne sont que la toile de fond sur laquelle se déroulent les actions finalisées. Ces actions sont produites par des individus singuliers, doués du savoir et du savoir-faire issus des schèmes d'action et de représentation, et orientés par la résolution de tâches particulières. Elles sont produites par des **sujets psychologiques**.

Nos auteurs considèrent que la tâche fascinante des chercheurs de Genève fut de déceler de plus en plus clairement que le schème se révélait être l'unité de fonctionnement responsable du guidage de l'action.

Elles distinguent les schèmes présentatifs et les schèmes procéduraux (Inhelder & De Caprona 1992 a & b). Les schèmes présentatifs visent à comprendre la réalité, les schèmes procéduraux visent à réussir dans tous les domaines depuis les actions

élémentaires jusqu'aux problèmes abstraits. Ces deux types de schèmes sont complémentaires.

Les schèmes présentatifs portent sur les caractères permanents et simultanés d'objets comparables. Ils englobent les schèmes représentatifs mais aussi des schèmes sensori-moteurs qui ne supposent pas de représentations sémiotiques très élaborées. Les schèmes présentatifs peuvent être facilement généralisés et abstraits de leur contexte et se conservent même lorsqu'ils sont intégrés à d'autres schèmes plus larges.

Les schèmes procéduraux sont des suites d'actions servant de moyen pour atteindre un but. Ils sont difficiles à abstraire de leur contexte, leur conservation est limitée puisqu'un moyen pour atteindre un but n'a plus d'emploi lorsque le sujet a recours au moyen suivant ³⁹.

Les schèmes ne consistent donc pas uniquement en unités épistémiques qui organisent la connaissance générale, ils comportent également un aspect pratique et finalisé qui leur permet d'engendrer des procédures adéquates. Le schème est un cadre assimilateur qui attribue des significations et qui exerce une fonction se réalisant essentiellement dans la planification.

Cependant, il n'y a pas application directe des schèmes en résolution de problème. Chaque contexte requiert que le sujet spécifie à nouveau les schèmes dont il dispose en les reconstruisant partiellement. Afin d'assurer l'adéquation des connaissances constituées à une situation particulière, la spécification schématique relève d'un processus d'attribution de significations qui consiste, à la fois à retraduire les transformations permises par le schème en fonction des contraintes contextuelles et à reconnaître les données susceptibles de servir de support à ces transformations. Les éléments de la situation se voient alors assigner une fonction que le sujet peut utiliser.

Vis-à-vis d'une situation nouvelle, un schème est donc un "possible" tout à la fois indéterminé et riche de virtualités d'actualisation.

Le caractère familier d'un schème n'est pas donné, il est lui-même le produit d'une construction. Les schèmes familiers sont liés fonctionnellement aux objets ou configurations d'objets qu'ils organisent.

C'est précisément cette notion de schème familier qui est analysée par Boder (1992). C'est un schème au sens piagétien (caractérisé par une genèse et, organisateur dans le contexte de la situation), qui est facilement accessible : il est reconnu comme un outil privilégié dans un certain nombre de situations, où il est sélectionné pour organiser le travail. L'application de ces schèmes aura pour conséquence que la situation apparaîtra comme familière aux yeux du sujet.

C'est autour de ces schèmes que s'organise pour le sujet, la représentation du problème et du but. Le schème familier joue un double rôle :

- c'est une unité épistémique qui attribue une signification à la situation ;

³⁹ Cette affirmation nous paraît tout à fait contestable. Nous développerons, dans une prochaine section, l'idée que les schèmes d'utilisation, qui constituent des moyens, font l'objet non seulement de conservation (en relation avec l'utilisation des artefacts auxquels ils sont liés et les objets sur lesquels ils permettent d'agir) mais aussi de réinvestissement lorsque le sujet est confronté à de nouvelles classes d'artefacts et de situation.

- c'est un outil heuristique : il est responsable de l'orientation et du contrôle de la recherche.

La fonction planificatrice du schème relève d'un contrôle descendant, sa procédure de réalisation, du contrôle ascendant.

Les schèmes familiaux jouent un rôle heuristique fondamental. Ils se réalisent, s'instancient en procédures (tous comme les "cadres" s'instancient par affectation de valeurs aux variables). Une procédure, au cours de l'activité, peut elle-même être réinterprétée en termes d'un autre schème familial c'est-à-dire se voir attribuer une autre signification et évoquer ainsi un ou des schèmes non anticipés. Il y a donc une relative indépendance du schème familial et de la (des) procédure(s) d'application, ce qui permet, au cours de la résolution d'un problème, l'évocation de nouveaux schèmes familiaux à partir d'une procédure. Cette possibilité est un facteur d'évolution de la représentation du problème en fonction des tentatives de solutions et de leurs résultats.

Prenons un exemple issu des travaux de Boder (1992). Il s'agit d'une situation de résolution de problème où l'on dispose de deux jarres, l'une pouvant contenir quatre litres de liquide (J4) et l'autre cinq litres (J5). Le but est de constituer un contenu de deux litres dans l'une ou l'autre jarre, sans apposer de marques sur les jarres. Il est possible d'obtenir du liquide sur demande et d'en rejeter à l'extérieur. L'une des stratégies mise en oeuvre par les sujets (13 à 15 ans) consiste à obtenir un litre de liquide (en vidant le contenu de J5 dans J4, il reste un litre dans J5) puis de chercher à obtenir un second litre qui additionné au premier permet d'obtenir le résultat. Pour cela ils transfèrent le litre obtenu en J5 dans J4, afin de pouvoir remplir de nouveau J5 et en transvasant dans J4 d'obtenir le litre recherché. Ils oublient, bien sûr, qu'ainsi le litre conservé en J4 sera perdu. Ils obtiennent cependant un reste de deux litres dans J5, c'est-à-dire la solution, sans remarquer le plus souvent qu'ils l'ont obtenue. De plus lorsqu'on leur fait remarquer cette réussite et qu'on leur demande de recommencer, ils ont de grandes difficultés.

