

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL
Séminaire de psychologie
Espace Louis-Agassiz 1
CH - 2000 Neuchâtel

AUX PRISES AVEC L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE: COLLABORATION ET DÉMARCHES DE TRAVAIL CHEZ DES ÉLÈVES TECHNICIENS

Danièle Golay Schilter, Franco de Guglielmo et Jean-François Perret*

avec la collaboration de Jean-Philippe Chavey** .

**Document de recherche du projet
"Apprendre un métier technique aujourd'hui"**

Construction, communication et appropriation des savoirs professionnels requis pour le
développement et la maîtrise de nouveaux outils informatiques

No 7
Février 1997

PNR33 Efficience de nos systèmes de formation
FNRS no 4033-35846
A-N. Perret-Clermont, R. Bachmann & L-O Pochon

*) Nous remercions Roland Bachman, directeur de l'Ecole Technique de Ste-Croix (CH), qui a nous a ouvert toutes grandes les portes de son établissement, ainsi que les élèves techniciens de deuxième année, qui ont de bonne grâce accepté d'être filmés et se sont prêtés au jeu de l'entretien.

**) Enseignant à l'Ecole Technique de Ste-Croix (CH), sans l'assistance duquel nous n'aurions pu réaliser notre étude et que nous remercions ici pour les nombreux entretiens qu'il nous a accordés, pour sa participation à l'enregistrement de nos données et pour ses commentaires critiques. Cette recherche a par ailleurs bénéficié de l'accompagnement éclairé de Luc-Olivier Pochon, mathématicien et informaticien, enseignant au Centre Professionnel du Littoral Neuchâtelois et chercheur à l'Institut de Recherche et de Documentation Pédagogique Romand.

1. INTRODUCTION

De nombreuses activités professionnelles se trouvent aujourd'hui transformées par une utilisation de plus en plus systématique des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Dans le secteur de la construction mécanique dont il sera question dans ce chapitre, l'informatique est étroitement liée au développement de la fabrication automatisée. Les machines-outils à commandes numériques (MOCN) et les robots ont d'abord été gérés isolément puis progressivement intégrés dans des cellules de production. Dans une perspective de Computer Integrated Manufacturing (CIM), l'apport de l'informatique s'étend encore: il tend à concerner la conception, la préparation et l'organisation du travail dans l'entreprise (Linhart, 1994; Stroobants, 1993).

Tant les milieux industriels que ceux de la formation professionnelle s'accordent à souligner la nécessité de repenser aujourd'hui les compétences cognitives et sociales que requiert l'usage de ces outils informatiques. Il s'agit bien sûr de maîtriser les systèmes de représentations sémiotiques propres aux interfaces homme-machine, mais aussi d'acquérir des capacités plus générales d'anticipation, de planification de l'action, d'analyse et de résolution de problèmes. Les compétences sociales les plus fréquemment évoquées sont du type: savoir communiquer, savoir travailler en équipe pour maîtriser un dispositif technique complexe, ou encore savoir s'adapter à une situation nouvelle.

La définition de telles exigences de formation soulève un ensemble de questions. Comment ces compétences attendues s'acquièrent-elles, comment se transmettent-elles? Au-delà des déclarations d'intentions générales, en quoi ces compétences consistent-elles concrètement dans une situation d'action? Dans quels contextes d'enseignement, d'apprentissage ou de travail, ces savoirs et savoir-faire professionnels visés se construisent-ils? Comment adapter les situations de formation pour favoriser des interactions socio-cognitives productives?

A notre sens, répondre à ces interrogations passe nécessairement par l'examen attentif de ce qui se vit dans des situations réelles de formation ou de travail, lorsque des interactions sociales prennent forme autour de tâches et de problèmes complexes à résoudre. Par l'étude "in vivo" de situations de formation professionnelle, notre intention est de contribuer à développer nos compréhensions des processus d'apprentissage, processus qui se révèlent comporter à la fois des enjeux cognitifs, relationnels et identitaires.

Différentes questions guideront ainsi notre investigation. On s'intéressera notamment aux modes de collaboration qui s'instaurent dans les groupes de travail. Confrontés à une tâche complexe, comment les apprenants organisent-ils leur activité, la distribution des tâches, des rôles, des responsabilités et des prises d'initiatives, ou encore comment gèrent-ils leurs échanges et leurs éventuelles confrontations de points de vue en cours d'action? Il s'agira également d'identifier les démarches de résolution adoptées par les groupes de travail. Que font les apprenants lorsqu'ils sont confrontés à une difficulté

imprévue? Quelles réactions manifestent-ils? Quelles ressources sont-ils capables de mobiliser? Dans la dynamique de l'activité des groupes, une attention particulière sera encore portée au rôle spécifique de l'ordinateur. Quel est le rôle et l'effet d'un instrument qui renvoie aux apprenants un ensemble de signaux et d'informations tels des messages d'erreurs (Blaye, Light, & Rubtsov, 1992; Light & Blaye, 1989; Hoyles, Healy, & Pozzi, 1992; Hoyles, Healy, & Sutherland, 1990)? Au-delà de leur rapport à l'ordinateur, quelles représentations les apprenants se forgent-ils de l'activité à effectuer et quelles significations accordent-ils à la tâche? Quelque soit en effet la précision avec laquelle le but d'une tâche est communiqué, les apprenants réinterprètent celle-ci en fonction notamment de certaines caractéristiques de la situation (temps à disposition, modalités d'évaluation du travail effectué, etc.), d'attentes implicites qu'ils peuvent percevoir, ou encore en fonction de leurs expériences passées sur des tâches similaires. Comment les interactions socio-cognitives au sein d'un groupe de travail sont-elles alors marquées par les significations que les uns et les autres accordent à la tâche et à l'activité qu'il convient de déployer, ainsi qu'à leurs définitions de la situation (Grossen, 1988; Grossen, Liengme Bessire, & Perret-Clermont, à paraître; Nunes Carraher, Carraher, & Schliemann, 1991; Perrenoud 1994)?

Le rapport est organisé selon le plan d'ensemble suivant: nous commencerons par exposer le cadre de notre étude et la démarche générale de recherche adoptée. Puis nous présenterons en détail quatre groupes d'élèves techniciens réalisant un travail pratique de fabrication assistée par ordinateur. La troisième partie consistera en une présentation synthétique de ces observations, complétée d'informations issues d'autres parties du projet et accompagnée de réflexions et propositions pédagogiques relatives à la situation de formation étudiée. Cette partie peut être lue indépendamment de la précédente. Enfin, nous proposerons une brève réflexion autour de la manière d'apprécier l'efficacité des conduites des élèves et d'utiliser l'observation de terrain. **

2 CADRE ET DÉMARCHE DE RECHERCHE

Les observations présentées plus loin font partie d'un projet plus vaste mené sein d'une École technique, cherchant à rendre compte de la complexité des processus et des enjeux qui s'y vivent, en particulier autour de la transmission de connaissances et savoir-faire en jeu dans les technologies informatiques. Une première phase d'observations et d'entretiens, complétés par l'administration d'un questionnaire écrit aux élèves, a abouti à une description monographique de l'établissement et de son contexte de fonctionnement¹. Dans une deuxième phase, nous avons réduit la focale de notre regard et l'avons porté sur une situation précise d'utilisation de technologies informatiques, qui par divers aspects a retenu notre attention.

