

Référence bibliographique pour citation :

Rabardel, P., (1999) - Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques, in Bailleul Marc, Actes de la dixième université d'été de didactique des mathématiques, Évolution des enseignants de mathématiques; rôle des instruments informatiques et de l'écrit. Qu'apportent les recherches en didactique des mathématiques, pp 203-213, ARDM (association pour la recherche en didactique des mathématiques), Caen.

Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques

Pierre Rabardel¹

Université de PARIS 8
ESA 7021 CNRS.

Les instruments ont un double usage au sein des activités éducatives². D'une part, ils sont des instruments pour les élèves et à ce titre, nous allons le voir, leur usage influence profondément la construction du savoir et les processus de conceptualisation. D'autre part, ils sont des instruments pour les enseignants au sens où ils peuvent être considérés comme des variables sur lesquelles ils peuvent agir pour la conception et le contrôle des situations pédagogiques. Notre article vise à favoriser une meilleure maîtrise de la variable "instruments" par les enseignants par une meilleure compréhension des processus par lesquels l'usage des instruments influe sur l'activité cognitive des utilisateurs.

Les instruments ne sont pas neutres

Dans l'enseignement, les instruments sont très souvent considérés comme de simples auxiliaires, neutres, n'intervenant pas en tant que tel sur la construction des savoirs par les élèves et sur les conceptualisations qui en résultent. Luc Trouche, à montré, par exemple, que la calculatrice graphique est un non-objet pour les enseignants, enseignants et élèves étant d'accord pour estimer que son utilisation ne nécessite aucun apprentissage. A partir de quelques exemples nous montrerons que l'instrument n'est pas conceptuellement neutre qu'il s'agisse d'outils issus des technologies contemporaines ou traditionnelles.

Ainsi des travaux menés au Québec (M. Ourahay 1991) ont mis en évidence que la notion de symétrie orthogonale ne se construit, chez les élèves, ni de la même façon, ni avec les mêmes contenus selon les instruments utilisés pour faire les constructions graphiques (équerre, compas, quadrillage, pliage). Le pliage et le quadrillage ne permettent pas d'associer la présence de l'orthogonalité au concept de symétrie : l'orthogonalité est fournie par l'instrument et n'a pas besoin d'être construite par les élèves, elle n'apparaît pas dans leur conception de la symétrie. Le quadrillage est un

¹ U.F.R. de Psychologie, Pratiques Cliniques et Sociales, 2, rue de la Liberté - 93526 SAINT - DENIS CEDEX 02. Tél. 49 40 64 85 fax 49 40 67 54

² Ce texte, préparé pour l'école d'été de didactique des mathématiques de l'été 1999, s'appuie pour partie sur un article précédemment publiés (Rabardel 1995a).

instrument facile à utiliser permettant une réussite aisée, mais la conceptualisation de la symétrie qui résulte des constructions ainsi réalisées est pauvre. À l'inverse, le compas et l'équerre mettent en évidence la présence de l'orthogonalité, directement ou indirectement, à l'occasion de la construction d'objets symétriques. De multiples exemples allant dans le même sens pourraient être donnés, par exemple Bautier (1993), Trouche (1996) Gomes (1999) et de nombreux travaux présentés dans les cours, les conférences et ateliers de l'école d'été. Ils mettent en évidence l'impact des instruments sur la conceptualisation et soulignent que l'analyse de leurs propriétés est une nécessité pour l'enseignant s'il veut atteindre ses objectifs didactiques de conceptualisation.

Il faut souligner, par ailleurs, que la question de la non neutralité des instruments est posée depuis longtemps dans d'autres champs que la didactique, notamment en philosophie et en psychologie. Kant avait montré que nos connaissances sont dépendantes des outils cognitifs que nous mettons en œuvre pour les construire; Piaget que l'action est source de connaissance pour le sujet, et même, dans certains cas, la principale source. Les approches historico-culturelles de la psychologie ont mis en évidence que les fonctions psychiques supérieures se forment, chez l'homme, dans l'histoire culturelle et sociale. Les artefacts, les outils, les signes contribuent à la formation des fonctions psychiques et des connaissances. Les instruments constituent des formes qui structurent et médiatisent nos rapports aux situations et aux savoirs, et ont ainsi une influence qui peut être considérable (Léontiev 1984, Vygotsky 1930). La médiation instrumentale apparaît un concept central pour penser et analyser les modalités par lesquelles les instruments influencent la construction du savoir.