Cela tient à ce que les sujets mettent en oeuvre un schème familial "sch. conserver" : lorsqu'un litre est obtenu en J5 on le conserve par transvasement en J4. La signification attribuée à J4 est d'être un récipient pour conserver un contenu en attente pendant que l'on effectue une autre action en J5. Le transfert d'un litre en J4 est, alors, difficilement vu dans sa seconde propriété : créer en J4 un nouveau récipient de trois litres. Il faut que le sujet décentre son attention sur le complémentaire (le récipient de trois litres en J4) et ainsi modifie la signification attribuée à J4. C'est par ce processus qu'un schème "sch. complémentarité" prend progressivement le contrôle de la représentation du sujet et permet une réorientation du processus de résolution.

La mise en évidence du caractère plus ou moins familial des schèmes est important pour une perspective instrumentale. Nous faisons l'hypothèse que c'est l'association de schèmes familiaux (schèmes d'utilisation) aux artefacts qui, en attribuant des significations aux artefacts, aux objets et à l'environnement est constitutive des instruments.

Saada-Robert (1989, 1992) propose une idée complémentaire également importante dans notre perspective : celle d'une triple association entre schèmes familiaux, instruments transformateurs (qui sont, dans la recherche présentée ce que nous avons appelé des artefacts) et configurations familiales (maisons, murs etc.) correspondant à des prototypes caractéristiques des objets à réaliser dans la tâche. Ces trois types d'éléments forment ainsi des unités fonctionnelles mobilisables dans la résolution de problèmes.

Elle examine (1985, 1992) les mécanismes en jeu dans la microgenèse en situation de résolution de problème et en particulier les différents types de significations construites par les sujets. Les significations se construisent en rapport avec le découpage heuristique que le sujet fait du problème en fonction des schèmes familiers mobilisés, en même temps que ce découpage dépend des significations que le sujet donne aux schèmes en fonction de la situation.

L'auteur distingue trois types de signification - routine, primitive ou procédure - que peut revêtir un schème familier lorsqu'il se spécifie dans un contexte particulier :

- routine : il s'agit d'un schème choisi en fonction de sa pertinence globale à la situation, il a quelque chose à voir avec le problème posé et est à ce titre essayé. Cependant l'articulation précise à la solution n'est pas construite. Le schème est fonctionnellement lié à l'objet (objets physiques ou mentaux) dont il dépend étroitement, il se déroule de manière réglée et rigide, c'est un bloc. Le contrôle est dans ce cas ascendant, c'est-à-dire assuré par les aspects particuliers de l'objet. La routine correspond à des conduites d'exploration pour mieux fixer le problème.

- primitive : le schème est choisi en fonction de sa signification précise de condition nécessaire à la solution (signification par rapport au but), d'élément-clé pour la solution car un rapport a été établi entre but et objets. Le rapport fonctionnel schème-objet est inséré dans la résolution-but par contrôle descendant ce qui suppose une idée guide précise. La primitive est mobile, modifiable, et composable avec d'autres.

- procédures : schème choisi en fonction de sa signification comme manière la plus adéquate de transformer la situation. C'est une organisation globale composée de primitives qui peuvent disparaître en tant que telles. La procédure-type de la situation permet la maîtrise du problème.

Il peut y avoir passage microgénétique de l'un des statuts à l'autre chez le même sujet, sans que l'ordre en soit impératif. Il peut également s'agir de solutions alternatives.

L'idée qu'un schème familier puisse revêtir des significations différentes nous paraît importante dans une perspective instrumentale. Nous avançons l'hypothèse d'une genèse de l'instrument. La genèse des schèmes d'utilisation, qui sont une des composantes de l'instrument, peut passer par le réinvestissement de schèmes d'utilisation familiers, déjà constitués, et leur changement de signification. Il pourrait, en particulier, en aller ainsi lorsque le sujet est confronté à un artefact nouveau pour lui ⁴⁰.

⁴⁰ Nous avons proposé d'utiliser cette possibilité de changement de signification des schèmes familiers d'utilisation dans une perspective de conception. L'identification, à partir de l'analyse des activités d'usage, des schèmes d'utilisation susceptibles d'être associés aux artefacts, pourrait fournir aux concepteurs un point d'appui, qui leur manque souvent aujourd'hui, pour une anticipation de l'activité des utilisateurs à venir (Rabardel 1991e).

Un développement du concept de schème prenant en compte la spécificité des contenus

Les apports de l'école genevoise à la théorie des schèmes sont, nous venons de le voir, importants. Cependant, malgré l'élargissement des domaines explorés au delà de l'approche psychologique structurale initiale de Piaget, ces recherches n'ont que peu pris en compte la spécificité des conduites en fonction de la nature des contenus. Il s'agit pourtant d'un problème important qui a donné lieu à des recherches, notamment dans le domaine de l'acquisition des connaissances scientifiques. Nous en donnerons un exemple.