1) Cf. liste des rapports publiés p. **

2.1. La situation de formation: généralités

Il s'agit d'un travail pratique (TP) au cours duquel des élèves techniciens effectuent, par petits groupes, une tâche complexe de programmation de l'usinage d'une pièce à l'aide d'un logiciel de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) et d'une cellule de production automatisée de type didactique. C'est une activité d'un après-midi, qui, vu la rotation des groupes d'élèves, se répète plusieurs fois; ces conditions sont favorables à la mise au point de l'observation. Ce travail pratique présente plusieurs caractéristiques intéressantes: le travail de programmation des élèves y est mis en oeuvre et ils peuvent observer les conséquences de leur choix. Enfin, il s'agit, on le verra, d'une tâche complexe à accomplir dans un temps limité, qui demande de mobiliser des connaissances et des procédures apprises il y a plusieurs mois; par ces aspects, elle diffère des autres situations de formation en atelier que vivent ces élèves. En effet, lorsqu'ils sont confrontés à des tâches ouvertes et compliquées, comme dans leur travail de diplôme, les élèves disposent en général de plus de temps et les exigences des autres TP sont, elles, plus limitées.

Les quatre groupes observés, soit dix étudiants techniciens, tous de sexe masculin, âgés de vingt à vingt-cinq ans. Après avoir suivi un apprentissage de quatre ans, ils ont entamé un perfectionnement de deux ans dans les secteurs de l'informatique industrielle, de l'exploitation (productique) et de la construction mécanique. Au moment de l'observation, ils arrivent au terme de leur formation. Leur familiarité avec l'usinage varie en fonction de leur formation antérieure. Si les mécaniciens ont de l'expérience en matière d'usinage conventionnel et/ou à commande numérique, les autres n'ont reçu qu'un cours de trente heures d'usinage à commande numérique et la mécanique en général n'appartient pas à leur domaine d'expertise. Les groupes observés ont déjà travaillé ensemble sur d'autres travaux pratiques, durant toute l'année, une après-midi par semaine.

2.2. La tâche et l'instrument informatique

Le travail pratique est destiné à rafraîchir leurs connaissances et à conduire, pour la première fois, le processus de fabrication d'une pièce de bout en bout (voir figure 1). L'année précédant la tâche, les élèves ont appris à utiliser le logiciel de fabrication assistée par ordinateur (FAO), en suivant un cours et en réalisant des exercices. Ils ont également appris à connaître la structure et le fonctionnement d'un système d'usinage flexible (Flexible Manufacturing System). Le travail pratique observé intervient huit mois après cet enseignement.

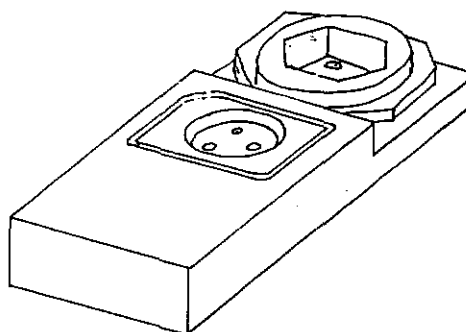


Figure 1: la pièce à usiner

Les élèves sont divisés en petits groupes et travaillent en parallèle sur différentes tâches. En début de TP, l'enseignant cadre l'activité: oralement et dans la consigne écrite, il évoque les buts mentionnés ci-dessus; il décrit les étapes principales de la tâche et indique quelques contraintes techniques. Il mentionne les critères d'évaluation : une durée d'usinage réduite et une certaine autonomie lors de la phase de programmation de l'usinage. La note obtenue est commune aux élèves du groupe, auxquels il s'adresse collectivement. Il ne leur donne pas d'autre indication en matière de collaboration ou de méthode de travail.

Les élèves reçoivent ensuite un fichier informatique contenant le dessin de la pièce avec les formes à usiner (voir fig. 2). Ils doivent transférer le fichier du logiciel de conception à celui de fabrication. Puis, à partir de ce dessin et à l'aide d'un schéma et de quelques indications, ils programment l'usinage de la pièce, soit le perçage des trous et l'évidage des formes. Ils mettent en route les divers composants d'une cellule d'usinage et effectuent ensuite le transfert de leur programme; enfin ils surveillent le transport de leur pièce par le véhicule automatique de la cellule, ainsi que son usinage par la machine à commande numérique (fig. 3).

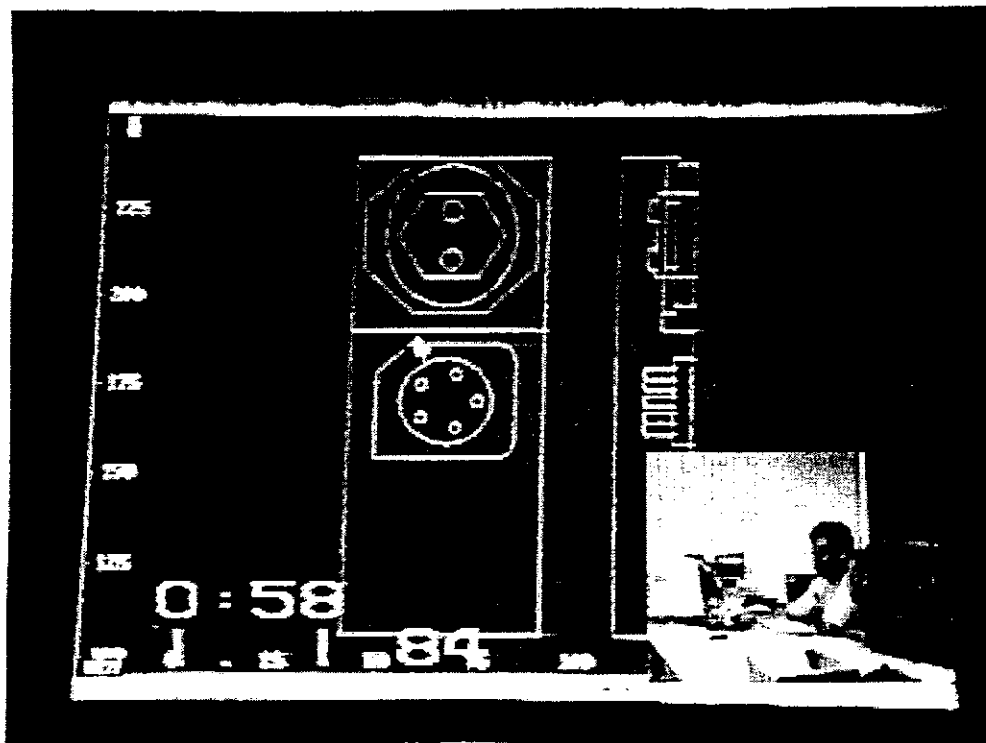


Figure 2: dessin de la pièce à l'écran de face et de profil



Figure 3: vue de la machine à commande numérique

Le logiciel de programmation de fabrication utilisé est un outil informatique conçu pour l'industrie et utilisé ici à des fins de formation. C'est un instrument qui permet de générer un programme d'usinage sans devoir coder une à une chaque opération et chaque information, comme cela se fait dans la programmation directe d'usinage sur machine à commande numérique. En effet, une fois qu'il sait à partir de quels contours usiner, dans quelle direction et à quelle profondeur - plus un certain nombre d'autres indications - le programme effectue lui-même les calculs dictant le travail de l'outil, puis code ces indications pour la machine à commande numérique.