La figure 1 présente les médiations qui nous apparaissent les plus importantes dans une relation didactique (les relations non médiées ne sont pas représentées). Le maître et l'élève sont en relation médiées par l'instrument, chacun d'eux à également des relations médiées à ses objets d'activités. Enfin, l'instrument est aussi médiateur dans les rapports à soi-même (représentés ici pour l'élève), ainsi que dans les rapports aux autres.

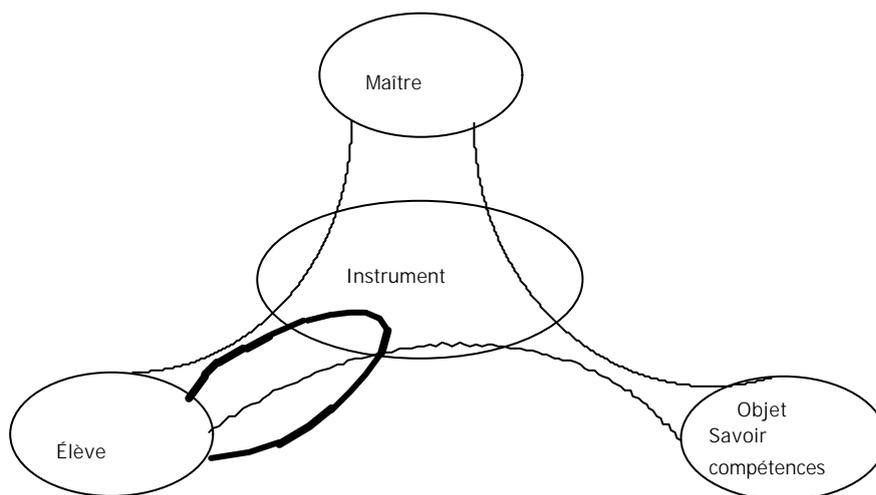
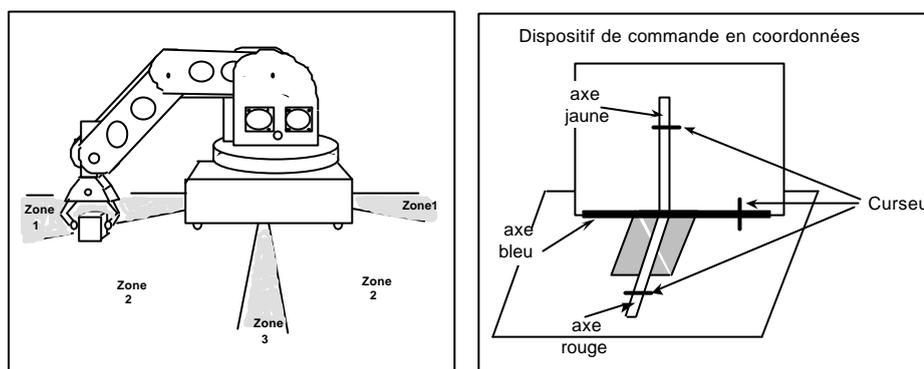


Figure 1
Principales médiations instrumentales dans le champ didactique. Les relations directes entre les différents pôles ne sont pas représentées.

Comment les instruments influencent-ils la construction du savoir ?

Nous allons maintenant chercher à comprendre, à travers l'exemple de l'utilisation d'un robot pédagogique, comment les instruments peuvent avoir un impact sur les savoirs construits et sur leurs modes de construction.

Il s'agit d'une situation d'apprentissage par la découverte de la conduite d'un bras manipulateur³ que l'on peut considérer comme une machine à déplacer des objets dans l'espace (fig. 2). Deux groupes de sujets (des élèves de 14 à 16 ans) étaient confrontés à des tâches identiques de transport d'objet (des plots) mais en utilisant des dispositifs de pilotage différents.



2

3

Figures 2 et 3 le robot et son dispositif de commande

Un des dispositifs consiste en un boîtier de commande à trois curseurs mobiles (figure 3). Chaque curseur, de couleur différente, correspond à un axe du repère tridimensionnel XYZ de l'espace de travail du robot, de sorte que chaque position simultanée des trois curseurs détermine une position de l'extrémité de sa pince dans cet espace. L'objectif, avec ce dispositif, étant d'obtenir une première conceptualisation tridimensionnelle de l'espace sur laquelle des enseignements systématiques en mathématiques, physique et technologies puissent prendre appui.

