
Concevoir pour les activités instrumentées

P. Béguin* — **P. Rabardel****

* *Laboratoire d'Ergonomie du CNAM,
41, rue Gay Lussac, 75005 Paris
beguin@cnam.fr*

***Psychologie Cognitive Ergonomique,
ER CNRS 125, Université de Paris VIII, 2, rue de la Liberté
93526 SAINT-DENIS Cdx 02,
rabardel@univ-paris8.fr*

RÉSUMÉ. La nécessité de concevoir des systèmes de traitement de l'information à partir d'une approche anthropocentrée, c'est à dire d'une approche où les objets techniques sont délibérément conçus à partir de l'activité des utilisateurs et pour être au service de leur activité, constitue un enjeu majeur de la modernisation des situations de vie et de travail. Ce que nous proposons dans ce cadre est une approche psychologique des instruments, où ces derniers ne sont pas uniquement appréhendés comme des objets matériels fabriqués, mais aussi comme des réalités psychologiques et sociales. Ce chapitre illustre cette approche à partir d'exemples. Un modèle est proposé, et on indique ensuite des orientations pour la conception des systèmes de traitement de l'information.

ABSTRACT. The need to design information processing systems based on an anthropocentric approach, i.e., one where the design of technical objects deliberately draws from and is geared to the user's activity, is a critical issue in the modernization of life and work environments. Within this framework, we propose a developmental approach to instruments wherein they are not just understood to be fabricated material objects but are also psychological and social realities. A model is presented, and orientations for designing information processing systems are proposed. Potential research perspectives are considered in conclusion.

MOTS-CLÉS : Théories de l'activité, instruments, catachrèse, schèmes d'utilisation, conception.

KEY WORDS : activity theory, instruments, catacrisis, scheme, design.

1. L'instrument médiateur : un point de vue anthropocentré et développemental

En Psychologie du travail et en Ergonomie de Langue Française, le terme "d'activité de travail" est un concept central depuis les travaux initiaux de Ombredane et Favergé [OMB 55]). Initialement, ces travaux se sont développés en se nourrissant des travaux de Psychologues Francophones, tels que Wallon et Piaget, et des théories de l'information d'origine anglo-saxonne. Plus récemment, les théories de l'activité, nées en Union Soviétique dans les années vingt ([VYG 30, 31], [LUR 79], [LEO 72, 81], [RUB 58]) ont contribué à renouveler les perspectives sur de nombreux axes de recherches, de la psychologie du travail à l'anthropotechnologie ([RAB 91, 95], [VER 95], [CLO 95, 99], [WIS 97]). En accord avec d'autres auteurs ([BAN 91], [BOD 89, 91], [KUU 99], [NAR 96]), nous pensons que les théories de l'activité présentent de nombreux avantages pour outiller conceptuellement les processus de conception, mais que simultanément des développements sont nécessaires. En effet, Les théories de l'activité constituent un champ de recherche plus immédiatement utilisable pour la psychologie (et en particulier la psychologie de l'éducation) que pour " les sciences de la conception " (voir Kuutti [KUU 96] pour une discussion). Ce chapitre n'a donc pas pour objectif de présenter exhaustivement les concepts des théories de l'activité, ni même leur intérêt pour les HCI. On pourra consulter pour cela Bødker [BOD 89, 91], Kaptelinin [KAP 92, 96], ou Kuutti [KUU 92, 95, 96]. Notre objectif est de présenter un développement des théories de l'activité, à partir desquelles nous cherchons à construire des méthodes pour agir efficacement sur la conception des instruments.

Pour les spécialistes des théories de l'activité, l'instrument n'est pas un dispositif avec lequel on serait en interaction, mais un " médiateur " [KAP, 96]. Les utilisateurs agissent "through the interface" pour reprendre l'expression heuristique de S. Bødker [BOD 89]. Mais qu'est ce qu'un instrument ? On pourrait croire qu'il n'y a pas de problèmes conceptuels ou épistémologiques particuliers, puisqu'on trouve utilisés indifféremment les termes de « computer », « tool », ou « artefact ». Or, pour contribuer efficacement à la conception de ces dispositifs techniques, nous avons besoin de mieux caractériser ce qui permet réellement une médiation. En outre, et en accord avec les théories de l'activité, l'instrument devrait pouvoir être appréhendé comme une réalité psychologique et sociale, et rendre compte de processus développementaux.

La nécessité d'une approche développementale est largement argumentée dans la littérature [NAR 96]. L'introduction d'un artefact, dans une situation donnée, permet -au mieux- de résoudre d'anciens problèmes, mais change la nature de la tâche, crée de nouveaux problèmes, pour lesquels de nouveaux instruments sont nécessaires, etc... Durant ce processus, l'utilisateur passe d'un statut de novice à un statut d'expert [CAR 91] et simultanément peut adapter, modifier transitoirement ou de manière plus durable les artefacts et leur environnement ([EHN 89], [HEN 91], [GRE 91]) pour tenter de résoudre les problèmes inattendus ou nouveaux qu'ils rencontrent dans l'action. Nous avons donc besoin de rendre compte de l'inventivité que les

utilisateurs mettent en œuvre dans leur activité. Il n'est pas inutile de souligner que cette activité transformatrice et productrice des milieux de travail est bien identifiée dans les travaux francophones. De nombreuses recherches se sont attachées à montrer qu'au travail, les individus explorent, interprètent et transforment à la fois les buts, les moyens et l'environnement technique et organisationnel [WEI 93]. Simultanément nous pensons qu'il s'agit d'une dimension trop peu conceptualisée.

Ces processus développementaux peuvent néanmoins être regardés de deux points de vue : celui du développement des artefacts, ou celui du développement des besoins et des projets que les individus ou les collectifs reconnaissent pour eux-mêmes. Cet aspect, à la base de la distinction entre "personnal view" et "system view" proposé par Norman [NOR 91]. Il s'agit, dans notre approche, d'une distinction essentielle. Lorsqu'on prend comme point de vue le système technique, on ne retient de l'activité que ce qui est pertinent au regard des problèmes techniques. Cette approche "technocentrée", où la technique est première, est bien différente d'une approche "anthropocentrée", où ce sont les activités psychologiques et sociales des personnes qui sont au premier plan. Les points de vue anthropocentrés et technocentrés ne sont pas a priori contradictoires, ils doivent même être articulés. Néanmoins, le point de vue technocentré est actuellement très dominant dans les processus de conception, parfois même contre la volonté des concepteurs. L'activité des personnes ne constitue alors qu'un aspect résiduel, voire marginal.