L'interface du logiciel montre, en haut de l'écran, une dizaine de menus déroulants comportant eux-mêmes des sous-menus. Les inputs sont donnés en ouvrant les menus déroulants et en cliquant sur les options voulues. Le programme propose alors une série de fenêtres et de boîtes de dialogue. Chaque fois que l'une d'elles est remplie (en cliquant sur les options choisies ou en indiquant les valeurs retenues) et que la solution est correcte, la fenêtre suivante s'ouvre. Fenêtres et boîtes de dialogues sont complexes et demandent l'introduction de nombreuses informations. Le programme donne des indications au bas de l'écran sur la procédure générale suivante (p. ex. "sélectionner les géométries"). Il transmet aussi des messages d'erreur et comporte un menu d'aide thématique. Enfin, il offre des possibilités de visualisation et de contrôle du travail déjà réalisé sur la pièce.

2.3. Méthodologie générale

Notre approche de cette situation de formation peut être définie comme clinique. Elle poursuit plusieurs objectifs: connaître l'activité dans son ensemble, en repérer les enjeux, comprendre les significations qu'en élaborent les acteurs et en analyser en détail certains moments, en nous focalisant sur les modes de collaboration et de résolution de problème.

Grâce à des entretiens avec l'enseignant concerné, nous avons d'abord cerné la place de cette situation de formation dans le curriculum des élèves, ainsi que les buts et le scénario prévus par l'enseignant. Nous avons ensuite filmé les groupes d'élèves (2-3 sujets) et l'écran d'ordinateur sur lequel il travaille. Puis, nous avons soumis aux élèves des extraits des bandes vidéos et les avons interrogés sur les difficultés rencontrées et leur manière d'y répondre, nous intéressant également à la manière dont ils ont interprété les buts de l'activité, appréhendé les outils utilisés et vécu le travail effectué. Enfin, nous avons recueilli les rapports écrits des élèves, ainsi que l'évaluation écrite et orale, de l'ensemble du travail, effectuée par l'enseignant.

Les bandes vidéo ont d'abord fait l'objet de divers repérages: phases de travail, commentaires des élèves et principales difficultés rencontrées. Puis, des extraits ont été sélectionnés, transcrits et analysés selon la méthode décrite au point 2.4. Enfin, certaines de nos observations ont fait l'objet de réflexions avec les acteurs concernés et ont servi de base à des propositions pédagogiques.

2.4. Outils de description et d'analyse des séquences

Une fois identifié un élément de la tâche auquel tous les groupes se sont achoppés, avec plus ou moins de succès et avec des conséquences importantes sur la qualité de la pièce, nous avons sélectionné les passages où cet élément est traité; enfin, au sein des passages en question, nous avons isolé des séquences clés menant à la réussite ou à l'insuccès de la démarche.

Selon objectifs, il s'agissait ensuite de décrire et comprendre les modes de collaboration des élèves et leurs démarches de travail et de résolution de problème. Pour ce faire, nous n'avons pas procédé à un codage des comportements au moyen de catégories préétablies, mais à une analyse de leurs interactions. Par interaction, nous entendons à la fois une suite d'actes et d'échanges entre partenaires et les propriétés de ces actes, à savoir l'influence réciproque que les partenaires exercent ainsi sur leur actions respectives (Trognon, 1991). De notre point de vue, l'interaction constitue une dynamique unique, où les acteurs tout à la fois (re)définissent le sens de la situation, élaborent leurs relations manifestent leurs sentiments, déploient une activité cognitive et agissent sur leur environnement (Grossen, et al., à paraître). Une telle approche nécessite le recours à une transcription fine à la fois des échanges et des actes, aussi les bandes vidéo utilisées pour l'analyse sont le produit d'un mixage entre les images d'une caméra visant les élèves et d'une seconde caméra filmant une projection sur rétroprojecteur digital de l'écran d'ordinateur sur lequel ils travaillent (Cf. fig. 4). Cette technique nous a également permis

d'inclure les changements d'état du programme, comme le passage d'une fenêtre (ou boîte de dialogue à une autre), les messages en langage naturel écrit et les messages sonores (bip)², ainsi que les changements graphiques. Ainsi, nous étions en mesure de rendre compte de l'interaction élèves-ordinateur et de répondre aux questions que nous nous posons sur le rôle de ce dernier dans la démarche des techniciens et sur leur rapport à cet instrument.

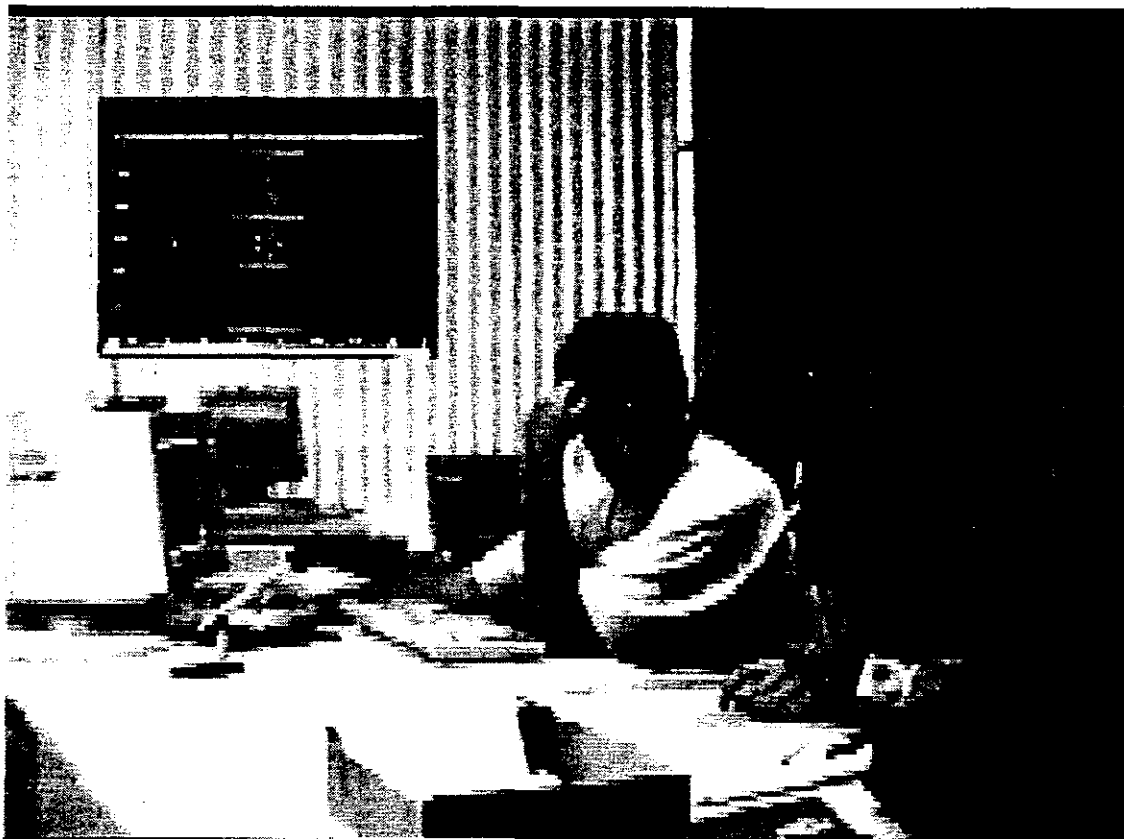


Figure 4: "mixage" des deux prises de vue

Pour analyser les interactions en fonction de notre problématique, nous avons combiné des outils linguistiques et psychologiques (Gilly, 1988; Hoyles, Healy, & Sutherland, 1990; Marro Clément, 1996; Mercer, à paraître; Pléty, 1996), permettant de qualifier les échanges et les actes et de répondre à deux séries de questions, concernant:

1) La démarche de réalisation de la tâche et de résolution de problème au plan pratique:

- Comment les élèves abordent-ils chaque phase de travail: par une planification, par une action directe?
- Définissent-ils des buts? Comment?
- Comment prennent-ils et évaluent-ils les décisions concernant les inputs à donner? Sur la base de quels arguments? A partir d'une discussion ou d'une action solitaire?
- Comment traitent-ils les messages du programme?

2) Les indications données par le programme au bas de l'écran ne sont malheureusement pas lisibles sur la vidéo.

- Face à une difficulté, comment procèdent-ils? Établissent-ils un diagnostic? Sur la base de quelles observations et de quels arguments?
- Quelles tactiques de recherche mettent-ils en oeuvre?
- A quelle aide recourent-ils?
- Quelles caractéristiques de l'ordinateur et du logiciel, quelles informations délivrées par celui-ci, paraissent jouer un rôle important dans leurs décisions et leurs démarches?

2) Le mode de collaboration:

- Quelle est la répartition entre élèves des commandes de l'ordinateur?
- Qui recourt aux consignes, à des instruments de mesure, à d'autres sources d'informations extérieures?
- Quelle est la fréquence de prise de parole de chacun?
- Qui s'adresse à qui?
- Sur quels modes chacun s'exprime-t-il : ordre, requête, assertion, question? -Qui y répond (en acte ou en parole) et de quelle manière (proposition suivie ignorée, reprise, réfutée, précisée, complétée, etc.)?
- Qui initie et conclut les échanges sur le traitement d'un nouvel objet?
- A propos des décisions (Hoyles, Healy et Sutherland 1990): qui initie et conclut les échanges concernant une décision?
- Qui suggère les propositions sur lesquelles se basent les décisions?
- Qui évalue les propositions?
- Qui prend les décisions finales?

En fonction des modes d'interventions, de la fréquence des prises de paroles et des modes de prise de décision, nous avons aussi tenté d'apprécier les rapports de place et la distribution du pouvoir, ainsi que leur évolution au fil de l'interaction (Kebrat-Orecchioni, 1988; Mercer, à paraître; Saint-Dizier, Trognon, & Grossen, 1995).

Les contenus des propositions des élèves et leurs actions sur l'ordinateur ont eux fait l'objet d'un relevé et d'une analyse de contenu empirique.

Enfin, les sentiments et opinions exprimés, verbalement ou non, nous ont procuré des indices permettant de comprendre comment les élèves réagissent à l'activité, à ses enjeux et aux relations qui s'y déploient.

3. DESCRIPTION MONOGRAPHIQUE DE QUATRE GROUPES AU TRAVAIL

Pour chacun des groupes observés, nous procédons au même type de présentation: la ou les séquences analysées sont divisées en étapes, comprenant chacune l'extrait de transcription correspondant, une description détaillée des interactions et contenus, en caractères italiques, et une analyse de cette description sous l'angle du mode de collaboration et sous ceux de la démarche de travail et des contenus et raisonnements

élaborés. Chaque groupe fait l'objet d'une synthèse et d'une discussion, soutenue d'observations recueillies sur l'ensemble du TP et lors des entretiens avec les élèves.

3.1. Quelques données techniques pour mieux cerner le problème

Les quatre groupes doivent résoudre le même problème: donner au programme, dans la fenêtre "profondeur", des indications correctes qui vont guider la manière dont l'outil approche la pièce et y usine un trou ou une poche. Toutefois des variantes apparaissent dans certaines options et dans le message d'erreur, selon qu'il s'agit d'un fraisage où l'outil, une fraise, creuse une poche ou évide le contour extérieur d'une forme ou d'un perçage, où un foret perce un trou.

Voici une explication des principaux paramètres de la fenêtre "profondeur" pour une opération de fraisage:

<u>Le plan de sécurité</u> : plan auquel la machine vient positionner l'outil au-dessus de la pièce.	<u>L'approche rapide</u> : plan jusqu'où l'outil descend rapidement vers la pièce; permet de gagner du temps dans la réalisation de l'usinage.
<u>La surface de référence</u> , qui est la surface où l'outil entre en contact avec la matière.	<u>La profondeur</u> de l'usinage à effectuer.

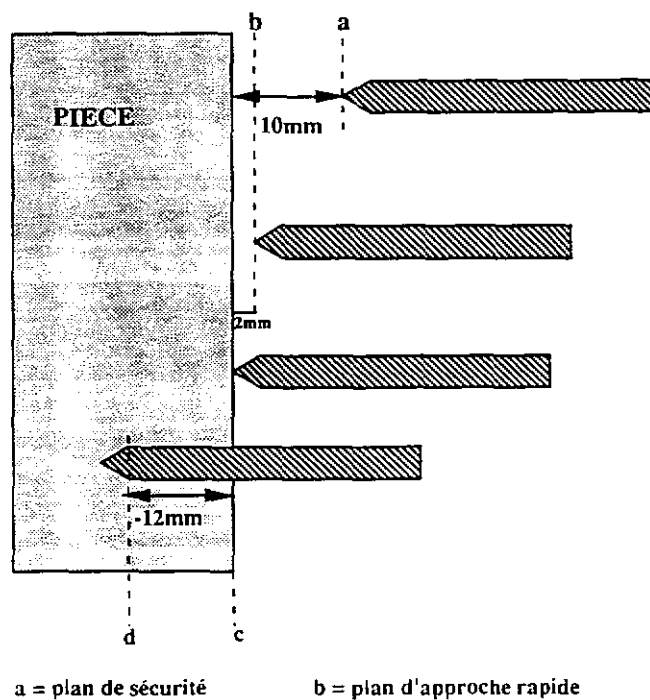


Figure 5: les plans successifs d'avance de l'outil

Les autres options à donner, comme le nombre de passes effectuées par l'outil, interviennent peu dans les discussions qui nous intéressent.

Pour le perçage, la cartouche "profondeur" devient "fond du trou" et une option supplémentaire apparaît:

Profondeur: -au diamètre
 - à la pointe

La profondeur au diamètre est celle atteinte par la partie de l'outil fixant le **diamètre** du trou, la profondeur à la **pointe** est celle atteinte par la pointe de l'outil. D'après la consigne, les élèves doivent donner la profondeur du trou au diamètre du foret. Le programme recalcule automatiquement la profondeur atteinte par la pointe. Précisons que l'option choisie par défaut dans le programme est l'option "diamètre".