Le second dispositif permet à l'utilisateur de commander directement les rotations articulaires à partir du clavier du micro-ordinateur : deux touches permettent de commander chaque articulation, l'objectif étant de comparer les différences de conceptualisation induites en fonction des dispositifs de commande.

Nous faisons l'hypothèse que l'utilisation du dispositif "clavier" conduirait les élèves à construire des représentations en termes de rotations articulaires. Cette hypothèse s'est vérifiée.

Nous faisons également l'hypothèse que le dispositif "curseurs" conduirait à des représentations de l'espace en termes de système de repère tridimensionnel. En effet,

³ Il s'agit d'un robot de type "Youpi" qui équipe de nombreux collèges. Une présentation détaillée de cette expérimentation et de ses résultats peut être trouvée dans Rabardel 1993.

les rails de déplacement des curseurs sont orthogonaux entre eux et sont positionnés sur le boîtier par rapport à une zone hachurée figurant la place occupée par le socle du robot dans son espace de travail (cette dernière indication étant fournie aux élèves). L'espace de commande (i.e. les curseurs orthogonaux et la représentation de l'emprise du socle) constitue ainsi une représentation de l'espace de travail du robot. L'expérimentation a montré que les représentations construites par les élèves ne sont pas d'emblée structurées en termes de repère tridimensionnel et que la construction s'effectue par étapes et non sans difficulté.

L'analyse met en évidence différents types de conceptualisations impliqués dans la genèse des propriétés du dispositif. Nous ne retiendrons ici que les trois principaux.

- A un premier niveau, l'atteinte du plot à transporter et son transport sont obtenus par une gestion de proche en proche des mouvements de la machine grâce à la manipulation des différents curseurs sous contrôle visuo-moteur.

Les curseurs sont considérés comme reliés aux mouvements des différentes parties du bras (articulations ou segments). Par exemple :

- Le curseur bleu est lié à la rotation de la base;
- le curseur rouge au mouvement du coude;
- et le curseur jaune à celui de l'épaule.

Dans cette représentation les curseurs n'ont pas de relation entre eux et sont chacun en relation avec des parties spécifiques de la machine. Les actions consistent à bouger les curseurs indépendamment les uns des autres et ces mouvements entraînent des mouvements des parties de la machine censées y correspondre. Il s'agit d'une représentation de même nature que la représentation "articulaire" induite par le dispositif de commande "clavier".

- Cependant la pertinence de cette représentation est très limitée et elle va évoluer. Les curseurs ne vont plus être conçus comme étant en relation avec des parties du robot mais en relation avec les déplacements de la pince dans l'espace de travail. Les modifications de la configuration de la machine résultant des mouvements des articulations et des segments cesseront d'être le lieu de lecture pertinent des effets des actions du sujet sur les curseurs. Ce sont les déplacements de la pince dans l'espace de travail qui vont être interprétés comme effet des actions. Il s'agit d'une transformation radicale puisque des relations antérieurement construites disparaissent (dépendances entre les curseurs et les parties du robot) et sont remplacées par de nouvelles relations entre les curseurs et la situation spatiale de la pince.

Corrélativement la représentation de la causalité de l'action évolue : les mouvements de la pince deviennent des conséquences directes des mouvements imprimés aux curseurs par le sujet. Ils sont, dans un premier temps, conçus comme ayant même sens et même direction, puis, dans un second temps comme ayant une ampleur proportionnelle à celle des actions du sujet sur les curseurs. On assiste donc à la conceptualisation progressive d'un homomorphisme entre la géométrie des actions du sujet et la géométrie des déplacements de la pince qui en sont conçus comme les effets. Cependant ces actions portent sur des curseurs encore considérés comme indépendants les uns des autres.

5

- Enfin à un dernier niveau la représentation est à nouveau profondément transformée. Les relations entre l'espace de commande et l'espace de travail ne sont plus conçues en termes de mouvement mais en termes de positions. Les curseurs ne sont plus reliés à des mouvements en sens et direction mais à des positions et de ce fait ils deviennent solidaires entre eux. Ce sont les positions coordonnées et simultanées des trois curseurs qui sont mises en relation avec les positions de la pince dans l'espace de travail : les positions relatives des curseurs déterminent les positions de la pince.

Dans un premier temps, ces positions de la pince sont référées au socle du robot dans l'espace de travail, tandis que les positions des curseurs le sont par rapport à la représentation graphique du socle sur le dispositif de commande (cf. zone hachurée fig. 3), tandis que dans un second temps elles se définissent en référence à un système d'axes qui définit l'ensemble des positions possibles dans l'espace de travail qui est ainsi commun, au sens où il contient à la fois le robot, les positions de la pince, les objets à déplacer et leurs différentes positions.

