

QUELLES COMPETENCES LA CONCEPTION ET LA FABRICATION ASSISTÉES PAR ORDINATEUR REQUIERENT-ELLES? UNE ETUDE DE CAS⁷

Jean-François PERRET, Danièle GOLAY SCHILTER,
Anne-Nelly PERRET-CLERMONT, Luc-Olivier POCHON⁸

Cadre de l'étude

Dans différents secteurs de la formation professionnelle, en particulier dans le domaine de la mécanique, les outils informatiques sont de plus en plus utilisés. Nous nous sommes intéressés à un cas particulier où ce nouvel outil tient une très grande place, non seulement en tant qu'outil sémiotique, comme "aide à penser", mais aussi comme outil de fabrication, comme "aide à faire".

Le perfectionnement actuel de ces outils conduit à un développement de plus en plus important de leur composante sémiotique. Cela pose des problèmes spécifiques liés aussi bien au rôle de la représentation de l'outil, qu'au rôle des représentations que véhicule l'outil. La capacité de passer d'un outil à un autre fait intervenir une généralisation d'usage à la fois sur les plans du "faire", des représentations de l'outil et des représentations du faire (simulation).

Ces questions, nous les posons par rapport à la transmission de savoirs techniques propres aux métiers très répandus dans notre région. Ce sont plus particulièrement les horlogers et mécaniciens de précision de l'Arc jurassien, tant du côté suisse que de celui de la France voisine, qui ont développé des techniques du faire très précises et complexes.

L'arrivée de l'informatique a introduit d'importants changements dans les activités professionnelles traditionnelles. L'intégration des activités de production dans la perspective CIM (Computer Integrated Manufacturing) exige un ensemble de nouvelles compétences aussi bien cognitives que sociales.

Comment adapter la formation en conséquence? Quelles sont les exigences psychologiques et psychopédagogiques de ces outils? Comment leur connaissance et leur maîtrise se transmettent-elles?

Traditionnellement, la formation professionnelle de base en Suisse s'acquiert principalement par un apprentissage effectué sur un lieu de travail. Dans quelques secteurs d'activités, des École de métiers ont vu le jour pour offrir une formation scolaire à plein temps. Dans l'horlogerie et la mécanique, déjà

⁷ Communication au "Third International Congress for Research on Activity Theory", Moscou, 26 au 30 juin 1995.

⁸ Nous remercions le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique qui a permis la réalisation de ces travaux (FNRS/PNR33 4033-035846 / A.N.Perret-Clermont, R. Bachmann & L.O.Pochon).

au début de ce siècle, des Écoles ont été créées pour répondre aux besoins de formation qui s'exprimaient alors.

Ces Écoles se trouvent confrontées aujourd'hui à la nécessité de renouveler leurs équipements et le contenu de leur formation pour rester à jour par rapport à l'activité professionnelle actuelle dans les entreprises. Les mutations technologiques rapides obligent les Écoles de métiers à repenser leur rôle, leur offre de formation et la spécificité de leur apport dans le contexte socio-professionnel actuel.

Le terrain

La recherche présentée ici porte sur les processus socio-cognitifs en jeu dans la transmission et l'appropriation de savoirs techniques. L'étude a été conduite dans une École Technique (ETSC de Sainte-Croix / Vaud) et est centrée sur l'apprentissage de la fabrication assistée par ordinateur.

Notre but est d'étudier les caractéristiques de cet apprentissage en situation réelle de formation. La perspective adoptée est celle d'une étude de cas avec une attention particulière portée à l'impact des outils informatiques sur l'activité des étudiants, ainsi qu'à la dynamique socio-cognitive qui sous-tend la construction et la mise en oeuvre de nouveaux savoirs.

L'étude s'inscrit dans le cadre des travaux de psychologie sociale de la transmission de connaissances développés dans le département de psychologie de l'Université de Neuchâtel.

La démarche

Nous avons choisi de centrer nos observations sur les temps de travaux pratiques que les étudiants effectuent par petits groupes de deux ou trois au cours des dernières semaines de leur formation de technicien.