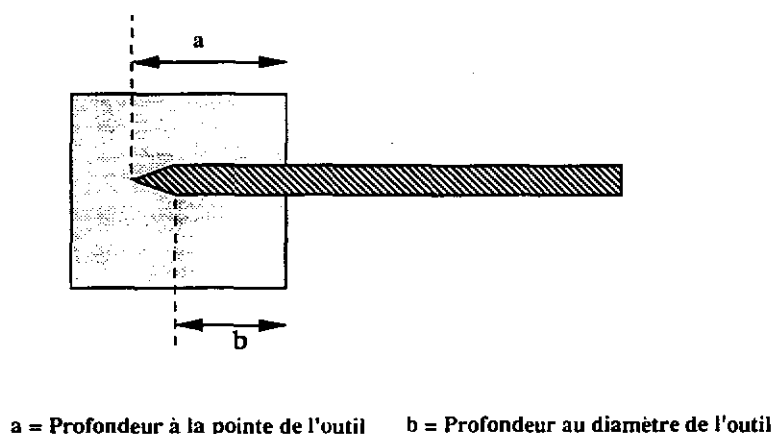


Figure 6: les deux options d'indication de profondeur du trou

Dans les deux cas, fraisage et perçage, la solution correcte demande que la surface de référence soit à 0 (sauf dans un cas que nous préciserons) et que les valeurs données en millimètres à chaque plan suivent un ordre décroissant, la profondeur étant inférieure à la surface de référence. Par exemple:

Plan de sécurité: $Z = 5$	Approche rapide: $Z = 2$
Surface de référence: $Z = 0$	Profondeur de coupe: $Z = -10$

La surface-repère pour la machine, le "zéro absolu", selon l'expression employée par des élèves, correspond à la position de l'étau. Si l'on usine une poche à partir de la surface initiale de la pièce, la surface de référence vaut elle-même 0. Si la poche usinée ou le trou percé se situe au fond d'un évidement existant, la surface de référence peut, dans certaines conditions, être abaissée en fonction de la profondeur de cet évidement, cela afin de gagner du temps.

Lors du fraisage, lorsque les élèves donnent des valeurs ne respectant pas l'ordre décroissant, par exemple, une approche rapide supérieure au plan de sécurité, ou qu'ils oublient d'indiquer la profondeur au moyen d'un signe négatif, le programme reste sur la même fenêtre, émet un bip sonore et un message rappelant quel ordre doivent suivre les valeurs en question. Or, ce message contient lui-même une erreur d'écriture, soit l'inversion du signe > en <:

La surface de référence doit être < ou = que la hauteur de coupe

au lieu de:

La surface de référence doit être > ou = que la hauteur de coupe

Ce "bug", qui ne manquera pas de poser des problèmes aux élèves, n'a pas été découvert et se retrouve dans la dernière version en date du logiciel! L'usage du terme "hauteur", plutôt que "profondeur", ajoute probablement à la confusion.

En cas d'erreur du même type lors du perçage, le programme indique qu'il y a un problème en restant sur la même fenêtre et en émettant un bip sonore, mais sans donner d'autre indication.

3.2. Groupe 1: une collaboration inégale

Ce groupe³ compte deux élèves, Samir et Pierre; tous deux suivent la filière "construction mécanique" et sont mécaniciens de formation.

3.2.1. Première confrontation au problème: choix rapides, tâtonnements et remémoration

Samir (S) est aux commandes, Pierre (P) est assis à sa gauche et a les consignes posées devant lui. Depuis le début du TP, les deux élèves ont passé environ vingt-cinq minutes à charger leur fichier et mettre au propre l'affichage de la pièce, avec une aide soutenue de l'enseignant. Ils abordent alors leur première opération d'usinage, un fraisage et rencontre un problème, qu'ils résolvent dans l'échange de trois minutes décrit ci-dessous.

Convention de transcription pour les groupes 1, 3 et 4.

Les auteurs des tours de parole ou actions sont indiqués par leur initiale en majuscule et chaque prise de parole ou action est numérotée.

APS	= le programme
//	= coupure; le locuteur est interrompu par un camarade
—	= chevauchement; les élèves parlent en même temps
décalé à droite	= actions sur l'ordinateur, réponses introduites
MAJUSCULES	= les noms des menus, commandes ou contenus des cartouches

3) Nous ne disposons pas pour ce groupe d'image vidéo de l'écran du PC sur lequel ils travaillent, ce qui empêche parfois de savoir quelles opérations ils sont en train d'effectuer. Celles décrites dans la transcription sont déduites des énoncés verbaux des élèves et des réactions du programme.

P1: Alors PLAN DE SÉCURITÉ en Z, 2 millimètres, enter (?)

S2 Il tape 2 au PLAN DE SÉCURITÉ

S3 APPROCHE RAPIDE

P4 1 mm

S5 OK Il tape 1 à l'APPROCHE RAPIDE

P6 SURFACE DE RÉFÉRENCE, c'est bon, 0. Ou bien..., attends voir, eux il travaille depuis où? Depuis là ou depuis... (il lit la consigne et Samir le regarde). Depuis ici, il travaille!

S7 Alors 0

P8 0. Ouais, OK, ça c'est bon.

S9 Il laisse le 0 à la SURFACE DE RÉFÉRENCE

S10 PROFONDEUR DE COUPE, c'est combien, ça?

P11 PROFONDEUR DE COUPE, pour celui-là, 5

S12 5 millimètres Il tape 5 à la PROFONDEUR

P13 En une passe. NOMBRE DE PASSES, une, c'est bon

S14 NOMBRE DE PASSES...

P15 OK, ouais, c'est bon, c'est bon OK,

S16 Il laisse les options par défaut et clique OK pour indiquer que la fenêtre est complétée.

Comment les élèves collaborent-ils pour fournir les réponses demandées par le programme? C'est tantôt Samir, tantôt Pierre qui initie l'objet à traiter, en lisant le contenu de la cartouche, mais, sauf en S7 c'est toujours Pierre qui fournit la réponse ou confirme l'option proposée par défaut; ses interventions équivalent à des directives d'action pour son camarade, qui obéit et introduit les réponses.

Pierre semble se baser sur le souvenir des exercices effectués et affirme ses réponses avec assurance et sans argumentation. Seule la surface de référence le fait douter et il consulte le document de consigne. Samir reprend l'information qu'en tire son camarade ("Depuis ici, ils travaillent") pour en déduire une réponse ("Alors 0").

Leurs réponses sont donc les suivantes:

Plan de sécurité: $Z = 2$

Approche rapide: $Z = 1$

Surface de référence: $Z = 0$

Profondeur de coupe: $Z = 5$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

On remarque que les deux premiers niveaux sont correctement en ordre décroissant, mais que la profondeur est indiquée par un chiffre positif.

Ils reçoivent alors un message d'erreur d'APS, qui pose d'ailleurs un nouveau problème. En effet, si le programme réagit correctement à une faute des élèves, il contient une erreur de signe: la surface de référence doit être supérieure ou égale à la hauteur de coupe, mais pas inférieure. Comment réagissent les élèves à un tel message, d'autant que dans leur solution, la surface de référence est effectivement plus petite que la hauteur de coupe.

APS17 La surface de référence doit être $<$ ou $=$ que la hauteur de coupe

S18 (Il lit): Le niveau de//

P19 (Il le coupe et lit): Doit être plus petit que la hauteur de coupe, ouais, OK, alors il faut mettre, heu, moins,...