Vergnaud (1990 a & b) qui propose une théorie des champs conceptuels, inscrit sa réflexion dans une psychologie cognitive qu'il qualifie de psychologie des concepts par différence avec la psychologie piagétienne classique centrée sur les structures logiques. Il considère que les connaissances à caractère scientifique sont sous-tendues par des schèmes organisateurs de la conduite ⁴¹, et pense que c'est dans les schèmes qu'il faut chercher les connaissances en acte des sujets, c'est-à-dire les éléments cognitifs qui permettent à l'action du sujet d'être opératoire.

Il donne comme exemple dans le domaine de la motricité (le schème qui organise le mouvement du corps d'un athlète sautant en hauteur ⁴²) que dans celui des activités mathématiques. Ainsi, le schème du dénombrement d'une petite collection par un enfant de 5 ans, malgré des variations de forme lorsqu'il s'agit de compter des bonbons, des assiettes sur la table, ou des personnes assises de manière éparse dans un jardin, comporte une organisation invariante, essentielle pour le fonctionnement du schème : coordination des mouvements des yeux et des gestes du doigt et de la main par rapport à la position des objets, énoncé coordonné de la suite numérique, cardinalisation de l'ensemble dénombré par soulignement tonique ou par répétition du dernier mot prononcé : un, deux, trois, quatre...quatre! Les schèmes constituent l'organisation invariante de la conduite du sujet pour une classe de situations, à la fois au plan de l'action et de l'activité symbolique.

Ils concernent tous les types de conduites et des compétences mathématiques complexes sont elles-mêmes sous-tendues par des schèmes. Ainsi, le schème de résolution des équations de la forme $ax + b = c$ atteint un degré élevé de disponibilité et de fiabilité chez les élèves débutant en algèbre. La suite des écritures qu'ils effectuent montre clairement une organisation invariante qui repose à la fois sur des habitudes apprises et sur des théorèmes en acte comme : "on conserve l'égalité en soustrayant b des deux côtés". Le fonctionnement cognitif de l'élève comporte des opérations qui s'automatisent progressivement (par exemple changer de signe quand on change de membre) et des décisions conscientes qui permettent de tenir compte des valeurs particulières des variables de situation.

⁴¹ Vergnaud rejoint sur ce point, nous semble-t-il, les préoccupations de formalisation de schèmes singuliers de Bastien (1987).

⁴² Soulignons au passage que la généralisation de la notion de schème aux conduites de l'adulte ne pose pas de problème dès lors que l'on s'inscrit dans une perspective fonctionnaliste et non dans une approche en termes de stades.

Pour Vergnaud, les schèmes sont du même type logique que les algorithmes, mais, s'ils sont en général "efficaces", ils leur manquent éventuellement l'effectivité, c'est-à-dire la propriété d'aboutir à coup sûr en un nombre de pas fini. Une représentation implicite ou explicite du réel fait partie intégrante du schème, analysable en termes d'objets, de catégories en acte (propriétés et relations) et de théorèmes en acte. Mais il y a toujours beaucoup d'implicite dans un schème, et donc de difficulté à expliciter pour les sujets.

Un schème comporte :

- des anticipations du but à atteindre, des effets à attendre et des étapes intermédiaires éventuelles ;
- des règles d'action de type "si-alors" qui permettent de générer la suite des actions du sujet ;
- des inférences (raisonnements) qui permettent de calculer les règles et les anticipations à partir des informations et du système d'invariants opératoires dont dispose le sujet ;
- des invariants opératoires qui pilotent la reconnaissance par le sujet des éléments pertinents de la situation, et la prise d'informations sur la situation à traiter.

Trois types d'invariants opératoires peuvent être distingués :

- des invariants de type "propositions" : susceptibles d'être vrais ou faux. Les théorèmes en acte sont de ce type ;
- des invariants de type "fonction propositionnelle" : ni vrais, ni faux. Briques indispensables à la construction des propositions ex. : les concepts d'état initial, de transformation, de relation quantifiée. Ils sont construits dans l'action, ce sont des "concepts en acte" ou des "catégories en acte" ;
- des invariants de type "arguments" quiinstancient les fonctions propositionnelles en propositions.

Pour Vergnaud, un schème n'est donc pas un stéréotype mais une fonction temporalisée à arguments qui permet de générer des suites différentes d'actions et de prises d'informations en fonction des valeurs des variables en situation.

L'intérêt de l'analyse en termes d'invariants opératoires réside, dans notre perspective instrumentale, en ce qu'elle permet de cerner les caractéristiques des situations réellement prises en compte par le sujet, qu'il s'agisse de situations familières pour lesquelles les invariants opératoires sont déjà constitués, ou de situations où leur élaboration est en cours.

Les schèmes au travail : un exemple

La plupart de nos exemples concernent jusqu'ici les enfants et l'on pourrait se demander si la notion de schème reste pertinente pour caractériser les invariants de la conduite chez l'adulte. Soulignons tout d'abord que Piaget lui-même a progressivement étendu le champ d'application du concept de schème. En 1955, par exemple, Piaget et Inhelder introduisent le concept de schème opératoire de niveau formel qu'ils considèrent comme une manière de procéder, une méthode. Il ne s'agit plus alors de l'enfant et des structures sensorimotrices mais de l'adolescent et des structures formelles. Mais qu'en

est il chez l'adulte et qu'en est il au travail? C'est-à-dire au delà des périodes de développement auxquelles nos auteurs se sont principalement intéressés et dans des contextes caractéristiques de la vie sociale.