Notre objectif est donc de proposer une conceptualisation développementale de l'instrument médiateur à partir d'un point de vue anthropocentré, et de développer des méthodes pour la conception sur cette base. Notre contribution est organisée en trois parties. La première est consacrée à la présentation d'un cadre théorique qui conceptualise, du point de vue anthropocentré, ce qu'est un instrument pour le sujet. Nous développerons notamment l'idée que l'instrument est une entité mixte, qui tient à la fois du sujet et de l'artefact. La seconde partie précise l'intérêt de cette conceptualisation du point de vue développemental. Nous avancerons notamment l'idée que la conception se continue dans l'usage et nous ferons un certain nombre de propositions pour rendre compte des genèses instrumentales. La troisième partie développe des perspectives pour la conception. Ces propositions seront présentées et discutées au travers d'exemples issus d'une recherche réalisée à la demande des syndicats et de la direction d'une entreprise d'ingénierie, où l'introduction de la C.A.O. posait de nombreux problèmes ([BEG 94]), et d'une étude sollicitée par des ingénieurs afin de concevoir une alarme pour un processus chimique [BEG 99].

2. L'instrument : entre sujet et objet

Une activité consiste à agir sur un objet afin d'atteindre un but et de réaliser un mobile. Mais les relations entre le sujet et l'objet sur lequel porte l'action ne sont pas directes, il y a un médiateur, un moyen terme : l'instrument. Ce schéma initialement proposé par Vygotski en 1930 [VYG 30] est à la base de nombreux

travaux dans les HCI ou les CSCW ([KAP 96], [ENG 87, 91], [KUU 96]). Nous pensons néanmoins que l'instrument ne peut être confondu avec l'artefact. C'est le sujet qui, dans son activité, attribue à l'artefact un statut d'instrument. Dès lors, l'instrument est certes un médiateur entre le sujet et l'objet, mais il est aussi constitutivement composé par le sujet et par l'artefact. Afin d'introduire cette conceptualisation, nous allons présenter un exemple empirique issu du travail avec la C.A.O.

2.1. Un exemple : travailler avec la CAO

Cette section rapporte une analyse des difficultés rencontrées dans l'usage d'un système de CAO destiné au génie électrique. L'objectif initial du logiciel est de faciliter le travail des concepteurs, et tout spécialement les tâches les plus répétitives, comme la numérotation des fils d'une armoire électrique (plusieurs milliers) ou la conception des borniers (qui sont l'interface de l'armoire avec le réseau électrique). Dans un premier temps, les concepteurs expérimenteront le logiciel. Mais alors qu'il devait permettre de réaliser la totalité de la tâche, la conception "à l'écran" se révélera trop contraignante. Une stricte division des tâches sera alors mise en place par les utilisateurs : les concepteurs conçoivent d'abord sur papier, comme auparavant, puis une fois l'ensemble des schémas produits, ils les saisissent sur l'informatique. Les causes de ces difficultés étaient difficiles à comprendre, tant pour la direction que pour l'ensemble des syndicats de l'entreprise, étant donné l'importance des investissements consentis, tant matériels qu'immatériels.

Afin de comprendre l'origine de cette difficulté, nous avons demandé à un concepteur de concevoir de manière traditionnelle, sur le papier, puis de réaliser une tâche comparable avec l'informatique. Les deux situations ont été enregistrées en vidéo, les enregistrements ont été analysés image par image. On a ainsi pu procéder à des comparaisons systématiques entre les deux situations, en utilisant les données suivantes : (1) deux types d'indices comportementaux : les verbalisations spontanément produites par le concepteur, et l'orientation du regard (la zone explorée par le concepteur), (2) Le déroulement de la production. Cette dernière était considérée comme un révélateur de la dynamique d'élaboration des spécifications par le concepteur. Deux types de données étaient alors analysées : l'ordre de production des signifiants, et la nature de la production (production de signifiants nouveaux versus modification telles que rayures, productions nouvelles consécutives à des rayures). En outre des entretiens ont été menés, avec l'opérateur, avec qui nous regardions l'enregistrement vidéos, afin caractériser les buts et les mobiles.

2.1.1. Concevoir sur le papier

Sur le papier, le concepteur produit une minute, c'est-à-dire une première approximation graphique d'une structure électrique (cf. figure 1). La minute représente un folio d'un schéma qui en comporte plus de mille (le schéma

phase du cycle peut être qualifiée de "généralisatrice". Le concepteur prend connaissance, à partir des spécifications initiales, des propriétés que doit présenter l'objet électrique (figure 3, premier quart de la période). Il est plutôt centré sur l'exploration et l'analyse du déjà décidé. Ces propriétés sont ensuite transposées graphiquement, sous la forme d'une structure électrique (second quart du cycle). Dans une seconde phase du cycle (troisième et quatrième quart de la période), le concepteur évalue et modifie sa production : pour cette raison nous appelons cette phase "évaluative et itérative". Celle-ci débute par une évaluation de la viabilité intrinsèque de ce qui vient d'être produit (troisième quart de la période). C'est durant cette phase que l'opérateur verbalise l'ouverture et la fermeture des contacts, et produit soit des confirmations graphiques, soit des modifications. Durant le dernier quart de la période, le concepteur vérifie la conformité de la structure électrique par rapport aux spécifications initiales.

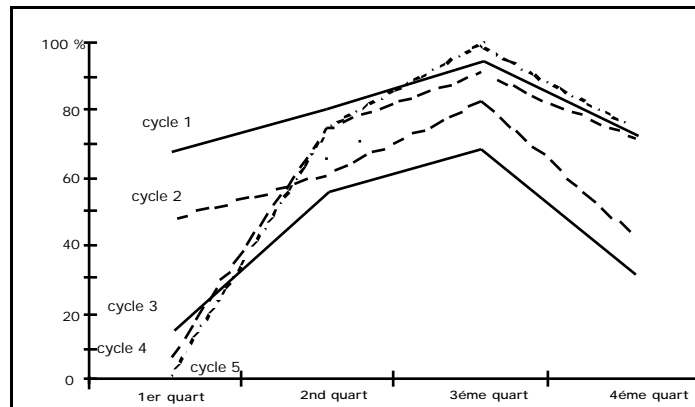


Figure 3 : évolution des durées d'exploration de la minute (en % par 1/4 de période)

Cette analyse met finalement en évidence une organisation cyclique de chaque période, qu'on peut caractériser comme un "schème de conception". On reviendra ultérieurement sur le concept de schème.