S20 Ça?

P21 Attends, je vais trouver (il feuillette les consignes ou le manuel), moins, moins... Elle fait combien, la pièce

S22 (?)

P23 -20

S24 Ouais, je mets plus? 20?

P25 (En élevant le ton), -20!

S26 Tape -20 à la surface de référence

Samir commence à lire le message, mais Pierre l'interrompt, paraissant avoir compris le problème "(...) ouais, OK". Sans dévoiler son diagnostic, il enchaîne immédiatement sur un directif d'ordre impersonnel ("alors il faut mettre moins...") au contenu propositionnel encore incomplet. Samir tente alors une proposition (dont le contenu nous échappe), mais Pierre n'en tient pas compte et se positionne comme leader de la recherche de solution: "attends, je vais trouver". Il cherche dans un document, sollicite Samir pour obtenir une cote qui lui manque et énonce finalement une solution.

Plan de sécurité: $Z = 2$

Approche rapide: $Z = 1$

Surface de référence: $Z = -20$

Profondeur de coupe: $Z = 5$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

Au plan de la collaboration, Pierre s'affirme toujours comme leader et se dispense d'expliquer à son camarade le pourquoi de sa recherche et de ses réponses. Samir joue le rôle complémentaire en gardant une place subordonnée.

Pierre ne compare pas le contenu du message avec celui de leurs réponses et n'en remarque pas l'absurdité. Il en déduit immédiatement que la surface de référence doit être inférieure à 0: "ça fait moins, moins..." et la modifie en lui donnant la valeur de la hauteur de la pièce, assortie du signe moins. En admettant qu'en P6, la surface de référence avait bien été comprise comme l'endroit depuis lequel travaille l'outil (dans la matière), cette nouvelle proposition a cela de surprenant qu'elle se base sur une définition tout à fait différente de ce plan, qui devient la hauteur de la pièce. APS réitère son message d'erreur.

APS27 La surface de référence doit être < ou = que la hauteur de coupe

P28 (Il lit): ou plus petite

S29 (Il lit): égale ou

P30 ou

S31 ... que la hauteur de coupe

P32 Plus petite ou égale que la hauteur de coupe. Elle est où la hauteur de coupe?

S33 Plus petite, elle est là (?)

P34 Pourtant elle est plus petite!

S35 Je vais voir quelque chose ?

APS36 ?

P37 (Il lit) Niveau z interdit, approche rapide doit être... Ah! L'APPROCHE RAPIDE! Ouais, tu vois!

S38 Ca c'est 0 ?

P39 Remets comme avant, maintenant

S40 C'est ça

P41 APPROCHE RAPIDE, à 2

S42 Il tape 2 à l'APPROCHE RAPIDE et OK

Les élèves se partagent la lecture du message, s'y reprenant à cinq fois. C'est comme s'ils commençaient à s'apercevoir que le contenu pose problème. Pierre vérifie avec Samir ce que désigne le terme "hauteur de coupe" et constate enfin que leur réponse correspond à la demande du message "Pourtant elle est plus petite". Samir annonce alors qu'il prend l'initiative d'un essai, sans en communiquer le contenu. APS y réagit par un message d'erreur et Pierre l'enjoint de remettre les valeurs "comme avant".

Au plan de la collaboration, les rôles deviennent momentanément plus égaux: Samir intervient dans la lecture du message, Pierre lui pose une question qui n'est pas de simple vérification et Samir prend une initiative. Mais elle reste sans succès et Pierre reprend son rôle de donneur d'ordre.

Les élèves remarquent que le message d'erreur pose problème, tentent une solution qui implique d'autres plans que ceux mentionnés dans ce message, puis choisissent de remettre les mêmes valeurs que précédemment: Ils reçoivent donc à nouveau le message d'erreur.

APS43 La surface de référence doit être $<$ ou $=$ que la hauteur de coupe

P44 Ah, mais la PROFONDEUR DE COUPE, c'est -5. Il y a toujours un chiffre en négatif qui fait chier, là-dedans!

S45 (Il lit): Surface de référence doit être égale ou...

P46 Mets, c'est -5, la profondeur, -5. PROFONDEUR DE COUPE, -5, et là tu mets 0, c'est bon

S47 Tape 0 à la SURFACE DE RÉFÉRENCE

P48 OK, pis tu mets -5 à la PROFONDEUR DE COUPE

S49 Tape -5 à la PROFONDEUR DE COUPE

APS50 Passe à la fenêtre suivante

P51 Ecco!

Pierre relit le message et se remémore alors la convention de signe apprise l'an passé. Samir en est encore à relire le message que Pierre lui indique déjà les corrections à effectuer.

Plan de sécurité: $Z = 2$

Approche rapide: $Z = 1$

Surface de référence: $Z = 0$

Profondeur de coupe: $Z = -5$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

Le souvenir de la convention au niveau du signe de la profondeur entraîne chez Pierre un retour à sa première conception de la surface de référence ($= 0$). On ne sait s'il s'agit du fruit d'une remémoration partielle (la surface doit être à 0) ou complète des rapports entre surface de référence et profondeur de coupe. S'étant remémoré la convention, ni lui ni son camarade ne prêtent plus attention au contenu du message, ni au fait qu'APS accepte une solution inverse à celle demandée dans ce dernier!

3.2.2. Face à un problème semblable: qu'ont-ils appris?

A la 33ème minute, ils abordent le perçage des 5 trous et doivent à nouveau donner des valeurs aux différents plans de descente de l'outil. Que se passe-t-il alors? Qu'ont-ils retenu de leur première expérience sur cette question?

- S1 Alors, (il lit l'écran): PLAN DE SÉCURITÉ... PLAN DE SÉCURITÉ?
- P2 "AU SERRAGE", on s'en fout!
- S3 Laisse la valeur qui figurait déjà (2) ou tape 0?
- P4 APPROCHE RAPIDE, ah, ben 2 mm
- S5 Tape 2 mm à l'APPROCHE RAPIDE
- P6 SURFACE DE RÉFÉRENCE, 0
- S7 Laisse 0 à la SURFACE DE RÉFÉRENCE
- P8 FOND DU TROU, euh, (il lit la consigne) ben, -12
- S9 Tape -12
- P10 C'est bon
- S11 Confirme les options par défaut "Serrage au plan-R" et "profondeur à la pointe". Clique OK.
- APS12 Bip sonore. (On en déduit qu'il reste sur la même fenêtre).

Plan de sécurité au serrage: $Z = 0$ (?)	Approche rapide: $Z = 2$
Surface de référence: $Z = 0$	Profondeur de coupe: $Z = -12$
	Profondeur du trou: au diamètre ou <u>à la pointe</u>

Comme dans la première phase décrite, les élèves remplissent une à une les cartouches. Samir se trouve toujours sous les ordres de Pierre. Samir s'étonne du nouveau terme apparaissant avec "plan de sécurité au serrage", mais Pierre ne prend pas ce point en considération: "on s'en fout". 2, 0 et -12 étant des valeurs correctes, on en déduit que l'erreur sanctionnée APS doit se situer au plan de sécurité.

- P13 Ah!? Il veut pas fonctionner?!
- S14 PLAN DE SÉCURITÉ (?)//
- P15 Alors FOND DU TROU, il est peut-être pas à -12, faut mettre +12!