Nous allons voir, à travers un exemple, que les schèmes d'action jouent un rôle important dans la structuration de l'activité des opérateurs au travail. Nous l'empruntons à Béguin (1994) ⁴³. Il analyse l'activité de conception d'un dessinateur-projeteur en électricité dont la tâche consiste à produire un schéma développé à partir d'un schéma logique ⁴⁴.

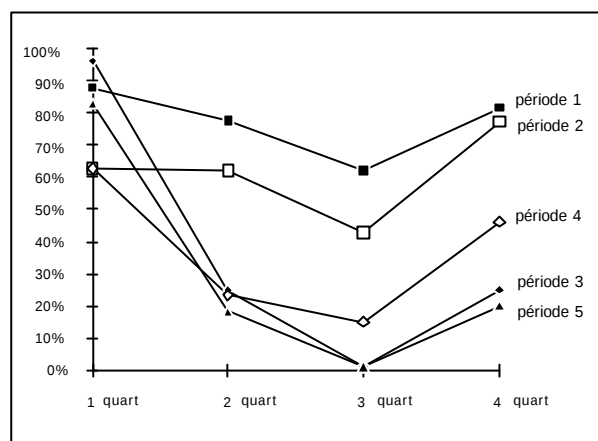


Tableau 12 : pourcentage du temps de conception consacré à l'exploration du schéma logique en fonction des différentes périodes et des quarts de chacune d'elles (d'après Béguin 1994).

Cinq périodes, dont la durée va de 52 secondes à un peu plus de trois minutes, ont pu être identifiées au cours de la production. En divisant chacune des périodes en quatre parties égales on obtient le tableau 12 qui concerne l'exploration perceptive du schéma logique (le schéma source pour la conception).

Les cinq périodes, bien que présentant des différences non négligeables, ont une structure parente :

- dans le premier quart de la période, le projeteur détermine les propriétés que doit présenter l'objet électrique en cours de conception. Il est essentiellement centré sur l'exploration et l'analyse du schéma logique ;
- le second quart de la période est davantage centré sur la production graphique d'un premier état de la structure électrique ;

⁴³ Pascal Béguin décrit, dans sa thèse, une structure invariante de l'activité de conception d'un dessinateur projeteur, que nous interprétons ici en termes de schème.

⁴⁴ Le schéma logique d'une installation électrique définit la structure d'ensemble de l'installation et ses principes de fonctionnement sous la forme de règles logiques, de *et* et de *ou* etc... Dans le schéma développé, les relations logiques sont remplacées par des relations électriques : le schéma développé représente une structure électrique avec polarités, contacts, récepteurs...

- le troisième quart correspond à une vérification de la viabilité électrique intrinsèque de ce qui vient d'être produit et, à une évaluation de la globalité de la structure électrique (compte tenu de ce qui avait été produit avant) ;
- la quatrième période est consacrée à la vérification de la conformité de la structure électrique par rapport au schéma logique, ainsi qu'à l'inscription sur le schéma logique de l'état d'avancement du travail.

On note que plus le projeteur avance dans son travail de conception et plus le temps consacré à la vérification de la viabilité intrinsèque de sa production augmente ce qui se traduit par une diminution importante de l'exploration du schéma logique (troisième quart). Cela tient à ce que le schéma développé produit est de plus en plus complexe, la vérification de sa viabilité intrinsèque est, de ce fait, elle-même plus complexe et se fait davantage par une analyse interne que par comparaison avec le schéma logique.

L'activité du projeteur, soutenue par le schème, ne se répète donc pas de manière totalement identique d'une période à l'autre, mais au contraire s'adapte aux spécificités de la situation liées à la fois aux données du schéma logique et à l'évolution de la situation de conception qui résulte de l'activité du projeteur et de ses résultats.

Les schèmes d'utilisation

Nous allons maintenant spécifier la notion de schème d'utilisation et les différents types de schèmes qui composent la classe des schèmes d'utilisation.

Prenons un exemple que nous empruntons à Luigi Bandini Buti, designer Milanais (communication personnelle), à propos de l'utilisation d'un dispositif destiné au réglage d'un siège de voiture. Il s'agit d'un bouton placé sur le côté du siège ; trois mouvements de commande sont possibles :

- une rotation du bouton permet de contrôler l'inclinaison du dossier ;
- la translation horizontale permet de gérer le réglage de la distance siège volant ;
- la translation verticale le réglage de la hauteur.

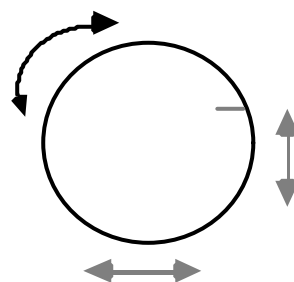


figure 13 a
bouton rond

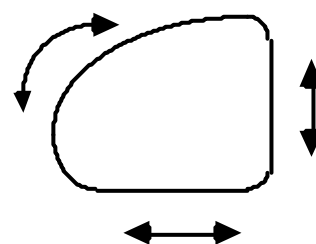


figure 13 b
bouton avec méplats

Deux types de boutons de réglage pour un siège de voiture (Bandini Buti)

Le premier bouton conçu était rond (fig. 13 a). Il a induit systématiquement, chez les utilisateurs, un usage en rotation, les translations étant très difficilement identifiées. Le second bouton comportait deux formes planes orientées horizontalement et verticalement reliées par une forme arrondie (fig. 13 b). Cette combinaison de formes

suggérerait effectivement les différents mouvements possibles et déclençait, par perception tactile, les actions correspondantes (tourner, tirer vers le haut ou pousser vers le bas...).