2.1.2. *La conception à l'écran*

L'analyse d'une tâche comparable avec la CAO montre dans ce dernier cas, le schème est rendu impossible. Comme précédemment, on peut identifier durant la conception avec l'informatique des périodes de production du graphisme : elles sont dans notre protocole au nombre de six. Mais on observe cette fois une spécialisation des périodes. Les trois premières seront uniquement génératives. À l'inverse, les trois dernières périodes ne seront qu'évaluatives ou itératives. Comment expliquer cette spécialisation ?

Lorsqu'il conçoit avec l'informatique, le concepteur se trouve face à deux tâches. D'une part, la tâche de conception, caractérisée par une forte incertitude¹. Comme on vient de le voir, la traduction graphique des spécifications initiales n'est pas d'emblée valide : des itérations sont nécessaires. D'autre part, une tâche de saisie sur informatique, qui demande au contraire une grande certitude. Le logiciel impose en effet beaucoup de précision dans la saisie des données, et les erreurs sont pratiquement impossibles à diagnostiquer. Pour les éviter, il faut mettre en œuvre des "règles de saisie". Ces deux dimensions, de production sous un format normé pour le traitement automatisé, et de réduction itérative de l'incertitude pour la conception sont contradictoires. On comprend alors mieux la stratégie du concepteur dans la situation analysée. Il cherche d'abord à produire sans itération. Mais sans y arriver : le système électrique présentera de nombreux problèmes fonctionnels, et les modifications sont inévitables. Celles-ci seront réalisées durant les trois dernières périodes, mais elles désorganiseront le fichier informatique : la production automatisée des données ne sera plus possible.

Dans la situation de conception "à la main", les artefacts dont disposent les concepteurs, associés au schème, leurs permettaient de gérer l'incertitude de façon satisfaisante. Avec l'informatique, il faut produire avec certitude, du fait des artefacts disponibles (écran, logiciel...) et des contraintes qui s'y attachent (règle de saisie). Le schème de conception est alors rompu. C'est la nécessité de maintenir intact le schème de conception instrumenté qui entraîne le dédoublement de la tâche en deux sous-tâches bien distinctes : de conception sur papier puis de saisie sur informatique.

2.2. *L'instrument médiateur : une entité mixte*

La situation initiale, que nous avons appelée "conception papier-crayon", peut-être analysée plus précisément en tant que situation où l'activité de conception est médiatisée par un instrument. Deux types de structures constituent l'instrument :

- d'une part, des structures psychologiques organisatrices de l'activité. Il s'agit dans notre exemple du "schème de conception instrumentée". Nous en trouvons la trace dans une analyse fine de l'activité qui se reproduit à la fois semblable à

¹ Lebahar [LEB 86] a montré que les concepteurs, pour être efficaces, doivent maintenir un niveau d'incertitude suffisant. Faute de quoi, ils sont enfermés par des solutions trop précises définies trop tôt. Le processus de conception se trouve alors bloqué.

elle même, et chaque fois partiellement différente en fonction de l'avancement du processus de conception et de la diversité des problèmes traités.

- d'autre part des structures de type artefacts. Il s'agit dans notre exemple des signes et symboles du code qui servent à penser et exprimer les solutions, ainsi que les papiers, crayons, gommes qui permettent de réaliser et transformer les schémas.

Ces deux types de structures constituent des ressources que le sujet mobilise conjointement pour la réalisation de son activité dirigée vers l'objet. L'instrument médiateur est composé de deux entités (figure 4) : une composante artefact (un artefact, une fraction d'artefact ou un ensemble d'artefacts). L'artefact peut être matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres ; un ou des schèmes associés, résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de schèmes sociaux déjà formés extérieurement à lui. Ces deux structures sont solidairement constitutives de la médiation à l'objet de l'activité. Le schéma classique de la relation médiée peut ainsi être développé sous une forme où l'instrument médiateur est une entité mixte, composite, qui tient à la fois du sujet et de l'artefact.

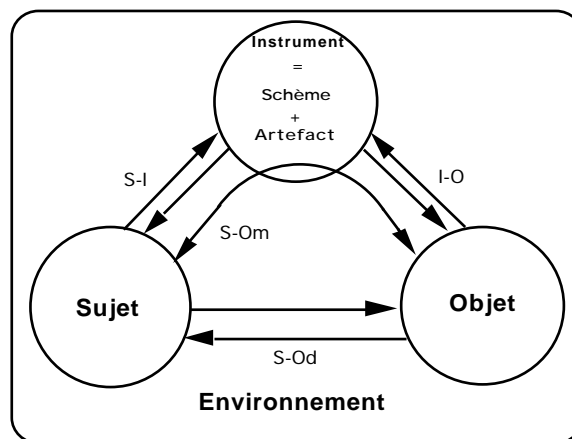


Figure 1: l'instrument médiateur une entité composite

L'analyse de l'instrument mobilisé par le concepteur permet, en outre, de distinguer différentes dimensions à la médiation :

- Dans les phases de production (génératives), l'instrument permet au concepteur de produire des évolutions du système électrique. L'instrument permet une " médiation pragmatique " à l'objet de l'activité. C'est principalement sur cette médiation pragmatique que portent les contraintes nouvelles introduites par le logiciel. En effet, le concepteur doit produire des objets dont le niveau de certitude est incompatible avec les exigences de fluidité de l'activité.
- (Dans les phases d'analyse du schéma logique ou de la minute produite,

l'instrument permet une " médiation épistémique " à l'objet de l'activité, au sens où il permet au sujet de prendre connaissance des caractéristiques de l'objet.

- Les médiations épistémiques et pragmatiques se situent dans le rapport du sujet à l'objet. On peut, en outre, distinguer une troisième forme de médiation qui permet au sujet de gérer sa propre activité. C'est par exemple le cas dans les phases où le sujet reporte des annotations sur le schéma logique. Nous parlerons alors de "médiation heuristique": le sujet se met en rapport avec lui-même pour orienter et contrôler son activité future en fonction du développement de son activité présente.

On peut noter que la co-présence de ces différentes dimensions de la médiation met en évidence que l'instrument médiateur est à la fois de nature technique et psychologique, et non pas l'un ou l'autre comme le supposait vygotski [RAB 99]².