S16 Toujours ces conneries avec ces signes! Il change -12 en +12

APS17 Bip sonore. (On en déduit qu'il reste sur la même fenêtre).

P18 Bon, ben c'est pas ça!

S19 C'est euh, (il lit): SERRAGE, PLAN R, DIAMÈTRE, c'est à DIAMÈTRE.

Il clique sur DIAMÈTRE

APS20 Bip sonore, reste sur la même fenêtre, change l'option "diamètre" pour "pointe" et recalcule la profondeur qui passe de -12 à -17.

Dans sa remarque initiale "Ah!? Il ne veut pas fonctionner!?" Pierre fait comme s'il attribuait au programme une volonté et que l'erreur ne résultait pas de leurs actions.

Pendant que Samir s'interroge sur le plan de sécurité, là où se situe vraisemblablement la source du problème, Pierre propose d'emblée de modifier le signe de la profondeur, alors même que le choix du signe négatif avec constitué la bonne solution lors de la première opération analysée! Cette facilité avec laquelle ils remettent en question une solution éprouvée précédemment comme correcte nous interroge. On peut se demander tout d'abord si elle n'est pas l'indice que les élèves s'étaient certes remémoré la convention apprise, mais qu'ils n'en n'avaient pas pour autant compris la situation dans son ensemble. En effet, proposer une profondeur supérieure à la surface de référence montre qu'ils ne relient pas ces valeurs au trajet descendant de l'outil. N'aurait-on pas également affaire à une démarche de tâtonnement, consistant à modifier un peu au hasard des paramètres, sans réflexion plus approfondie sur le problème en jeu? Enfin, avec cette proposition, Pierre agit comme si le programme n'avait pas de logique ou de cohérence et pouvait tantôt demander une solution et tantôt l'inverse. En effet, il proposera un peu plus loin de mettre -20 à la surface de référence, solution qui s'était avéré fausse auparavant.

La suite, dont la transcription est très lacunaire, voit les élèves annuler toute l'opération, à l'initiative de Pierre, puis Samir mener plusieurs essais solitaires et silencieux. Au bout de quelques minutes, il est interrompu par Pierre, qui l'enjoint d'arrêter: "Oublie! Sors! Fait un autre truc! (...) Faut pas insister quand on pige que dalle". Samir persiste, puis appelle l'enseignant, qui leur explique le principe général de l'opération. Les élèves reprennent leur travail, mais on ne peut comprendre les valeurs qu'ils choisissent de mettre. Apparemment, ils ont compris les explications et donnent des indications correctes, car le programme passe à la suite. "Magique", commente Pierre avec ironie.

3.2.3. Synthèse du groupe 1

A. Mode de collaboration

Dans ce groupe, les échanges de plus de dix tours de parole sont assez rares et les silences longs. Les rôles adoptés, sans discussion préalable, sont distincts et hiérarchisés: l'élève aux commandes de l'ordinateur y restera durant tout le TP. Dans la relation, il occupe la place du novice et de le rôle d'exécutant: la plupart du temps, son camarade lui dicte les réponses à donner et il les entre dans le programme. Mais lorsque "l'expert" ne

parvient pas à résoudre une difficulté, l'élève subordonné prend l'initiative de tentatives, dont il ne communique pas le contenu, peut-être pour préserver sa liberté. L'autre le laisse faire, mais ses commentaires occasionnels sont négatifs. Sur l'ensemble du TP, le leader prend parfois le temps de donner des explications, mais s'impatiente rapidement quand son camarade tarde à comprendre et semble soucieux de préserver un rapport de places en sa faveur (comme en P21). Toutefois, son expertise est toute relative et les difficultés rencontrées en révèlent vite les limites. Il se montre alors rapidement exaspéré par les difficultés rencontrées⁴, comme dans la deuxième phase décrite, où il quitte le poste, laissant Samir mener ses essais; il lancera même une fois: "Moi, je ne fais plus rien". Son camarade ne s'oppose pas à ces désertions et semble préférer un peu d'autonomie à une répartition équitable du travail.

Les deux élèves ne montrent pas un grand plaisir à travailler ensemble et paraissent plutôt subir la situation. À aucun moment l'organisation de leur collaboration ne fait pas l'objet de négociations explicites ni de commentaires. Une seule fois, Samir demande à Pierre de ne pas s'énerver.

B. Démarches de travail, représentation du problème et modes de résolution

Au plan de la démarche de travail et de résolution, les deux élèves ont abordé cette étape d'usage en passant directement à l'action. Ils ont rempli une à une les cartouches et boîtes de dialogues figurant sur l'écran, sans argumentation, en se basant vraisemblablement sur la mémoire des exercices de l'an passé, ainsi que sur la consultation des documents de consigne. Lorsqu'ils se sont retrouvés confrontés à un message d'erreur, le leader en a immédiatement déduit une action, sans diagnostic explicite et sans remarquer tout de suite l'absurdité contenue dans le message d'erreur. Les élèves ont alors mené deux essais infructueux, modifiant la surface de référence en la confondant avec la hauteur de la pièce, puis l'approche rapide, qui n'était pas mentionnée dans le message d'erreur. Leurs tentatives ont mis en évidence qu'ils ne considéraient pas les plans à coter comme les étapes du trajet descendant de l'outil vers la pièce. Puis ils se sont penchés plus attentivement sur le contenu du message pour remarquer une "bizarrerie" et c'est à ce moment que le leader s'est remémoré la convention de signe apprise, ce qui a mené à une solution acceptée par le programme.

Qu'ont-ils appris de cette résolution? L'observation d'une phase ultérieure du TP montre que, confrontés à un problème similaire, ils reviennent à des solutions pourtant éprouvées comme incorrectes lors de la première phase: d'être parvenu à une solution une première fois ne leur a pas permis de construire une représentation correcte des notions en jeu. Sans doute, l'objectif implicite de fournir des réponses acceptées par le programme, objectif qui transparait de leur action et de leurs commentaires, n'a pas laissé ici de place à un objectif de compréhension et d'apprentissage. Plus globalement, on peut relier leur définition de la situation au cadre donné à l'activité par l'enseignant, qui privilégie la réalisation correcte de la pièce.

4) Il avouera en entretien ne pas aimer le travail à l'ordinateur.

A ce sujet, un des élèves, au moment de rédiger le rapport de TP, nous confie qu'il ne sait trop que mettre car il n'y connaît pas grand chose. S'ils ont réussi à sortir leur pièce, c'est parce que l'enseignant les a beaucoup aidé, dit-il.

3.3. Groupe 2: Évolution d'une collaboration et d'une démarche

Ce groupe est formé de deux élèves, Antonio et Lorenzo; tous deux suivent la filière "construction mécanique". Antonio est mécanicien-électricien de formation et Lorenzo est mécanicien. Ayant d'abord tenté l'école d'ingénieur, il n'a rejoint l'ETSC qu'en deuxième année et n'a donc pas suivi le cours FAO/FMS.