Il ne s'agit, dans cet exemple, que de la mobilisation de schèmes d'utilisation très élémentaires (tourner, tirer, pousser) constituants de base d'un schème d'utilisation les englobant : le schème de réglage. En effet, lors des premiers contacts du sujet avec le dispositif de réglage, la relation actions-résultats (en termes d'effets sur le siège) n'est pas encore constituée dans son détail (telle action entraîne tel résultat), même si elle est constituée dans son principe (c'est en agissant sur le bouton que l'on peut opérer le réglage). Il en va de même pour l'enchaînement des actions. L'objet de l'apprentissage initial sera précisément de constituer le schème (ou l'ensemble coordonné des schèmes) de réglage qui sera alors associé à l'artefact (le bouton lieu des actions) pour former un instrument permettant d'agir sur l'objet (le siège lieu des effets).

Les schèmes liés à l'utilisation d'un artefact, que nous appelons **schèmes d'utilisation (Sh.U.)** concernent deux dimensions de l'activité :

- les activités relatives aux tâches "secondes"⁴⁵, c'est-à-dire celles relatives à la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact. C'est à ce premier plan que se situent, dans notre exemple, les schèmes d'utilisation élémentaires de manipulation du bouton de commande ;

- les activités premières, principales, orientées vers l'objet de l'activité, et pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation. C'est à ce second plan que se situe le schème de réglage du siège comme totalité dont la cohérence d'ensemble est assurée, selon la formule de Piaget, par la signification globale de l'acte : régler le siège.

Cela nous conduit à distinguer, dans un premier temps, deux niveaux de schèmes au sein des schèmes d'utilisation :

- les **schèmes d'usage (Sh.Us.)** qui sont relatifs aux '**tâches secondes**'. Ils peuvent, comme dans notre exemple, se situer au niveau de schèmes élémentaires (au sens de non décomposables en unités plus petites susceptibles de répondre à un sous but identifiable), mais ce n'est nullement nécessaire : ils peuvent eux-mêmes être constitués en totalités articulant un ensemble de schèmes élémentaires. Ce qui les caractérise, c'est leur orientation vers les tâches secondes correspondant aux actions et activités spécifiques directement liées à l'artefact ;

- les **schèmes d'action instrumentée (Sh.A.I.)**, qui consistent en totalités dont la signification est donnée par l'acte global ayant pour but d'opérer des transformations sur l'objet de l'activité. Ces schèmes, incorporent, à titre de constituants, les schèmes du premier niveau (Sh.Us.). Ce qui les caractérise, c'est qu'ils sont relatifs aux '**tâches premières**'. Ils sont constitutifs de ce que Vygotsky appelait les "actes instrumentaux", pour lesquels il y a recomposition de l'activité dirigée vers le but principal du sujet du fait de l'insertion de l'instrument. Les schèmes de premier niveau (Sh.Us.) constituent, selon la terminologie de Cellérier, des modules spécialisés, qui coordonnent les uns aux autres

⁴⁵ La signification que nous donnons ici à la notion de tâche seconde est sensiblement différente de la signification donnée en psychologie expérimentale où il s'agit d'une tâche perturbatrice introduite pour étudier les mécanismes profonds des conduites relatives à la tâche principale. Dans les situations d'activité avec instrument, les tâches secondes, bien que différentes des tâches principales, sont fonctionnelles et peuvent, dans certains cas, comprendre des buts propres.

mais aussi avec d'autres schèmes, s'assimilent et s'accommodent réciproquement pour constituer les schèmes d'action instrumentée (Sh. A. I.).

Prenons un exemple. Pour un conducteur confirmé, le dépassement d'un véhicule est un type d'action qui comprend des invariants identifiables : analyse de la situation permettant de déterminer le moment opportun, indication de l'intention de dépasser, si nécessaire changement de rapport de vitesse, modification de la trajectoire du véhicule etc. C'est un schème d'action instrumentée qui sous-tend les aspects invariants d'une telle action de dépassement. Ce schème incorpore à titre de composants des schèmes d'usage, subordonnés à son organisation générale, tels ceux qui permettent de gérer un changement de rapport de vitesse ou un changement de trajectoire.

Il ressort des critères que nous utilisons pour distinguer les schèmes (leur relation à une tâche seconde ou principale) que le caractère de schème d'usage ou de schème d'action instrumenté ne réfère pas à une propriété du schème en lui-même, mais à son statut dans l'activité finalisée du sujet. Un même schème peut donc, selon les situations, avoir un statut de schème d'usage (par exemple le changement de rapport de vitesse dans l'exemple du dépassement) ou de schème d'action instrumentée (par exemple, pour un débutant, lorsqu'il s'agit d'apprendre à changer de rapport de vitesse) ⁴⁶.

L'analyse des schèmes impliqués par et dans les activités avec instruments ne saurait être limitée au seul sujet individuel. En effet, les usages instrumentaux se situent souvent dans un contexte d'activité collective, en particulier dans le travail. Un même artefact (ou une même classe d'artefacts) peut être utilisé simultanément ou conjointement par un collectif de travail, par exemple pour la réalisation d'une tâche commune ou partagée.

S'il est évident que les sujets insérés dans cette activité collective mettent en oeuvre des schèmes d'utilisation correspondant aux différents types que nous venons d'évoquer, il est non moins évident que le caractère collectif de l'activité, dès lors qu'il n'est pas exceptionnel, appelle, probablement, la constitution et la mise en oeuvre de schèmes spécifiques.