3. Les genèses instrumentales : perspectives pour la conception.

Nous venons de présenter une définition anthropocentrée de l'instrument. Nous allons maintenant chercher à montrer comment cette conceptualisation permet de rendre compte de processus développementaux. Les "catachrèses", au sens où l'entendait Favergé [FAV 70], constituent le prototype de ces processus.

Le terme de catachrèse est emprunté à la linguistique et à la rhétorique où il désigne l'usage d'un mot au-delà de son acception propre, ou à la place d'un autre. Par extension l'idée a été transposée dans le champ de l'outillage pour désigner l'utilisation d'un outil à la place d'un autre ou l'utilisation d'outils pour des usages pour lesquels ils ne sont pas conçus. La possibilité pour un sujet d'associer momentanément à une clé anglaise le schème "frapper", qui est habituellement associé au marteau, est une "catachrèse".

On pourrait penser que dans le contexte des technologies contemporaines les catachrèses tendraient à diminuer. Or, il n'en est rien. Un exemple suffit à le montrer : des pilotes d'avion qui n'étaient pas satisfaits de la vitesse de descente prévue par le calculateur de bord en phase d'atterrissage, donnent des informations fausses (par exemple indication d'un vent arrière qui n'existe pas) au calculateur de bord afin d'obtenir une vitesse de descente plus conforme à leurs souhaits. Cet exemple montre que, même avec des technologies automatisées, il est possible aux utilisateurs de reprendre le contrôle des systèmes dès lors qu'ils disposent d'une porte d'entrée (dans notre exemple les informations que le calculateur ne peut acquérir lui-même et que le pilote est censé lui fournir). Des résultats comparables ont été obtenus dans l'usage professionnel de boîtes de vitesses automatiques chez des chauffeurs de poids lourds [GAL 96] ainsi que dans l'usage de machines-outils à commande numériques [DUV 97].

Les catachrèses sont classiquement interprétées en termes de détournement de

² : Des médiations spécifiques des aspects collectifs peuvent également être identifiées, mais leur présentation va au delà de cet article.

l'objet par rapport aux fonctions prévues par les concepteurs³. Cependant cette interprétation en termes de détournement n'est pas la seule possible, et même, de notre point de vue, souhaitable. La catachrèse peut également être considérée comme l'expression d'une activité spécifique du sujet : la production de ses instruments et plus généralement des moyens de ses actions. Nous proposons donc de considérer les catachrèses comme des indices de la contribution des utilisateurs à la conception de leurs instruments et de leurs usages. L'existence des catachrèses témoigne de la constitution par le sujet de moyens adaptés en vue des fins qu'il poursuit, de l'élaboration d'instruments destinés à être insérés dans son activité en fonction de ses objectifs⁴. Il peut s'agir de processus relativement élémentaires comme l'utilisation de l'artefact clé anglaise qui forme un marteau lorsqu'il est associé au schème "frapper". Il peut s'agir aussi de processus de grande ampleur, pouvant se développer sur plusieurs années et portant aussi bien sur la constitution des schèmes que sur la transformation des fonctions voire de la structure des artefacts. Nous parlerons alors de genèses instrumentales. Le concept de "genèse instrumentale" permet de saisir, d'un même mouvement, l'évolution des artefacts liée à l'activité de l'utilisateur et l'émergence des schèmes d'utilisation comme participant d'un même processus de genèse et d'élaboration instrumentales. Les genèses instrumentales apparaissent aux deux pôles de l'entité instrumentale (l'artefact et les schèmes d'utilisation), et présentent ainsi deux dimensions : l'instrumentalisation, relative à l'artefact, et l'instrumentation, relative au sujet lui-même. Ces deux types de processus sont le fait du sujet. Ce qui les distingue, c'est leur orientation. Dans le processus d'instrumentation, l'activité est en développement, alors que dans le processus d'instrumentalisation, c'est l'artefact qui évolue. Les deux processus contribuent solidairement, et souvent de manière dialectique, à la constitution et à l'évolution des instruments, même si, selon les situations, l'un d'eux peut être plus développé, dominant, voire seul mis en œuvre.

Nous allons présenter ces concepts de manière plus approfondie, et établir les liens qu'ils entretiennent avec les processus de conception des artefacts et de leurs usages.

3.1. Schèmes d'utilisation et instrumentation

Les processus d'instrumentation sont relatifs à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution, et l'incorporation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués. Il n'est pas possible de rapporter ici l'ensemble des travaux réalisés autour du concept de schème (travaux réalisés dans un grand nombre de cadres théoriques en psychologie génétique

³ Des détournements qui peuvent parfois poser problème, par exemple en créant des situations dangereuses compte tenu de la distorsion des usages par rapport à la rationalité propre du processus technique.

⁴ Nous nous focalisons sur l'élaboration de ses instruments par le sujet. La pertinence de cette élaboration constitue une autre question que nous n'examinerons pas ici.

et sociale, mais aussi dans d'autres disciplines, comme la psycholinguistique ou l'Intelligence Artificielle) tel qu'il a été développé au centre d'épistémologie génétique de Genève [PIA 61]. Ce que nous avons proposé d'appeler le "*schème d'utilisation*" [RAB 91, 96] est une organisation active de l'expérience vécue, qui intègre le passé, et qui constitue une référence pour interpréter des données nouvelles. C'est donc une structure qui a une histoire, qui se transforme au fur et à mesure qu'elle s'adapte à des situations et des données plus variées, et qui est fonction de la signification attribuée à la situation par l'individu.

Nous avons choisi le concept de schème parce qu'il permet de rendre compte des processus d'adaptation de l'activité à la diversité du milieu extérieur et de leur généralisation en fonction des contenus auxquels ils s'appliquent. Deux processus sont en jeu. D'une part, les schèmes sont assimilateurs, ce qui signifie qu'ils peuvent s'appliquer à plusieurs types d'artefacts. Le schème frapper, associé au marteau, peut être momentanément associé à une clé anglaise. Dans notre étude de cas sur la CAO, on pourrait dire qu'il y a échec de l'assimilation des artefacts informatiques par le schème de conception instrumenté déjà constitué. D'autre part, les schèmes sont accommodateurs : ils peuvent se transformer lorsque la situation change. Dans notre exemple, la rupture du schème de conception instrumentée, l'apparition de périodes spécialisées sont l'indice d'un processus d'accommodation en cours de ce schème de conception instrumentée. Ces accommodations sont à la source de différenciations progressives de l'usage.