L'usage du robot, on le voit, conduit progressivement les sujets à construire des représentations dont nous pouvons considérer qu'elles appartiennent à une même famille : celle du contrôle direct de la pince dans l'espace de travail (par opposition au contrôle indirect par les articulations caractéristique du dispositif clavier). De plus ces représentations en ce qui concerne l'espace évoluent fortement au cours de la genèse instrumentale. A l'origine, l'espace est pensé par les utilisateurs par analogie avec l'espace de leur propre motricité, tandis qu'à l'issue de la genèse une conceptualisation en termes d'espace tridimensionnel doté d'un repère sera dominante. Cependant les points d'arrivée possibles sont multiples comme les chemins qu'emprunteront les sujets pour les élaborer. L'impact de l'instrument sur la conceptualisation ne se manifeste pas d'emblée pleinement, surtout avec des systèmes techniques complexes dans leur utilisation. L'appropriation de l'instrument par les utilisateurs résulte d'un processus progressif de genèse instrumentale. L'instrument, pour l'utilisateur, évolue tout au long de ce processus de genèse.

Examinons maintenant les facteurs qui sont à la source de l'influence des instruments sur l'activité cognitive et la conceptualisation. Ils correspondent, d'une part, aux contraintes propres aux instruments, d'autre part, aux ressources qu'ils offrent pour l'action.

- **Gestion de contraintes et activité requise**

L'instrument constitue pour le sujet un ensemble de contraintes qui s'imposent à lui et qu'il doit gérer dans la singularité de chacune de ses actions.

Les contraintes sont évidemment différentes selon les types d'activité. Par exemple, dans une tâche de montage d'objet technique, le sujet doit respecter des contraintes (de structure, de conditions de fonctionnement) différentes de celles qui résultent de l'utilisation fonctionnelle de ce même objet. Ainsi, comme toute réalité, l'instrument oppose au sujet un ensemble de contraintes que celui-ci doit à la fois identifier, comprendre et gérer. En cela il participe des résistances du monde des objets au sens philosophique du terme.

Mais il est également porteur de contraintes en référence aux modalités d'action sur la réalité qu'il organise et qui s'imposent ainsi au sujet. Un tour n'autorise, par exemple, que certains types de transformations de la matière par enlèvement de copeaux. La machine définit des types de transformations, de changement d'états possibles et des conditions de ces changements d'état. Il s'agit ici des contraintes liées à

la spécificité de l'instrument finalisé par la production des transformations, alors qu'au premier niveau il s'agissait de ses caractéristiques matérielles générales, communes à l'ensemble des objets matériels. Ainsi, l'équerre de notre premier exemple implique une gestion de l'orthogonalité par le sujet et cette propriété peut être utilisée dans une perspective éducative par l'enseignant en élaborant des situations et proposant un contrat didactique adapté.

Enfin l'instrument est porteur de contraintes dans la mesure ou il comprend, plus ou moins explicitement, une pré-structuration de l'action de celui qui l'utilise⁴, quitte bien entendu à ce que le sujet ne structure pas son action en conformité avec cette pré-structuration.

Le sujet, dans l'utilisation et l'appropriation de l'instrument doit tenir compte de ces contraintes. Nous dirons qu'une part son activité en découle : l'activité est relativement requise.

- **Ouverture du champ des actions possibles**

Cependant l'impact de l'instrument sur l'activité cognitive ne dépend pas seulement des différents types de contraintes que nous venons d'examiner. Elle tient également, au moins aussi fondamentalement, aux possibilités d'action qui s'offrent au sujet.

Les transformations, les changements d'état de la matière ouvrée, liés par exemple à l'utilisation d'un tour, sont certes limités et cette limitation même est une contrainte qui pèse sur l'action du sujet, mais elles rendent possibles, aussi et peut-être surtout, l'émergence de nouveaux types et de nouvelles formes d'action. De nouveaux changements d'états des objets sont par exemple accessibles dans des conditions elles-mêmes renouvelées d'amplitude, de vitesse, de coût; de nouveaux types d'objets peuvent également être transformés. En ce sens l'utilisation d'un instrument accroît les capacités assimilatrices du sujet et contribue à l'ouverture du champ de ses actions possibles. Mais la variation du champ des possibles n'a pas, en elle-même, une valeur positive ou négative au plan éducatif. Ainsi, disposer d'une machine à forte puissance de calcul peut aussi bien permettre d'explorer des types de tâches mathématiques autrement inaccessibles, que supprimer des activités en elles-mêmes formatives.