Un troisième niveau de schèmes doit donc être envisagé : celui des **schèmes d'activité collective instrumentée (Sh.A.C.I.)**. Ils devraient porter, d'une part, sur la spécification des types d'action ou d'activité, des types de résultats acceptables etc. lorsque le collectif partage un même instrument ou travaille avec une même classe d'instruments. Ils devraient porter, d'autre part, sur la coordination des actions individuelles et l'intégration de leurs résultats comme contribution à l'atteinte des buts communs ⁴⁷.

⁴⁶ Le caractère relatif des distinctions est très général dans les conceptualisations qui réfèrent à l'action. C'est le cas par exemple des distinctions entre action et opération dans l'approche de Léontiev (1976), entre les niveaux stratégiques et tactiques dans le traitement des feux de forêts (Rogalski communication personnelle), dans les analyses en but et sous-but, etc.

⁴⁷ Nous ne développerons pas plus avant l'analyse de ce niveau schématique qui reste largement hypothétique, même si de premiers résultats vont dans le sens de ces hypothèses (Pascal Béguin 1994), soulignons seulement qu'il faudra probablement, comme pour les schèmes individuels, faire l'hypothèse de schèmes orientés vers des tâches secondes et vers des tâches principales, les premiers constituant des modules intégrables et intégrés dans les totalités plus générales que forment les seconds.

L'ensemble des schèmes Sh.A.C.I., Sh.A.I. et Sh.Us appartient à la classe des schèmes que nous avons appelé Schèmes d'utilisation (Sh.U.). Nous faisons l'hypothèse que ces différents types de schèmes sont dans des relations de dépendance mutuelle : à partir des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée peuvent émerger, se recomposer et se généraliser des schèmes d'activité collective instrumentée. Inversement les schèmes d'activité collective instrumentée sont une source à partir de laquelle des schèmes de type Sh.A.I. et Sh.Us. peuvent se développer, évoluer, se recomposer etc.

Enfin, il convient de souligner que les schèmes d'utilisation ont à la fois une dimension privée et une dimension sociale. La dimension privée est propre à chaque individu. La dimension sociale tient à ce que les schèmes s'élaborent au cours d'un processus où le sujet n'est pas isolé. Les autres utilisateurs, mais aussi les concepteurs des artefacts, contribuent à cette émergence des schèmes.

Les schèmes font l'objet de transmissions, de transferts, plus ou moins formalisés : depuis les renseignements transmis d'un utilisateur à l'autre, jusqu'aux formations structurées autour des systèmes techniques complexes, en passant par les divers types d'aides à l'utilisateur (notices, modes d'emploi, assistances diverses incorporées ou non dans l'artefact lui-même). C'est pourquoi nous avons qualifié les Sh.U. de **schèmes sociaux d'utilisation (Sh.S. U.)**. Le caractère social des schèmes ne se confond donc nullement avec le fait que certains d'entre eux sont relatifs à des activités collectives instrumentées.

Nous allons maintenant présenter de façon plus précise les caractéristiques communes aux schèmes sociaux d'utilisation.

Les schèmes d'utilisation sont pluri-fonctionnels au sens où ils remplissent :

- des **fonctions épistémiques** tournées vers la compréhension des situations ;
- des **fonctions pragmatiques** tournées vers la transformation de la situation et l'obtention de résultats ;
- des **fonctions heuristiques** orientant et contrôlant l'activité ⁴⁸.

Ils constituent, comme tout schème, des cadres assimilateurs des situations auxquelles le sujet est confronté. Ils permettent d'attribuer des significations aux objets en fonction de l'orientation de l'activité du sujet et des tâches. Ils permettent de leur assigner des statuts, d'une part, en termes de buts et sous buts, d'états, changements d'états et transformations opérables sur les objets, d'autre part, en termes de moyens c'est-à-dire d'instruments pertinents pour des actions possibles.

Les schèmes d'utilisation sont liés, d'une part aux artefacts qui sont susceptibles d'avoir statut de moyen, d'autre part aux objets sur lesquels ces artefacts permettent d'agir. Ils sont organisateurs de l'action, de l'utilisation, la mise en oeuvre, l'usage de

⁴⁸ Soulignons que la fonction heuristique n'est pas le seul fait du schème, mais peut aussi être portée par l'artefact. C'est donc l'ensemble de l'instrument qui peut participer à la gestion du sujet par lui-même. Nous suivrons donc Béguin (1994) en considérant qu'il s'agit alors d'une véritable médiation heuristique.

l'artefact. Ils prennent en compte et s'appuient sur les propriétés de l'artefact, elles-mêmes organisatrices ⁴⁹.

Cependant les schèmes d'utilisation ne s'appliquent pas directement, il doivent être instanciés en fonction du contexte spécifique de chaque situation. Il s'actualisent alors sous forme de procédure adéquate aux singularités de la situation.

La singularité peut être limitée pour les classes de situations familières où les artefacts associés aux schèmes d'utilisation, les objets et leurs transformations sont bien connus et identifiés par le sujet. Des invariants opératoires sont constitués, au moins en partie, par un ensemble structuré de variables, caractéristiques de la classe de situation. Le processus d'assimilation aboutit à fixer la valeur particulière des variables en fonction des caractéristiques singulières de la situation. Les schèmes d'utilisation peuvent alors être considérés comme des schèmes familiers, facilement mobilisables qui contribuent ainsi au fonctionnement "automatisé" caractéristique des situations habituelles bien maîtrisées.