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 (c'est-à-dire le fait que le schème soit largement répandu dans un groupe social) tient à ce que les schèmes s'élaborent au cours d'un processus où les individus ne sont pas isolés. 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 parlerons de "*schèmes sociaux d'utilisation*". C'est ce caractère social des schèmes d'utilisation qui rend possible l'invention et la diffusion d'artefacts au sein d'une même collectivité, et qui rend interchangeable les artefacts appartenant à une même classe. Vygotski [VYG 30] dans la perspective historico-culturelle avait déjà exprimé l'idée (reprise par Léontiev [LEO 81]) que les formes et fonctions des comportements artificiels ou instrumentaux sont le produit du développement historique et des acquisitions successives de l'humanité. Les schèmes d'utilisations capitalisent, dans leur forme sociale, ces acquis historico-culturels en matière d'action.

3.2- Concevoir à partir des schèmes

La dimension sociale des schèmes, et les processus d'assimilation et

d'accommodation, constituent des éléments importants à prendre en compte durant la conception, en amont du processus (analysis and design) comme en aval (introduction and sustained support).

L'analyse des processus d'assimilation et d'accommodation est particulièrement importante au moment de l'évaluation ou de l'introduction de l'artefact. Par exemple, des enfants observés durant un essai de jouet électrique (un train), ont présenté à plusieurs reprises un comportement leur faisant encourir de grands risques. Ils tentaient d'introduire dans la prise de courant (en 220 volts) les fils électriques destinés à un transformateur basse tension. Les enfants disposent d'un schème déjà construit, de type "schème de branchement", auquel l'ensemble "jouet électrique/fils/prise" est assimilé sans autre forme de procès. L'assimilation du schème est pertinente : il s'agit bien d'une situation de branchement électrique. Elle est néanmoins source de danger. Aussi, parallèlement à l'assimilation de l'artefact au schème de branchement déjà constitué, il conviendrait donc de gérer un processus d'accommodation du schème. Néanmoins l'accommodation n'est pas toujours possible une fois que le schème est socialement constitué. Ainsi, toutes les tentatives faites par les constructeurs automobiles pour modifier les positions relatives des pédales de frein et d'accélérateur se sont soldées par des échecs. Dans les situations d'urgence, les conducteurs agissent comme si les positions n'avaient pas été changées.

Ainsi, l'accommodation et l'assimilation peuvent être des processus longs et difficiles, voire impossibles. C'est pourquoi nous pensons qu'il faut prendre appui de manière proactive (i.e. avant les spécifications) sur l'analyse des schèmes sociaux.

Une des questions introduite par cette proposition est de savoir si elle ne s'oppose pas à l'innovation. En effet argumenter qu'il est nécessaire d'organiser le processus de conception autour des usages qui préexistent à l'invention peut être perçu comme une position qui s'oppose à la nouveauté. Or, il n'en est rien. Le schème de conception que nous avons présenté précédemment se présente sous la forme d'un cycle, composé d'une première phase "générationnelle", puis d'une seconde phase "évaluative". Durant la phase évaluative, on observe des soliloques, signifiant ouverture et fermeture des contacts ("tac,... tac, ..., bon là c'est bon", par exemple). Dans certains cas, nous avons même observé que le mime accompagne ces verbalisations : le concepteur oriente bras et main dans l'espace pour simuler la circulation d'énergie. On peut orienter sur cette base les options initiales pour la conception. Par exemple, on pourrait imaginer un logiciel qui assisterait le raisonnement par une simulation des flux électriques, par exemple grâce à la modification de la luminance des entités à l'écran en suivant leurs relations. Or dans ce cas précis (étant donné le logiciel), cette proposition posait des questions redoutables du point de vue technique. Partir des schèmes sociaux n'est donc pas opposé à la nouveauté. Il s'agit en revanche d'une position anthropocentrée, où les développements créateurs sont mis au service des besoins des utilisateurs.

3.3. Les processus d'instrumentalisation

Nous venons d'évoquer la part relative aux schèmes dans les genèses instrumentales. Nous allons maintenant traiter les processus d'instrumentalisation. Ils concernent l'émergence et l'évolution des composantes artefact de l'instrument : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, transformation de l'artefact (structure, fonctionnement...) qui prolongent la conception initiale des artefacts. L'instrumentalisation peut être regardée comme un processus d'enrichissement des propriétés de l'artefact. C'est un processus qui prend appui sur des caractéristiques et propriétés propres de l'artefact, et leur donne un statut en fonction de l'action en cours et de la situation (dans l'exemple déjà cité, les propriétés importantes de la clé anglaise remplaçant le marteau sont la masse, la dureté et la préhensibilité). Ces propriétés peuvent néanmoins être conservées au-delà de l'action en cours, et prendre un statut de fonction acquise. Elles constituent alors, pour le sujet, une propriété permanente de la composante artefact de l'instrument. La fonction acquise est dans ce cas conservée durablement comme propriété de l'artefact en relation avec une classe d'actions, d'objets de l'activité et de situations. Ainsi la masse est une propriété propre de la clé anglaise, qui n'est pas au cœur d'une fonction originelle de cet artefact (alors qu'elle est évidemment centrale pour le marteau). Par contre, le sujet utilise la masse de la clé pour lui conférer des fonctions nouvelles (pour enfoncer un clou par exemple), et ces fonctions nouvelles, dès lors qu'elle sont conservées, ont le statut de propriétés acquises de l'artefact ainsi instrumentalisé.

Il est en fait possible de distinguer plusieurs niveaux d'instrumentalisation par attribution de fonction à un artefact. À un premier niveau, l'instrumentalisation est locale, liée à une action singulière et aux circonstances de son déroulement. L'artefact est instrumentalisé momentanément. À un second niveau, la fonction acquise est conservée durablement comme propriété de l'artefact en relation avec une classe d'actions, d'objets de l'activité et de situations. L'instrumentalisation est durable, sinon permanente. Dans l'un comme dans l'autre cas, il n'y a pas transformation matérielle de l'artefact lui-même. Il s'est, seulement, enrichi de propriétés nouvelles, acquises momentanément ou durablement. Enfin, à un troisième niveau, les fonctions acquises peuvent être inscrites dans l'artefact lui-même, par une modification de son fonctionnement ou de sa structure : l'artefact est matériellement modifié.