Les dimensions de structuration de l'action dont est porteur l'instrument ont la même ambivalence. Elles peuvent rendre possibles pour le sujet de nouvelles modalités d'organisation de son action, renouveler par exemple les conditions d'implication réciproques des buts et des moyens, d'enchaînement des buts et sous-but, de contrôle de l'action, mais elles peuvent aussi fermer la porte à d'autres possibles.

Le contrôle de l'ouverture du champ des actions possibles, comme de l'activité requise constituent donc deux dimensions importantes de l'usage éducatif des instruments par les enseignants.

⁴ L'idée commune de mode d'emploi, reprise par Wallon et Léontiev correspond à cette dimension.

Les schèmes d'utilisation

Nous avons, à travers l'exemple du robot, vu que le processus d'appropriation de cet artefact⁵ s'accompagne, chez le sujet, de constructions représentatives relatives à l'instrument, à la réalité sur laquelle il permet d'agir ou qu'il permet d'analyser... Il s'accompagne aussi de l'élaboration de structures permettant l'organisation de l'action du sujet : les schèmes d'utilisation (SU).

Nous les définirons dans la tradition piagétienne comme l'ensemble structuré des caractères généralisables des activités d'utilisation des instruments. Ils permettent au sujet d'engendrer les activités nécessaires à la réalisation des fonctions qu'il attend de l'usage de l'instrument. Ils forment ainsi une base stable pour son activité. Les SU peuvent être considérés comme des invariants représentatifs et opératifs correspondant à des classes de situations d'activité avec instrument.

Les aspects représentatifs sont en particulier relatifs aux types de transformations réalisables, aux conditions de ces transformations, aux modalités techniques propres à ces transformations et au fonctionnement de l'artefact, aux propriétés de la zone d'interface utilisateur et aux modalités d'intervention dans cette zone. Nous avons par exemple montré pour le robot, que la représentation des curseurs et de ce qu'ils permettent de contrôler est loin d'être triviale.

Les aspects opératifs sont notamment relatifs aux buts, aux actions élémentaires ou composées pouvant être structurées en procédures orientant l'organisation, la planification et la gestion de l'action au cours de son déroulement. Ainsi les actions sur les curseurs doivent être coordonnées pour permettre un contrôle effectif des positions de la pince dans l'espace de travail.

Les SU ont un pouvoir assimilateur: ils permettent la répétition de l'action en assurant son adaptation aux aspects variables des objets et des situations appartenant à une même classe. Ils ont des capacités accommodatrices pour s'appliquer à des objets, des classes de situations différentes.

Les schèmes d'utilisation ont une dimension "privée" au sens où ils sont les schèmes d'un sujet singulier. Mais ils ont également une dimension "sociale" essentielle. Elle tient à ce que leur émergence résulte, pour une part, d'un processus collectif auquel contribuent les utilisateurs mais aussi les concepteurs des artefacts . Elle tient à ce qu'ils font l'objet de processus de transmission sociaux (depuis les notices jusqu'aux formations). C'est pourquoi les SU doivent être non seulement considérés dans leurs dimensions privées, mais également en tant que schèmes sociaux d'utilisation (SSU), cette dimension étant particulièrement importante dans une perspective éducative.

⁵ Nous employons le terme artefact plutôt que celui d'objet technique ou de machine car il est plus neutre et n'implique pas un point de vue technologique sur ces objets.

Instrument et genèses instrumentales

Jusqu'ici nous avons utilisé le terme d'artefact pour désigner un dispositif matériel (l'équerre, la calculatrice, l'ordinateur et le logiciel utilisé...) utilisé comme moyen d'action. Nous allons maintenant approfondir la notion d'instrument sur trois points⁶.

Le premier point concerne le fait que l'artefact n'est pas nécessairement matériel. Il peut par exemple être symbolique : les cartes, les graphiques, les abaques, les tables de multiplication, les méthodes etc... sont des exemples de dispositifs à dominante symbolique (même si, bien entendu, leur support matériel, lorsqu'il existe, est à prendre en compte).

