

Qu'est-ce qu'un instrument ?

appropriation, conceptualisation, mises en situation

Les instruments ont un double usage au sein des activités éducatives. Chez les élèves, ils influencent profondément la construction du savoir et les processus de conceptualisation. Pour les enseignants, ils peuvent être considérés comme des variables sur lesquelles on agit pour la conception et le contrôle des situations pédagogiques.

Mais la maîtrise de ces variables dépend de la bonne compréhension des processus par lesquels l'usage 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 tels sur la construction des savoirs par les élèves et sur les conceptualisations qui en résultent. Luc Trouche montre par exemple dans son article que la calculatrice graphique est un non-objet pour les enseignants, ceux-ci et les élèves étant d'accord pour estimer que son utilisation ne nécessite aucun apprentissage. À la suite d'autres articles de ce numéro qui s'inscrivent en faux contre l'idée d'une neutralité des outils, nous montrerons, à partir de quelques exemples, que l'instrument n'est pas conceptuellement neutre, qu'il soit issu 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 construc-

tions 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 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). 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.

Comment les instruments
influencent-ils
la construction du savoir ?

Comment les instruments peuvent-ils avoir un impact sur les savoirs construits et sur leurs modes de construction ? Les facteurs

à la source de l'influence des instruments sur l'activité cognitive et la conceptualisation 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, une équerre 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 en proposant un contrat didactique adapté.

Enfin l'instrument est porteur de contraintes dans la mesure où il comprend, plus ou moins explicitement, une pré-structuration de l'action de celui qui l'utilise¹, 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 de son activité en découle nécessairement : l'activité est relativement requise.

Ouverture du champ des actions possibles

Cependant l'impact de l'instrument sur l'activité cognitive ne dépend pas que 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. Une partie des exemples présentés dans d'autres articles de ce numéro relève de cette variation du champ des possibles. Mais celle-ci 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.

De la même façon, les dimensions de structuration de l'action dont est porteur l'instrument ont la même ambivalence. Elles rendent possibles pour le sujet de nouvelles modalités d'organisation de son action, renouveler par exemple les conditions d'implication réciproque des buts et des moyens, d'enchaînement des buts et sous-buts, de contrôle de l'action, mais elles ferment 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.

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

Les schèmes d'utilisation

Le processus d'appropriation d'un artefact² 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.

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.

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 auxquels contribuent les utilisateurs mais aussi les concepteurs des artefacts. Elle tient à ce qu'ils font l'objet de

processus de transmission sociaux (des 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.

Qu'est-ce qu'un instrument ?

Dans ces lignes, le terme d'artefact a été utilisé jusqu'ici pour désigner un dispositif matériel (l'équerre, la calculatrice, l'ordinateur et le logiciel utilisé...) employé comme moyen d'action. Il est temps d'approfondir la notion d'instrument sur trois points³.

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. Ainsi, dans un processus d'appropriation d'un robot pédagogique de type bras manipulateur (Rabardel 1993), les sujets ne prennent 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 dans l'espace. 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 progressive⁴.

Le troisième point est tout aussi essentiel. La fraction de l'artefact considérée comme

2. 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.

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

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. 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. 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 œuvre 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.

Construire des situations
d'activités avec des instruments
favorisant le développement
des compétences

C'est un problème moins simple qu'il n'y paraît. Ainsi, Rogalski (1988) qui analyse les

difficultés rencontrées par les élèves dans une tâche de programmation, met en évidence qu'une partie d'entre elles n'est pas d'ordre logique mais tient à des représentations insuffisantes ou erronées du dispositif informatique sur lequel le programme sera exécuté. Le dispositif a des contraintes et des modalités de gestion de l'information qui ne sont pas toujours identifiées de façon adéquate par les élèves. Ceux-ci ont tendance à attribuer à la machine les mêmes connaissances et compétences que les leurs propres.

Cette tendance avait déjà été identifiée dans d'autres situations par Laborde et al. (1985) ou Mendelsohn (1986). Celui-ci souligne que la construction de représentations anthropomorphiques du dispositif est, dans certains cas, encouragée par la parenté entre les caractéristiques de la machine et le fonctionnement ou les schèmes familiers des sujets (ex. tortue LOGO). Les sujets éprouvent alors des difficultés supplémentaires pour se décentrer et distinguer les caractéristiques de leur fonctionnement propre de celles du fonctionnement de la machine, alors que, paradoxalement, cette parenté des fonctionnements leur a facilité une première entrée dans le système⁵. L'exemple du quadrillage déjà évoqué relève du même type de phénomène. En prenant en charge la dimension orthogonalité de la symétrie, il simplifie, lorsque l'axe est parallèle au quadrillage, le problème de construction pour l'élève mais ne le conduit pas à construire l'orthogonalité.

Afin de mieux maîtriser l'impact de l'utilisation des instruments au plan éducatif, il convient d'analyser finement les situations d'activité créées par leur usage. On peut utiliser dans ce but le modèle SAI (figure 1).