3.4. Concevoir à partir de l'instrumentalisation

Une des solutions qui vient spontanément à l'esprit, face aux processus d'instrumentalisation, est de proposer des systèmes flexibles, que les utilisateurs pourront adapter à leurs besoins. Mais cette solution, a priori souhaitable, pose des problèmes spécifiques. D'une part, il est parfois difficile de laisser aux usagers la responsabilité des adaptations, en particulier parce qu'ils ne disposent pas toujours des ressources procédurales ou organisationnelles qui permettraient de le faire dans de bonnes conditions. D'autre part, parce qu'il est nécessaire de prévoir l'adaptation que pourront réaliser les usagers, or cette prédiction n'est pas forcément possible. Pour

illustrer cette position, nous allons prendre un exemple d'instrumentalisation, également issu du travail avec la CAO [BEG 94].

Nous avons vu que dans le bureau d'étude en électricité, le logiciel imposait un format très contraint des données, du fait de l'automatisation. Dans d'autres bureaux d'étude, nous avons pu observer que les concepteurs instrumentalisait le fichier informatique. À l'inverse du papier, les fichiers permettent une réutilisation de leur contenu, en tout ou partie, sans altération du support. Les concepteurs réutilisaient donc une partie des données produites par leurs collègues, qu'ils affichaient sur leurs écrans. Cette réutilisation permettait de garantir la cohérence entre les décisions qu'un concepteur était en train de prendre devant son écran, et celles qui avaient déjà été prises antérieurement par ses collègues. Cette attribution de fonction aux fichiers n'était cependant pas sans poser des problèmes nouveaux : une grande diversité de pratiques sont possibles pour organiser un fichier en vue de sa réutilisation dans une situation donnée. Des artefacts visant à obtenir une organisation partagée des fichiers et à les adapter à la singularité des projets en cours avaient donc été développés. Dans un bureau d'étude, les concepteurs faisaient chacun une impression de leurs plans papier, sur lequel ils reconstruisaient l'organisation d'un fichier commun. Dans un autre bureau d'étude, c'était la tablette graphique qui avait été modifiée, et qui était adaptée pour chaque nouveau projet. Dans les deux cas, les artefacts étaient bien différents (une impression papier ou la tablette graphique). Mais les finalités étaient les mêmes.

Était-il possible, pour les informaticiens d'imaginer que les systèmes qu'ils avaient développés allaient être utilisés comme des collecticiels.⁵? C'est en partie dans la mise en œuvre des systèmes que les potentialités se révèlent. C'est pourquoi nous pensons qu'il faut s'inspirer des artefacts issus des processus d'instrumentalisation. Soulignons enfin que l'analyse de ces processus ne devrait pas indiquer des solutions qu'on pourrait implémenter sans réflexion. Son intérêt est de mettre en évidence l'existence de besoins nouveaux. Dans notre exemple sur la réutilisation des fichiers, il s'agissait de développer des environnements informatiques comprenant d'une part des outils d'aide à l'organisation des fichiers, et d'autre part des outils d'aide à la gestion des flux d'informations sous leurs formes électroniques.

4. Concevoir pour promouvoir les genèses instrumentales

Un des points central de notre conceptualisation des instruments est que la créativité et l'inventivité des opérateurs constitue une caractéristique ontologique des processus de conception (et non l'indice d'un détournement par les usagers ou un déficit des spécifications réalisées par les concepteurs). Cette créativité est une

⁵ On a pu montrer que cette instrumentalisation permettait de résoudre de manière originale une partie des problèmes typiques des nouvelles stratégies de conduite de projet, qui stipulent qu'aucune décision ne peut être prise indépendamment des autres décisions [BEG 97]

propriété émergente de l'usage, qui trouve son origine dans l'activité et dans la mise en œuvre du système, et qui peut se dérouler sur des périodes longues.

Or l'approche classique de l'ingénierie consiste à appréhender la conception comme un changement d'état. Cette approche constitue clairement une difficulté puisque les milieux de vie et de travail sont des systèmes dynamiques. Nous pensons que la conception doit être appréhendée comme un processus cyclique, d'usage et de recherche de solutions techniques, à l'occasion duquel il faut mettre en résonance l'inventivité des utilisateurs et celle des concepteurs. Plusieurs pistes peuvent être évoquées dans ce contexte.

La première consiste à intégrer les genèses instrumentales dans le processus de conception afin d'organiser des alternances, voire des imbrications, entre des phases de conception institutionnelles et des phases de conception dans l'usage. Nous avons tenté de mettre en œuvre cette démarche dans le processus de conception d'une alarme destinée à la conduite de processus dans des sites classés SEVESO de la chimie [BEG 99]). Il s'agissait initialement de développer un système de sûreté permettant de prédire le temps restant avant une explosion imminente liée à un emballement de réaction. La finalité d'un tel dispositif est de nature pragmatique : étant donné le temps restant, il faut mettre en œuvre telle action. Afin de concevoir autour des genèses instrumentales, un prototype de l'alarme a été introduit expérimentalement dans un site pilote durant 18 mois. Durant l'étude, le dispositif changera profondément de statut.

En premier lieu les opérateurs instrumenteront le système, assimileront l'artefact aux schèmes sociaux préexistants. En effet, les afficheurs de l'alarme, plus précis que ceux antérieurement disponibles, permettait de conduire le processus avec une plus grande précision. Constatant cet usage, les concepteurs ont proposé d'améliorer la qualité de l'affichage (affichage analogique versus affiche avec mémoire). Cette modification n'a cependant pas été réalisée sans débats. Les recommandations NE 31, [NAM, 95] préconisent de distinguer système d'aide et alarme. Des modifications de l'artefact ont donc été réalisées par les concepteurs, mais en abandonnant le principe de séparation du système de sûreté et de contrôle du procédé, qui s'avérait non fondé dans cette situation.