Le second point concerne l'identité même de l'instrument qui ne peut être réduite à l'artefact matériel ou symbolique. Nous avons vu, avec le robot, que les sujets ne prenaient pas en compte les mêmes parties du dispositif au cours de la genèse instrumentale. Au début de celle-ci, ils accordent beaucoup d'importance aux différentes parties du bras parce qu'ils croient que c'est sur elles que les commandes permettent d'agir. À la fin le bras n'est plus pris en compte, toute l'attention est focalisée sur la pince et ses changements de position. Ce n'est donc pas la totalité de l'artefact qui constitue l'instrument du sujet, mais seulement une fraction de celui-ci qu'il a sélectionnée et dont il a élaboré les propriétés pertinentes pour l'action au cours de la genèse instrumentale. L'instrument et l'artefact ne se confondent pas : l'instrument réel du sujet résulte d'une élaboration progressive⁷.

Le troisième point est tout aussi essentiel. La fraction de l'artefact considérée comme moyen d'action par le sujet ne constitue pas la totalité de l'instrument. En réalité, l'instrument est une entité mixte qui comprend d'une part, l'artefact matériel ou symbolique et d'autre part, les schèmes d'utilisation, les représentations qui font partie des compétences de l'utilisateur et sont nécessaires à l'utilisation de l'artefact. C'est cette entité mixte, qui tient à la fois du sujet et de l'objet qui constitue l'instrument véritable pour l'utilisateur, ici l'élève.

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 résultant d'une appropriation de schèmes sociaux d'utilisation (SSU).

L'instrument n'est donc pas un "donné", mais doit être élaboré par le sujet au cours d'un processus de genèse instrumentale qui porte à la fois sur l'artefact et sur les schèmes comme l'exemple du robot le montre. Le processus de genèse instrumentale à, de ce fait deux dimensions :

⁶ Une analyse plus complète des activités avec instruments aux plans empiriques et théoriques est développée dans Rabardel 1995.

⁷ Dans nombre de situations, cette élaboration ne se limite pas à la sélection d'une partie de l'artefact, l'artefact est souvent détourné des ses fonctions initiales, utilisé pour d'autres usages que ceux prévus par les concepteurs, parfois même il est transformé. Toutes ces activités relèvent de la genèse instrumentale.

- L'**instrumentalisation** concerne 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'**instrumentation** est relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution ainsi que l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués, etc.

La relation instrumentale à l'artefact est formée par la constitution de l'association SSU-artefact. L'instrument constitué n'est pas éphémère, il a un caractère permanent et fait l'objet d'une conservation comme moyen disponible pour les actions futures, même si, bien entendu, il évoluera en relation avec les situations d'action auxquelles il sera associé par le sujet.

La mise en oeuvre de l'instrument consiste à mobiliser cette entité mixte tandis que l'appropriation consiste à la construire. On comprend mieux ainsi l'impact de l'usage des instruments sur l'activité cognitive des utilisateurs et le fait qu'ils ne puissent en aucune façon être considérés comme neutres.

A travers les genèses instrumentales, le sujet élabore ses instruments dans un ensemble de possibles ouverts par les potentialités des artefacts et celles de ses schèmes d'utilisation propres ou de ceux qui lui sont socialement proposés. Les instruments issus des genèses instrumentales ne sont jamais les seuls qui auraient pu être développés par le sujet. D'autres auraient aussi pu voir le jour qui ne sont pas pour autant annulés. Il y a toujours d'autres potentialités de l'artefact ou des schèmes qui auraient pu être mobilisées et qui d'ailleurs le seront peut-être plus tard.

Le concept de zone de valeur fonctionnelle ⁸ permet d'éclairer ce problème (figure 4). L'artefact est socialement conçu pour remplir un ensemble de fonctions : il possède par construction et du fait des usages réels dans la société, une "zone fonctionnelle socialement définie". Mais la valeur fonctionnelle des artefacts développable par les genèses instrumentales ne s'inscrit pas toujours dans cette zone, comme en témoigne les catachrèses et détournements d'objets. L'ensemble des valeurs fonctionnelles potentielles d'un artefact (à un moment donné, pour des sujets donnés) définit une seconde zone : la "zone fonctionnelle potentielle" de l'artefact, qui recouvre partiellement, mais seulement partiellement la première. Enfin, une troisième zone fonctionnelle correspond aux instruments réellement développés par les sujets (apprenants et enseignants) au cours des genèses instrumentales.

⁸ Ce concept fait l'objet d'un développement dans Rabardel 1999.