La mise en oeuvre des schèmes d'utilisation dans des situations nouvelles mais proches (processus d'assimilation) conduit à la généralisation des schèmes par extension des classes de situations, des artefacts et des objets pour lesquels ils sont pertinents. Elle conduit également à leur différenciation puisqu'ils doivent le plus souvent s'accommoder aux aspects spécifiques différents et nouveaux des situations.

Dans les situations très nouvelles pour le sujet ⁵⁰, c'est le processus d'accommodation qui devient, pour un temps, dominant. Il aboutit à la transformation de schèmes disponibles, à leur réorganisation, fragmentation et recomposition, assimilation réciproque et coordination, qui produisent progressivement de nouvelles compositions de schèmes permettant la maîtrise renouvelée et reproductible de la nouvelle classe de situations (si, bien entendu, celle-ci ne constitue pas, pour le sujet un problème unique), et, au delà, des potentialités étendues d'assimilation et d'accommodation. De tels mécanismes émergent, par exemple, lorsque de nouveaux artefacts doivent être utilisés comme moyens de l'action ou encore lorsque celle-ci doit viser des objets nouveaux ou des transformations nouvelles sur ces objets.

L'assimilation de nouveaux objets et de nouveaux artefacts aux schèmes d'utilisation, source à la fois de généralisation mais aussi de différenciation accommodatrice, conduit à l'enrichissement et au développement du réseau des significations du sujet, au sein duquel sont étroitement associés artefacts, objets et schèmes d'utilisation.

Une définition psychologique de la notion d'instrument

Nous avons maintenant les bases nécessaires pour formuler une définition psychologique de l'instrument. Le point fondamental de cette définition est que l'instrument ne peut se réduire à l'artefact, l'objet technique ou la machine selon les

⁴⁹ Si l'artefact constitue un organisateur de l'activité c'est naturellement sur un mode différent des schèmes. Nous en analyserons les caractéristiques dans un prochain chapitre en proposant notamment les concepts d'activité requise et d'ouverture du champ des possibles.

⁵⁰ Il s'agit souvent de situations que de nombreux auteurs (Norman 1988, Bodker 1989a..) nomment "breakdown situations", situations où le fonctionnement automatisé ne peut plus, pour diverses raisons, avoir cours et où le sujet reprend consciemment la main.

terminologies. Nous pensons qu'il faut définir l'instrument comme une entité mixte, qui tient à la fois du sujet et de l'objet (au sens philosophique du terme) : l'instrument est une entité composite qui comprend une composante artefact (un artefact, une fraction d'artefact ou un ensemble d'artefacts) et une composante schème (le ou les schèmes d'utilisation, eux-mêmes souvent liés à des schèmes d'action plus généraux). Un instrument est donc formé de deux composantes :

- d'une part, un artefact, matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres ;

- d'autre part, un ou des schèmes d'utilisation associés, résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de ShSU déjà formés extérieurement à lui.

Nous sommes donc amenés à étendre la définition de Mounoud (1970) pour qui est instrument tout objet que le sujet associe à son action pour l'exécution d'une tâche. Ce n'est pas seulement l'objet (terme employé par Mounoud pour désigner ce que nous nommons artefact) qui est associé, et associable, par le sujet à son action pour l'exécution de la tâche, ce sont aussi les schèmes d'utilisation qui vont permettre l'insertion d'un instrument comme composante fonctionnelle de l'action du sujet.

Cela signifie notamment que la constitution de l'entité instrumentale est le produit de l'activité du sujet. L'instrument n'est pas seulement une partie du monde externe au sujet, un donné disponible pour être associé à l'action (ou même nécessairement associé comme c'est souvent le cas dans le travail). Il est aussi construction, production du sujet. C'est évident en ce qui concerne les schèmes d'utilisation mais nous verrons, dans un prochain chapitre, que des processus du même ordre existent également pour la partie artefactuelle.

Une telle définition de l'instrument permet de dépasser l'apparente contradiction qui pouvait apparaître entre les analyses et recherches qui donnent exclusivement un statut d'instrument, soit à des objets externes au sujet (des artefacts), soit réservent le statut d'instrument pour les schèmes du sujet. Ces deux options symétriques aboutissant l'une et l'autre à la quasi-négation d'une des deux composantes de l'entité instrumentale.

Les deux composantes de l'instrument, artefact et schème, sont associées l'une à l'autre, mais elles sont également dans une relation d'indépendance relative. Un même schème d'utilisation peut s'appliquer à une multiplicité d'artefacts appartenant à la même classe (comme par exemple les schèmes de la conduite automobile sont transposés d'un véhicule à l'autre par le sujet) mais aussi relevant de classes voisines ou différentes (non sans parfois poser problème comme nous l'avons vu pour le four à micro-ondes). Inversement, un artefact est susceptible de s'insérer dans une multiplicité de schèmes d'utilisation qui vont lui attribuer des significations et parfois des fonctions différentes. Chacun a en tête des exemples tels que l'association du schème "frapper" à une paire de tenailles qui la transforme en un instrument de même fonction qu'un marteau, voire... en instrument contondant.