L'investigation comprend trois étapes:

- 1) Entretiens préalables avec le professeur en charge des travaux pratiques sur l'organisation de la formation, son contenu et les objectifs d'apprentissage visés.
- 2) Observation filmée des groupes de travail (par enregistrements vidéo).
- 3) Entretiens avec les étudiants à partir d'extraits des enregistrements vidéo de leur travail, extraits que nous leur demandons de commenter. Le but est d'entendre les étudiants s'exprimer sur leurs propres interprétations de quelques faits d'apprentissage observés, ainsi que plus généralement sur leur rapport aux techniques de fabrication automatisée.

La situation d'observation

Au cours des travaux pratiques, les étudiants ont à gérer une cellule d'usinage automatisée dans le but de produire une pièce dont le dessin leur est donné. Ils ont à maîtriser le processus de production

depuis la conception initiale de la fabrication jusqu'à la supervision de l'usinage. L'activité des groupes de travail se déroule sur une demi-journée (trois à quatre heures selon les groupes).

Les sujets

L'investigation concerne 20 étudiants techniciens qui ont entre 20 et 25 ans et dont la formation de base est la mécanique ou l'électronique.

Les observations

Les données recueillies nous permettent d'analyser trois dimensions de l'activité psychologique des apprenants selon que nous centrons le regard sur:

- l'activité sémiotique,
- les interactions sociales,
- les significations accordées à la tâche et aux compétences qu'elle requiert.

Nous présenterons successivement quelques résultats relevant de ces différents niveaux d'analyse.

L'activité sémiotique

La fabrication assistée par ordinateur fait appel à différents outils de symbolisation pour représenter aussi bien l'objet que les actions sur l'objet. Différents systèmes de codage interviennent selon qu'il s'agit de:

- dessiner l'objet, soit sur papier, soit à l'ordinateur (DAO),
- concevoir les étapes de la fabrication (CFAO) en s'appuyant sur la représentation graphique à la fois de l'objet et des actions d'usinage sur cet objet,
- programmer l'usinage (CNC) basé sur le codage numérique des opérations successives.

L'activité sémiotique propre au deuxième système (CFAO) est particulièrement intéressante à étudier d'un point de vue psychologique. L'outil informatique utilisé pour la conception de la fabrication exige de l'étudiant des opérations de pensée spécifiques, opérations dont l'appropriation ne se fait pas aisément comme le montrent les exemples suivants:

- a) Un premier type de difficultés que nous avons observées concerne
l'omission d'opérations d'explicitation.

Exemple 1

Les étudiants ont à l'écran le dessin de la pièce à réaliser. Avant de définir toute opération d'usinage, ils ont à désigner, sur le dessin, la pièce "brute" ou autrement dit le solide initial qui sera usiné. Ils doivent donc expliciter, pour les besoins du logiciel, les contours du dessin qui désignent la pièce

brute de départ. Cette opération est techniquement simple à effectuer, mais elle est presque systématiquement omise par les étudiants. Elle leur paraît superflue.

Exemple 2

Une autre opération d'explicitation fréquemment omise par les étudiants concerne la définition des coordonnées qui situeront la pièce à usiner dans l'espace de la machine-outil automatisée. L'angle inférieur gauche de la pièce représentée à l'écran est à placer en coordonnées (0,0), sans quoi, l'usinage ne se fera pas au bon endroit. Cette explicitation exige d'établir une correspondance précise entre l'espace représenté à l'écran et l'espace dans lequel la machine opère.

Exemple 3

Pour usiner une poche intérieure, les étudiants indiquent sans difficulté la surface à usiner. Par contre, lorsqu'il s'agit d'usiner le bord de la pièce, les difficultés commencent. Le procédé requis consiste d'abord à définir, à l'écran, un plan ad hoc qui déborde quelque peu la pièce et au sein duquel l'usinage sera effectué.

Les étudiants observés n'ont manifestement pas tous intégré cette démarche. Cela est certainement lié au fait que cette opération n'a pas de correspondant dans l'usinage traditionnel. En effet, lorsque l'on conduit à la main un outil, on n'a pas à penser comme tel l'espace de ses mouvements entre la pièce et la frontière extérieur qui délimite l'espace des mouvements. Cet espace est alors appréhendé intuitivement, il relève du sens pratique.