D'autre part, l'étude montrera que, du fait de leur activité, les opérateurs ne pouvaient pas connaître la cinétique thermique du processus chimique dans les zones élevées de température (les plus risquées). Cette méconnaissance était une des raisons de mort d'Homme, trop fréquente dans ce type de processus, les opérateurs n'ayant pas l'expérience des conditions les plus dangereuses. Comme le fonctionnement de l'artefact reposait sur un modèle de la cinétique thermique du produit, on pouvait l'utiliser pour simuler sur le site les conditions temporelles d'un accident majeur. L'alarme, dont la finalité initiale était de nature pragmatique, recevait cette fois un statut épistémique : il s'agissait de découvrir les conditions de mise en œuvre de l'action de récupération du processus par les opérateurs. Pour répondre à cette nouvelle orientation, le dispositif technique a été modifié par les concepteurs (instrumentation), et les conditions dans lesquelles la simulation pouvait être conduite ont été caractérisées (instrumentation). L'usage de ce nouvel instrument

montrera la nécessité de réaliser des modifications organisationnelles (le nombre d'opérateurs affectés au site serait insuffisant en cas d'incident majeur) et architecturales (la simulation montrera que la salle de production devait être modifiée pour faire face aux situations les plus critiques). Bien évidemment, ces modifications allaient au-delà des intentions initiales (définir les caractéristiques de l'alarme), mais elles répondaient au mobile du projet : fiabiliser une situation accidentogène.

Comme on l'aura noté, il s'agit ici de co-genèses instrumentales, réalisées conjointement par les utilisateurs et les concepteurs. L'expérimentation de l'artefact dans l'usage, réalisée dans des situations suffisamment significatives, et sur des périodes suffisamment longues, met les principes de conception à l'épreuve, révèle les besoins et les problèmes quotidiens des utilisateurs, et ouvre sur des potentialités nouvelles. L'organisation du processus de conception gagne donc en efficacité lorsqu'elle alterne conception et usage.

Nous pensons qu'une autre piste, complémentaire, doit être également suivie. Elle consiste à outiller ces échanges. On sera plus bref sur ce dernier point, par manque d'expérience, même si nous pensons qu'il s'agit là d'un axe de recherche important. On soulignera seulement l'intérêt, dans ce contexte, des travaux comme le "cooperative prototyping [BOD, 91]. Un des enjeux de cet outillage réside, de notre point de vue, dans la possibilité qu'ils offrent d'organiser les échanges sur la base d'hypothèses sur les caractéristiques des produits à concevoir, et non sur la base de développement déjà très avancés, comme c'était le cas dans la conception du système d'aide que nous venons d'évoquer.

5. Vers une théorie développementale des activités avec instruments.

Les théories de l'activité initiées par l'école soviétique de psychologie sont maintenant internationalement acceptées [ENG 87, 93, RAB 95, NAR 96, COL 96, CLO 99]. Dans un ouvrage récent, Kaptelinin et Kuutti [KAP 99] explicitent bien l'intérêt qu'il y a à considérer l'activité avec les systèmes technologiques actuels dans la perspective médiationnelle propre à la théorie de l'activité. Écoutons les auteurs: « *From a mediational perspective there is only one system to be seen: a human already equipped with many kinds of functional organs, developing against a cultural background and situated in a personal history of interactions with the world. Besides this one system there is nothing else to be seen. A place for a computer tool with a set of functionalities is there, but it is totally opaque. There is a possibility that some of the hidden functionality can be used to transform the human system in order to enable it to perform a task, but it is only a potential. To realise the potential, a situation has to be organised where the person interacting with the material can recognise a possibility and create a new functional organ or extend an old one for the new purpose. Hence, within the mediational perspective the focus is on the transformation.* » (pp 89).

Les propositions exposées dans le présent chapitre s'inscrivent clairement dans cette perspective médiationnelle et développementale des technologies

contemporaines, approche que Kaptelinin [KAP 96] et Cole [COL 99] désignent chacun en des termes spécifiques : "computer mediated activity" ou "tool mediated activity". Un des points sur lequel nous avons insisté porte sur la distinction entre l'artefact, matériel ou symbolique, et l'instrument. Nous avons cherché à montrer que les instruments ont un caractère mixte, au sens où ils sont à la fois de l'ordre de l'artefact et de l'ordre des schèmes d'utilisation. Dans cette perspective, le processus de conception ne consiste pas à fournir un artefact à des utilisateurs : les instruments ne sont pas donnés au sujet de l'extérieur. Ce qui est donné ce sont les artefacts ainsi que des schèmes sociaux d'utilisation existants dans l'environnement socioculturel du sujet. Les artefacts sont donc des propositions, que les individus développeront, ou non. C'est dans la mise en œuvre des systèmes que des potentialités se révéleront, que des développements nouveaux seront expérimentés, validés ou infirmés, que des fonctions seront affectés aux artefacts, de manières transitoires ou définitives, et en fonction de la diversité des situations et des projets que les personnes dressent pour elles-mêmes. Les instruments sont issus de cette forme particulière de l'activité que nous appelons les genèses instrumentales. Il s'agit d'un processus de transformation dialectique des artefacts et des schèmes sociaux, au travers duquel se joue le développement de l'individu et de ses ressources.

References

- [BAN 91] Bannon, L., Bødker, S. (1991): Beyond the interface: encountering artefact in use. In *Designing interaction: Psychology at the human computer interface*, J. Carroll (ed.) Cambridge University Press, pp 227-253.
- [BEG 94] Béguin P (1994) : De l'individuel au Collectif dans les activités avec instruments. Thèse de Doctorat d'Ergonomie, CNAM, Paris.
- [BEG 97] Béguin p. (1997) : L'activité de travail : facteur d'intégration durant les processus de conception. *L'ingénierie concourante : de la technique au social*. In Bossart P., Leclair P., Chanchevri J.C. (eds.). Economica, Paris.
- [BEG 99] Béguin, P., Kazmierczak, M., Cottura, R., Leininger, J., Vicot P. (1999) : Design of an alarm and risk management in chemistry, Some lessons learned from interdisciplinary research. *International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety. May 19th-21st, Barcelona, Spain*. Ref ISBN : 84-699-0852-9.
- [BOD 89] Bødker, S. (1989): A human activity approach to user interfaces. *Human computer interaction*, 1989, Vol. 4, pp 171-195.
- [BOD 91a] Bødker, S. (1991): Activity theory as a challenge to system design. In H.E. Nissen, G. Sanström (eds) *Information system research: contemporary approaches and emergent traditions. Proceedings of the IFIP TC 8/WG 8.2 Working Conference*. Elsevier, pp 551-564.
- [BOD 91 b] Bødker, S., Gronbæk, K. (1991): Cooperative prototyping: users and designers in mutual activity. In *Proceedings C.S.C.W. '90, October Los Angeles, CA*, pp 291-302.
- [CAR 91] Caroll, J.M., Kellogg, W.A., and Rosson M.B. (1991) : The task artifact cycle. In *Designing Interaction : Psychology at the Human-Computer Interface*.