Trois pôles y sont distingués : le sujet, l'instrument, l'objet vers lequel l'action à l'aide de l'instrument est dirigée. Le modèle fait apparaître une multiplicité et une complexité des relations et des interactions entre les différents pôles, sans commune mesure avec les modélisations bipolaires habituelles de situations d'interaction sujet-objet (telle par exemple que la dyade élève-ordinateur). En effet, au-delà des interactions directes sujet-objet (S-Od), de multiples autres interactions doivent être considérées : les interactions

4. Dans nombre de situations, cette élaboration ne se limite pas à la sélection d'une partie de l'artefact ; celui-ci est souvent détourné de 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.
5. Cela souligne l'importance de la gestion didactique des situations et des contrats par l'enseignant.

Analyse d'exemple avec le modèle SAI

CONDITION QUADRILLAGE			CONDITION ÉQUERRE		
Activité	Instrument	Objet	Activité	Instrument	Objet
L'élève compte	crayon	nombre de carreaux	L'élève aligne	équerre	obtention direction perpendiculaire à l'axe
Il compte	crayon	même nombre de carreaux	Il fait glisser	équerre	perpendiculaire passant par A
Il dessine	crayon	point A'	Il trace et prolonge	crayon, équerre	trait sur feuille
			Il mesure	règle	distance A/axe
			Il reporte	règle	distance axe/A'
			Il dessine	crayon	point A'
Idem pour point B			Idem pour point B		
Il trace	crayon et règle	le segment	Il trace	crayon et règle	le segment

entre le sujet et l'instrument (S-I), les interactions entre l'instrument et l'objet (I-O) sur lequel il permet d'agir, et enfin les interactions sujet-objet médiatisées par l'instrument (S-O m).

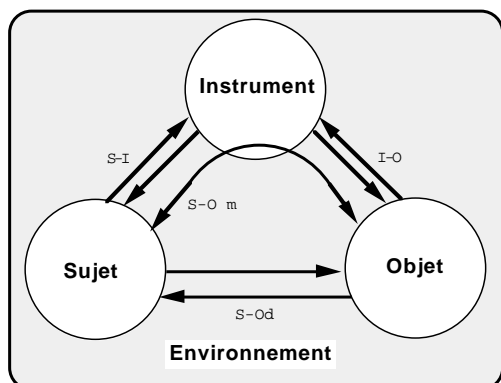


Figure 1 :
Modèle des situations d'activités avec instrument

Reprenons, pour illustrer l'utilisation du modèle SAI l'exemple de la symétrie orthogonale⁶. L'élève dispose d'une feuille sur laquelle un axe parallèle au quadrillage et un segment AB oblique par rapport à l'axe sont tracés, ainsi que d'une règle graduée et d'un crayon. Dans une condition, la feuille est quadrillée, dans l'autre, elle est blanche et l'élève dispose d'une équerre.

Condition quadrillage : « L'élève compte les carreaux entre A et l'axe avec la pointe de son crayon. Il compte ensuite, de la même façon le même nombre de carreaux de l'autre côté de l'axe et marque le point A'. Il recommence pour B, puis trace A'B' à l'aide de la règle et du crayon. »

Condition équerre : « L'élève aligne le petit côté de l'équerre sur l'axe, puis il le fait glisser le long de l'axe jusqu'à ce que le côté

perpendiculaire à l'axe passe par A. Il trace un trait entre A et l'axe. Il prolonge ce trait avec la règle. Il mesure la distance A/axe avec la règle, la reporte de l'autre côté de l'axe et dessine A'. Il recommence pour B' et trace A'B'. »

Il apparaît que, si les deux activités ont des points communs, la procédure équerre est plus complexe. L'élève doit prendre en compte l'orthogonalité, au moins sous la forme agie⁷ et effectuer des mesures (qui ne portent pas nécessairement sur des nombres entiers), tandis que le quadrillage est limité aux nombres entiers et n'implique pas l'orthogonalité puisqu'il suffit de compter les carreaux en direction de l'axe et de reporter le résultat de l'autre côté.

Nous voyons, à travers cet exemple l'intérêt des descriptions de l'activité analysée avec le modèle SAI : elles permettent de caractériser les propriétés des situations didactiques réellement prises en compte par l'élève. Ainsi, un élève qui ne respecte pas la perpendicularité de l'équerre à l'axe lorsqu'il la fait glisser pour que l'autre côté passe par le point A, comme cela se rencontre souvent, n'a probablement pas encore véritablement intégré l'orthogonalité dans sa conceptualisation de la symétrie. L'analyse avec le modèle SAI peut, par ailleurs, également être réalisée à partir d'une description de la tâche a priori, aidant ainsi l'enseignant à apprécier la pertinence éducative des tâches et des situations en fonction des objectifs visés.

6. Il s'agit d'un domaine sur lequel les résultats obtenus par la recherche didactique sont importants. Nous n'avons pas l'intention, à travers notre exemple, d'apporter des résultats nouveaux, nous nous proposons seulement de donner une illustration de l'utilisation possible par les enseignants du modèle d'analyse SAI.
7. La description de l'activité sur laquelle porte l'analyse étant purement comportementale, nous ne savons pas s'il "pense" orthogonalité.