Nous avons observé quelques étudiants préférer recourir à une autre procédure dite des "trajets manuels", procédure, offerte par le logiciel, qui leur permet de choisir eux-mêmes et pas à pas chaque trajet d'outil, plutôt que de laisser l'ordinateur gérer lui-même l'ensemble des trajets. Cette procédure permet ainsi de contourner la définition problématique d'une surface d'usinage qui déborde la pièce et de se rapprocher de démarches plus familières. L'outil informatique est de la sorte réintégré à des schèmes d'action connus.

b) Une autre type d'observations a trait à la simulation de l'usinage.

La simulation de l'usinage sur ordinateur remplit un rôle important pour la raison suivante: la conception de la fabrication se fait en donnant à l'ordinateur un certain nombre d'indications relatives à la partie de la pièce à usiner, à la profondeur du fraisage, à la dimension des outils, etc. Sur la base des indications ainsi données par le technicien, c'est l'ordinateur qui génère automatiquement le code d'usinage CNC. Le codage "pas à pas" échappe donc en dernier ressort au technicien. Une conséquence importante de cette prise en charge réside dans *l'incertitude* ainsi créée quant à la manière exacte dont l'usinage sera effectué.

Pour tenter de réduire cette incertitude les étudiants recourent à différentes possibilités de simulations graphiques, statiques ou dynamiques, offertes par le logiciel. Mais nous observons que ces simulations graphiques ne sont pas toujours faciles à lire. Il est aussi vrai que le travail scolaire permet, sans conséquence grave, la multiplication d'essais d'usinage successifs jusqu'à la réussite; cela n'incite pas vraiment les élèves à s'appuyer sur les moyens de simulation qu'offre l'outil informatique pour anticiper et contrôler l'action.

Interactions socio-cognitives

Notre deuxième niveau d'analyse porte sur les interactions sociales dans cette situation de travaux pratiques. La complexité du dispositif technique utilisé met fréquemment les étudiants dans des situations de choix et de résolution de problèmes. Pour y faire face, ils collaborent intensivement et font appel au professeur lorsqu'ils se trouvent bloqués par une difficulté.

L'analyse des interactions sociales est particulièrement complexe pour deux raisons:

- 1) Les échanges verbaux que les étudiants entretiennent en cours d'activité sont quasi continus et ne sont pas compréhensibles sans prendre en compte l'objet précis dont ils parlent ainsi que la succession de leurs actions. C'est la raison pour laquelle nous avons recouru à un double enregistrement vidéo pour avoir simultanément l'enregistrement des étudiants et le film de l'écran d'ordinateur sur lequel ils travaillent.
- 2) De plus, l'objet dont parlent les étudiants est un objet informationnel qui se transforme au fil de leurs décisions et de leurs actions. Les divergences et confrontations de points de vue entre étudiants, se voient souvent prématurément interrompues par la transformation de l'objet même de la controverse. La dynamique interactive que nous observons consiste le plus souvent en une co-construction conflictuelle.

Dans cette dynamique où les temps d'actions, d'échanges, de réflexion personnelle et de consultation se révèlent très intriqués, nous nous sommes attachés à identifier des séquences typiques.

En voici deux exemples:

- 1) Une interaction qui permet la construction d'une représentation partagée:
 - *Prends le cercle ici*
 - *on prend le gravage ou le cercle?*
 - *on fait le cercle ... on a une fraise de combien? ... de 8 ... avec une fraise de 8 tu peux pas faire un cercle comme ça,*
 - *pourquoi?*
 - *non mais réfléchis ! Comment veux-tu passer entre deux trous avec une fraise de 8!*
 - *Mais réfléchis, les trous sont au fond!*
 - *ah oui c'est juste*