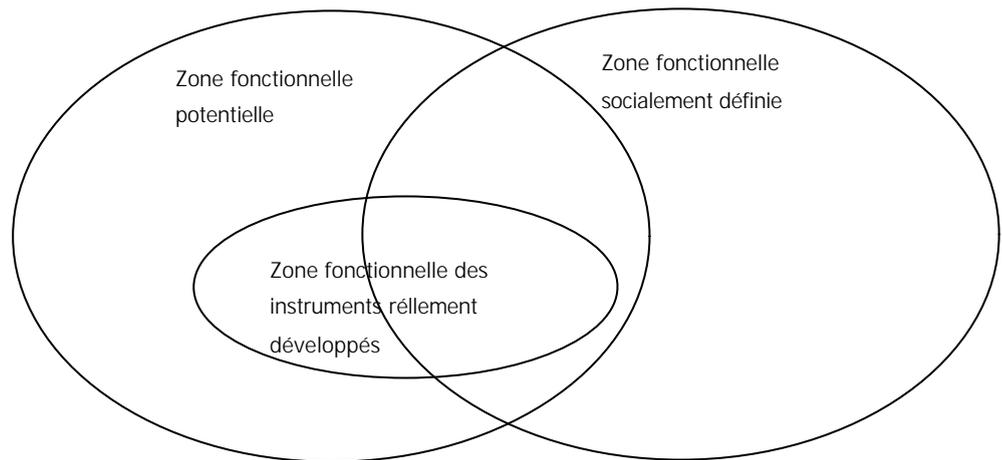


Figure 4
Les différentes zones de valeur fonctionnelle d'un artefact

Ceci a une grande importance au plan didactique car cela signifie qu'à partir des mêmes artefacts de multiples instruments peuvent être constitués à la fois par les apprenants et par les enseignants; instruments dont les effets sur les processus d'apprentissage peuvent être profondément différenciés, pour le meilleur... ou pour le pire. L'usage didactique des artefacts ne se limite donc pas au choix d'introduction de tel ou tel d'entre eux dans le processus formatif. Il suppose également que l'enseignant anticipe et gère leurs développements instrumentaux, c'est-à-dire, définisse la zone fonctionnelle qu'il souhaite voire effectivement développée par ses élèves, compte tenu de ce dont ils sont capables, des schèmes construits ou à construire et en fonction des objectifs didactiques qu'ils se donne. Cela implique aussi que l'enseignant gère les développements instrumentaux réels.

Instruments et systèmes d'instruments

Les instruments, pour le sujet, ne sont pas isolés. Ils se constituent en systèmes d'ensembles qui forment leur outillage à un moment donné. Les systèmes d'instruments sont constitués par l'ensemble organisé des moyens disponibles pour l'activité du sujet en fonction des tâches et des contextes, mais aussi en fonction de ses rapports aux mathématiques à la fois comme objet et comme outils. En fonction enfin de ses rapports aux autres et à lui-même.

L'introduction d'un nouvel artefact doit donc, au plan didactique, être également gérée dans son impact sur les systèmes d'instruments déjà constitués. Cette question nous apparaît particulièrement cruciale dans le contexte actuel de foisonnement technologique. Quels artefacts faut-il proposer aux apprenants et comment les guider dans les genèses instrumentales et dans l'évolution et l'équilibrage de leurs systèmes d'instruments? Pour quelles activités d'apprentissage et quelles constructions des savoirs mathématiques?

Ces questions se posent symétriquement pour les enseignants. Quels instruments et systèmes d'instruments leurs sont utiles ou nécessaires pour concevoir et réaliser leur activité formative en fonction des niveaux et types de développement de leurs compétences d'enseignants?

S'interroger sur les instruments conduit nécessairement à questionner le projet didactique qu'ils sont censés supporter et dans lequel ils vont devoir s'inscrire. L'introduction de nouveaux artefacts conduit au développement de nouveaux instruments