L'instrument constitué peut être éphémère, lié uniquement aux circonstances singulières de la situation et aux conditions auxquelles le sujet est confronté, mais il peut également avoir un caractère plus permanent et faire l'objet d'une conservation comme totalité, en tant que moyen disponible pour les actions futures. Il s'agit bien entendu d'une totalité dynamique qui évoluera notamment en relation avec les situations d'action dans lesquelles l'instrument sera engagé par le sujet. Ainsi l'instrument, en tant que totalité, mais aussi en chacune de ses composantes, constitue une forme de capitalisation de

l'expérience : une connaissance. Ce qui est une de ses caractéristiques principales définies dans la littérature.

Mais comment l'instrument ainsi défini peut-il occuper réellement une position intermédiaire entre le sujet et l'objet, puisque, à la fois schème et artefact il participe de l'un et de l'autre? La réponse à cette question est à rechercher dans la relation de l'instrument à l'action. C'est en fonction de sa finalisation que le sujet institue certains éléments de son univers en instruments, c'est-à-dire en moyens de son action.

De même que ces moyens peuvent être des parties de son organisme, par exemple ses membres ou ses organes sensoriels, ils peuvent être des schèmes. C'est pourquoi Bullinger (1987 a & b, et à paraître) souligne qu'il ne faut nullement confondre le sujet et le fonctionnement de l'organisme, car précisément cela consisterait à escamoter les origines des activités instrumentales. Nous savons par ailleurs que la distinction entre sujet et fonctionnement a un statut dans l'activité même du sujet, par exemple dans les processus d'abstraction (empirique et réfléchissante) où le sujet prend ses propres schèmes comme objet. Dans l'activité finalisée, les schèmes d'utilisation peuvent donc être non seulement dans la position tierce, c'est-à-dire instrumentale, mais ils peuvent également être dans une position d'objet, en particulier lorsque l'orientation de l'activité finalisée est épistémique.

De la même façon, la position instrumentale de l'artefact est relative à son statut au sein de l'action. L'artefact n'est pas en soi instrument ou composante d'un instrument (même lorsqu'il a été initialement conçu pour cela), il est institué comme instrument par le sujet qui lui donne le statut de moyen pour atteindre les buts de son action. Les artefacts s'inscrivent à ce titre au sein de l'activité dont ils provoquent des réorganisations plus ou moins importantes. Ainsi un même artefact peut avoir des statuts instrumentaux fort différents selon les sujets et pour un même sujet selon les situations et même les moments de celles-ci.

Pour les sujets, un artefact s'enrichit des situations d'action où il a été inséré circonstanciellement, singulièrement, en tant que moyen de leur action. Ainsi se constitue ce qu'on pourrait appeler la palette, le champ instrumental de l'artefact pour le sujet : l'ensemble des schèmes d'utilisation de l'artefact où il est insérable pour former un instrument ; l'ensemble des objets sur lesquels ils permet d'agir, l'ensemble des transformations, changements d'états qu'il permet de réaliser. Les schèmes d'utilisation de l'artefact s'enrichissent et se diversifient en relation avec l'évolution du champ instrumental de l'artefact, ils évoluent en fonction de la multiplicité des artefacts auxquels ils sont associés pour former un instrument et de la diversité des statuts qu'il peuvent prendre dans cette association.

Dans un tel cadre de pensée, la permanence des schèmes d'utilisation, spécifiant un ou des artefacts dont les propriétés sont définies, permet de définir une des dimensions de la conservation de l'instrument pour le sujet. Certes, il n'y a pas d'instrument sans artefact, mais la conservation de la composante artefactuelle peut être celle d'une classe d'objets (et non celle d'un artefact singulier) lorsque le sujet peut trouver en permanence dans son environnement d'action, des éléments, des artefacts ayant les propriétés nécessaires pour être associés aux schèmes d'utilisation et ainsi former l'instrument requis par l'action en cours ⁵¹. La fonction au sens des changements

⁵¹ On nous permettra une brève parenthèse qui fait retour vers le monde animal. Des observations récentes (Boesch & Boesch-Achermann 1991) ont mis en évidence qu'un singe extrayant des termites utilisait régulièrement trois types de bâtons aux fonctions bien différenciées. La composante artefactuelle

d'états possibles, des buts qui peuvent y être liés, peut donc être détachée de l'artefact pour être associée au sujet. La fonction dans l'action est une caractéristique du sujet et non de l'artefact.

Un instrument permanent, susceptible de conservation et donc de réutilisation, consiste ainsi en l'association stabilisée de deux invariants (qui peuvent être des classes d'invariants) qui solidairement constituent un moyen potentiel de solution, de traitement et d'action dans une situation. Cependant le problème de la constitution de l'instrument permanent, de sa genèse, se pose : c'est le problème de la constitution de ses deux invariants schématiques et artefactuels. Que ce soit du côté du schème ou de celui de l'artefact, cette construction ne se réalise généralement pas ex-nihilo. Les artefacts sont le plus souvent préexistants mais sont tout de même instrumentalisés par le sujet. Les schèmes sont le plus souvent issus du répertoire du sujet et généralisés ou accommodés au nouvel artefact, parfois des schèmes entièrement nouveaux doivent être construits : l'ensemble de ces processus sont caractérisables en termes de processus d'instrumentation et d'instrumentalisation.

Ce sont donc les questions qui touchent à la genèse instrumentale et aux processus d'instrumentation et d'instrumentalisation que nous allons examiner dans la troisième partie.

de ces instruments n'est pas conservée. Les singes peuvent en trouver en abondance dans leur milieu. En revanche l'usage répété et semblable d'artefacts aux propriétés différenciées, peut-être interprété comme la marque de leur insertion dans des schèmes d'utilisation permanents qui assurent ainsi la conservation des instruments.