- *t'es un peu "beblues" toi!*
 - *ah, mais je croyais ... oui d'accord ... alors fais ça, ... je ne voyais pas les choses comme ça.*
- 2) Une interaction au cours de laquelle une technique antérieurement apprise est réactualisée à l'initiative d'un étudiant:
- *Faut faire le tour du cercle à l'extérieur,*
 - *(cherche dans le menu) ... "ébauche-finition" ... alors, ce n'est pas une "poche",*
 - *non, tu sais ce qu'on fait, on définit un rectangle autour. Tu fais l'intérieur du rectangle puis l'extérieur du cercle,*
 - *c'est ce cercle?*
 - *non, attends, il faut définir un rectangle là autour. Tu te souviens comme on faisait?*
 - *ça sera ça, ça et ça (désigne les traits du dessin),*
 - *oui, mais il faut définir l'intérieur du rectangle puis l'extérieur du cercle, ça fait une poche. C'est comme ça qu'on faisait je crois.*

Attribution de significations

La troisième dimension d'analyse prise en compte concerne la manière dont professeur et étudiants perçoivent l'activité de fabrication assistée par ordinateur, les difficultés rencontrées, les compétences exigées, ainsi que les équipements techniques disponibles pour cet apprentissage.

Nous donnerons ici deux exemples d'écart observé entre les représentations des uns et des autres.

a) Les difficultés de réalisation sont perçues différemment:

Les propos recueillis nous permettent d'identifier deux systèmes de représentations correspondant à deux images du métier que l'on peut résumer schématiquement ainsi:

Image 1: Un technicien bien formé est à même d'effectuer une tâche avec assurance et sans erreur. Les difficultés rencontrées, si elles se présentent malgré tout, sont attribuées à une cause simple tel que l'oubli d'une opération, une lacune ponctuelle dans la formation reçue ou encore un défaut technique malvenu.

Image 2: L'utilisation d'outils informatiques complexes n'est jamais une activité de routine; les imprévus sont constants, les pannes fréquentes. La tâche première du technicien est précisément de savoir analyser les difficultés inhérentes à tout système complexe et de trouver des ressources et des solutions possibles. La résolution de problèmes (diagnostic de pannes et recherche de solutions) est au cœur de l'activité du technicien.

Nous constatons que la première représentation (plus traditionnelle) est plus souvent présente dans les propos des étudiants alors que la deuxième est plutôt soulignée par les professeurs.

Chez les étudiants, il s'avère toutefois difficile de dissocier ce qui relève de leur image du métier de technicien qu'ils exercent, et ce qui provient de leur situation actuelle de formation (leur métier d'étudiant) où, d'évaluation en évaluation, ils doivent avec assurance faire la preuve de ce qu'ils savent.

b) Machines pour apprendre ou machines pour produire ? Les équipements techniques disponibles dans l'École sont également perçus différemment:

Du point de vue du professeur, la cellule d'usinage didactique sur laquelle les étudiants travaillent présente de nombreux avantages en matière notamment de sécurité et de visibilité des opérations. La compréhension du processus s'en trouve ainsi facilitée. De ce point de vue, l'École dispose d'une machine particulièrement bien conçue pour apprendre à connaître et à maîtriser les principes généraux de la fabrication assistée par ordinateur.

Les étudiants, quant à eux, comparent souvent cet équipement aux équipements industriels sur lesquels ils auront peut-être à travailler au terme de leur formation. Ce qu'ils soulignent, ce sont les limites techniques de la cellule d'usinage didactique. Les étudiants semblent considérer qu'un apprentissage efficace exige un équipement industriel réel et performant. Cette perception n'est pas sans influence sur leur engagement personnel dans la situation de formation vécue au sein de leur École Technique.

Conclusion

Notre étude vise à investiguer les processus socio-cognitifs en jeu dans la transmission et l'appropriation de compétences techniques. Les observations dont nous avons donné ici un aperçu portent sur trois dimensions de l'activité psychologique que requiert la fabrication assistée par ordinateur: l'activité sémiotique, les interactions socio-cognitives et l'attribution de significations. Nos travaux se poursuivront en portant une attention particulière à la manière dont ces différentes dimensions s'articulent dans l'activité des techniciens.