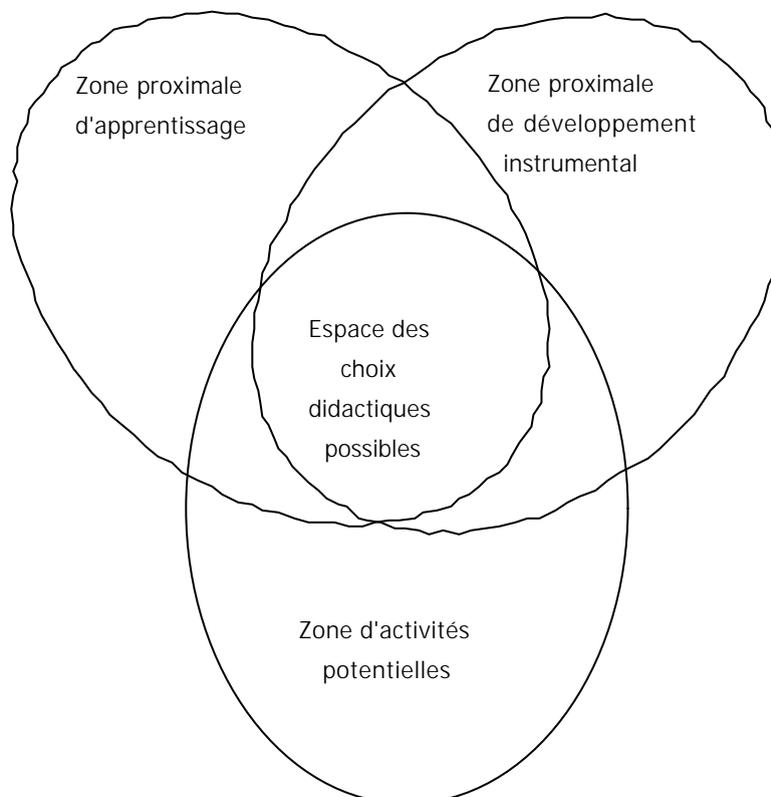
et à la recomposition des systèmes d'instruments qui rétroagit nécessairement sur le projet didactique des enseignants comme des apprenants. cette dialectique entre les objectifs et les moyens s'inscrit dans la durée :

- le temps des apprentissages et de la construction des savoirs;
- le temps des genèses des instruments et des systèmes d'instruments.

En guise de conclusion

Pour conclure nous emprunterons à Vygotski le concept de zone proximale de développement pour tenter de caractériser l'espace dans lequel s'inscrit la construction des choix didactiques lorsque l'on cherche à prendre en compte le rôle qu'y peuvent tenir les instruments. Le projet didactique nous semble se situer au carrefour, au point de rencontre de trois zones :

- une zone proximale d'apprentissage des mathématiques qui caractérise les objectifs en termes de développement des savoirs mathématiques que les élèves peuvent atteindre à l'aide de l'enseignant à un moment donné;
- une zone proximale de développement instrumentale (pour les élèves comme pour les enseignants) en fonction des artefacts dont il est possible de disposer à un moment donné;
- une zone d'activités potentiellement possibles avec ces instruments pour les apprenants comme pour les enseignants.



En chacune de ces zones se jouent des dynamiques multiples qui ne sont que partiellement déterminées. les choix didactiques s'inscrivent dans l'espace des possibles ouvert à leur intersection.

Bibliographie

Bautier, T. (1993). - Théorie des médiations et enseignement des transformations géométriques, Thèse de doctorat, université de Bordeaux 1.

Gomes, A., S., (1999) - Développement conceptuel consécutif à l'activité instrumentée : l'utilisation d'un système informatique de géométrie dynamique au collège, Thèse en Sciences de l'Éducation, université Paris V.

Léontiev, A., (1984) - Activité, conscience et personnalité, Éditions du Progrès, Moscou.

Ourahay, M. (1991). - La construction géométrique et les instruments classiques de construction, Bulletin AMQ, mars.

Rabardel, P. (1993). - représentations pour l'action dans les situations d'activité instrumentée, in Weill-Fassina A., Rabardel P., Dubois D. eds., Représentations pour l'action, Octares.

Rabardel, P., (1995a) - Qu'est-ce qu'un instrument ? appropriation, conceptualisation, mises en situation, Les dossiers de l'ingénierie éducative, Des outils pour le calcul et le traçage des courbes, N° 19, 61-65, CNDP.

Rabardel, P. (1995 b). - Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains, Armand Colin, Paris.

Rabardel, P., (1999) - Le langage comme instrument, éléments pour une théorie instrumentale élargie, in Clot, Y. (ed.), Avec Vygotsky, 241-265, Paris, La Dispute.

Trouche, L., (1996) - A propos de l'apprentissage des limites de fonctions dans un environnement calculatrice. Étude des rapports entre processus de conceptualisation et processus d'instrumentation, Thèse, Université de Montpellier 2.

Vygotsky, L.S., (1930) - La méthode instrumentale en psychologie, in Vygotsky aujourd'hui, B.Schneuwly et J.P. Bronckart eds., Delachaux et Niestlé.