- J. Carroll (ed.) Cambridge University Press.
- [CLO 95] Clot, Y. (1995): La travail sans l'homme? Pour une psychologie des milieux de travail et de vie. *La découverte*, coll. Textes à l'appui.
- [CLO 99] Clot, Y. (Coord.) (1999): *Avec Vygotski*. Paris, la dispute.
- [COL 96] Cole, M. (1996): *Cultural psychology: once and future discipline?* Harvard University Press.
- [COL 99] Cole, M. (1999 a): Cultural Psychology: some general principles and a concrete example, in Y. Engeström, R. Miettinen, R.L. Punamäki, *Perspectives on activity theory*, Cambridge University Press.
- [DUV 97] Duvenci-Langa, S. (1997): Evolution de l'activité et des compétences en situation d'automatisation: le cas des machines-outils, Doctoral thesis in ergonomics, Paris, CNAM.
- [EHN 87] Ehn P. (1987) : Work oriented design of computer artefact in *Computers and democracy*, Bjerknes G. Ehn p. & Kyng M. (ed.)
- [ENG 87] Engeström, Y. (1987): *Learning by expanding*. An activity-theoretical approach to developmental research. *OrientKonsultit Oy*. Helsinki 1987.
- [ENG 91] Engeström, Y (1991): Developmental work research: reconstructing expertise through expansive learning, in *Human jobs and computer interfaces*, M.I. Nurminen & G.R.S. Weir (eds), Elsevier Publisher Holland B.V. North Holland.
- [FAV 70] Faverge, J.M. (1970): L'homme agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, Vol. 13, no. 3, pp 301-327.
- [GAL 96] Galinier, V. (1996): Apports de l'ergonomie à la conception d'instruments: concevoir autour des schèmes d'utilisation, un exemple dans le domaine du transport routier. Doctoral thesis in ergonomics, CNAM, Paris.
- [GRE 91] Greenbaum J., Kyng M. [eds] (1991) : *Design at work : cooperative design of computer systems*. Lawrence Erlbaum associates Publishers..
- [HEN 91] Henderson A.(1991) : A development perspective on interface, design and theory, in *Designing interaction*. In *Psychology at the human computer interface*, J.Carroll (ed.) Cambridge univers. press, pp254-268
- [KAP 92] Kaptelinin, V. (1992) : Human computer interaction in context : the activity theory perspective. In *Proceeding East-West Human Computer Interaction Conference (pp 13-28)*. St.Petersburg, Russia, August 4-8.
- [KAP 96] Kaptelinin, V., (1996): Computer mediated activity: functional organs in social and developmental contexts. In Nardi B. A. (ed.) *Context and consciousness, activity theory and Human Computer Interaction*. MIT Press, Cambridge.
- [KAP 99] Kaptelinin, V., Kuutti, K. (1999): Cognitive tools reconsidered. From augmentation to mediation. In *Human interfaces: questions of method and practice in cognitive technology*. J.P. Marsh, B. Gorayska, J.L. Mey (eds). Elsevier Science B.V.
- [KUU 92] Kuutti K. (1992) : HCI Research debate and activity theory position. In J.Gornostaev (ed.) *Proceedings of the EWHCI'92 Conference*. Moscow : ICSTI
- [KUU 96] Kuutti K. (1996): Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research. In *Context and consciousness: Activity theory and Human Computer Interaction*, B. Nardi (ed.), Cambridge, MIT Press.
- [LEB 86] Lebahar, J.C. (1986): Le travail de conception en architecture: contraintes

- et perspectives apportées par la CAO, *Le Travail Humain*, T. 49, No. 1, 17-30.
- [LEO 72] Leontiev, A. (1972 [1976]): *Le développement du psychisme*. Editions Sociales, Paris.
- [LEO 81] Leontiev, A. (1981): *Problems in the development of mind*. Edition du progrès, Moscow.
- [LUR 79] Luria, A.R. (1979): The making of mind: a personal account of Soviet psychology. In Cole M. & Cole S. (eds.). Harvard University Press, Cambridge.
- [NAM 95] Namur (1995) : Recommandations pour la chimie fine, NE 31.
- [NAR 96] Nardi, B. (Ed.) (1996): *Context and consciousness: Activity theory and Human Computer Interaction*, (ed.), Cambridge, MIT Press.
- [NOR 91] Norman D.A. (1991) : Cognitive artefact. In *Designing interaction Psychology of human computer interface*. J.M. Carroll (Ed.) Cambridge University Press.
- [OMB 55] Ombredane, A., Faverge, J.M. (1955): *L'analyse du travail*, PUF.
- [PIA 61] Piaget, J., Beth, E.W. (1961): Epistémologie, Mathématique et Psychologie. Essai sur les relations entre la logique formelle et la pensée réelle. *Etudes d'épistémologie génétique*. N°14, PUF, Paris.
- [RAB 91] Rabardel, P., (1991) - Activity with a training robot and formation of knowledge. In *Journal of artificial intelligence in Education (USA)*.
- [RAB 95] Rabardel, R. (1995): *Les hommes et les technologies. Approche Cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin, Paris.
- [RAB 99] Rabardel P. (1999) : Le langage comme instrument ? Elément pour une théorie instrumentale étendue. *Dans Avec Vygotski*. Clot, Y. (Coord.) Paris, la dispute.
- [RUB 58] Rubinstein, S.L., (1958): *De la pensée et des voies de son étude*. Académie des Sciences de l'URSS, Moscow.
- [VER 95] Vérillon, P., Rabardel, P., (1995) - Artefact and cognition : a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology in Education*, Vol. IX, n°3.
- [VYG 30] Vygotski, L.S. (1930 [1985]): La méthode instrumentale en psychologie, B. Schneuwly, J.P. Bronckart (eds) *Vygotsky aujourd'hui*, Delachaux et Niestlé.
- [VYG 31] Vygotski, L.S. (1931 [1978]): *Mind and society*. Cambridge M.A.; MIT Press.
- [WEI 93] Weill-Fassina, A., Rabardel, P., Dubois, D. [eds] (1993) : *Représentation pour l'action*, Ootarés.
- [WIS 97] Wisner, A. (1997): Aspects psychologiques de l'anthropotechnologie. *Le travail humain*, T. 60, no. 3, pp 229-254.