Nous allons présenter deux séquences, un passage observé en début de TP (de la 22ème à la 30ème minute) et un second passage d'environ quinze minutes, se déroulant une heure plus tard. Le premier n'a pas fait l'objet d'une transcription et nous ne livrerons que le fruit de prises de notes, tandis que le second, vu la richesse des échanges, a été transcrit et analysé minutieusement. L'intérêt de cette double présentation réside dans la comparaison ainsi permise: comment, entre les deux passages, évoluent les modes de collaboration, les démarches et surtout, observe-t-on, dans la deuxième passage, des traces d'apprentissages réalisés lors du premier?

Première séquence: conséquences d'un manque d'écoute

Les élèves ont entamé la programmation d'un fraisage. C'est Antonio qui est installé à l'ordinateur. Ils arrivent à la fenêtre concernant les plans de travail de l'outil (cf. fig 5).

Lorenzo propose 50 au plan de sécurité et Antonio, qui est aux commandes, s'étonne, réfléchit un instant, mais tape 50. Il laisse 0 à la surface de référence, de même qu'à l'approche rapide, sans discussion avec Lorenzo. Ensuite, il l'interroge pour connaître la profondeur de coupe; Lorenzo la mesure sur la pièce et propose 10. Antonio manifeste un doute, mais tape 10 et laisse les autres options par défaut.

Leurs réponses initiales sont donc les suivantes:

Plan de sécurité: $Z = 50$

Approche rapide: $Z = 0$

Surface de référence: $Z = 0$

Profondeur de coupe: $Z = 10$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

APS affiche le message: "La surface de référence doit être inférieure ou égale à la hauteur de coupe".

Rappelons que ce message est erroné: le programme réagit correctement à une erreur de leur part, mais il devrait indiquer que "La surface de référence doit être supérieure ou égale à la hauteur de coupe".

Antonio lit le message à haute voix. Lorenzo émet des hypothèses (sur la forme à usiner) et Antonio confirme à APS les valeurs choisies (il clique OK une 2ème fois sur la fenêtre). Il reçoit donc le même message d'APS. Puis il pose la question de savoir si le Z de la profondeur est négatif ou positif. Les deux pensent d'abord qu'il est positif, puis Lorenzo affirme que s'il y a une surface de référence, normalement le z de la profondeur est négatif. Or Antonio, sans tirer parti de cette remarque - d'ailleurs correcte - change le plan de sécurité (met 10 à la place de 50), sans consulter Lorenzo. Puis il lui explique ce qu'est la profondeur de coupe et part sur le problème du nombre de passes (1 une passe pour 10mm de fraisage). Au cours de cette discussion, Lorenzo réalise que Antonio a choisi la fraise de 3, alors qu'il pensait qu'ils utilisaient celle de 8. Lorenzo évoque ce qu'ils auraient pu faire avec la fraise de 8. Pendant ce temps, Antonio efface ce qu'il a fait et va choisir la fraise de 8.

Au plan de la démarche de travail, on voit les élèves proposer des valeurs, sans en discuter chaque fois les raisons. Ils paraissent conscients qu'il faut donner une valeur positive au plan de sécurité, qu'Antonio veut plus petit que Lorenzo, mais pas à l'approche rapide, qu'ils laissent à 0. Après avoir reçu le message d'erreur, ils mentionnent le fait que la profondeur doit être indiquée en négatif, mais Antonio oriente la discussion sur un autre point et ils ne changent pas le signe. Par contre, ce problème leur permet de s'apercevoir d'un malentendu concernant l'usinage à faire et l'outil en jeu et ils se mettent d'accord. Pris dans cet enchaînement, ils ne résolvent finalement pas l'erreur sanctionnée par APS.

Au plan de la collaboration, Antonio prend ou modifie un certain nombre de décisions sans l'indiquer à Lorenzo. Se perçoit-il comme plus expérimenté et donc dispensé de consulter son camarade? Quand il accepte néanmoins les deux propositions de Lorenzo, c'est en manifestant des doutes, qu'il semble d'ailleurs incapable d'explicitier.

Après avoir recommencé toute l'opération avec un nouvel outil, les voici à nouveau face à la fenêtre qui leur avait posé problème. Ils vont alors tenter trois modifications, sans succès.

Antonio propose de mettre 0 au plan de sécurité: "On met à ras et on verra bien!". Lorenzo proteste vivement et explique que l'outil va heurter la pièce. Antonio obtempère et propose de mettre 2 (manifestement il essaie de mettre des valeurs toujours plus petites au plan de sécurité), puis 5. Il tape 5 et laisse 0 à l'approche rapide et 10 à la profondeur, puis OK. Il n'a donc pas corrigé le problème rencontré précédemment.

Plan de sécurité: $Z = 5$

Approche rapide: $Z = 0$

Surface de référence: $Z = 0$

Profondeur de coupe: $Z = 10$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

APS affiche le même message d'erreur.

Antonio essaie alors de mettre 5 à la profondeur (il revient au doute évoqué avant à propos d'usiner 10 d'un coup) et en même temps Lorenzo propose de s'occuper du plan de sécurité, mais Antonio tape 5 à la profondeur, puis OK.

Plan de sécurité: $Z = 5$

Approche rapide: $Z = 0$

Surface de référence: $Z = 0$

Profondeur de coupe: $Z = 5$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

APS affiche pour la quatrième fois le même message. Ils changent le plan de sécurité, mettant 20 à la place de 5.

Plan de sécurité: $Z = 20$

Approche rapide: $Z = 0$

Surface de référence: $Z = 0$

Profondeur de coupe: $Z = 5$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

Lorenzo relit le message à haute voix. Antonio pointe sur la surface de référence, après avoir hésité un moment. "On avait rien, c'est pour ça", lance Lorenzo. Antonio demande que mettre. Lorenzo pose la question de la référence par rapport à laquelle donner une valeur à la surface de référence (le 0 de la machine). Antonio appelle alors l'enseignant .

Un aspect de leur démarche est frappant: ils modifient trois fois un paramètre dont il n'est pas question dans le message d'erreur d'APS. Ont-ils simplement retenu qu'il y a un problème, sans faire plus attention au contenu du message? Sont-ils, non consciemment, perturbés par ce message qui exige une condition que leurs réponses remplissent? Pour le reste, Antonio tend à utiliser le tâtonnement, quand il propose 0 au plan de sécurité, "pour voir". Lorenzo, qui évoque alors les conséquences de cette option pour l'usinage (choc de l'outil contre la pièce), prouve qu'il a bien compris ce que représentait le plan de sécurité et qu'il prend en compte les conséquences matérielles de leurs décisions. La quatrième tentative concerne, elle, la profondeur de coupe: Antonio la diminue, sans en donner la raison. Après avoir reçu un cinquième message d'erreur, ils finissent par se pencher sur la surface de référence et là, Lorenzo montre à nouveau qu'il relie les indications à donner avec la situation d'usinage, lorsqu'il demande si la surface de référence est calculée par rapport au 0 de la machine.

La collaboration change peu: Antonio prend toujours des initiatives non discutées. Désarçonné par la difficulté, il interroge tout de même son collègue et lorsque ce dernier avance une argumentation pour défendre son point de vue, il se range à son avis. Ne pouvant répondre à sa dernière question (le calcul de la surface de référence), il appelle l'enseignant.

À ce dernier, Lorenzo demande où est la surface de référence, mais Antonio le coupe et pose les définitions de plan de sécurité et de surface de référence. "L'approche rapide, c'est bon". Il propose une définition de la profondeur, que l'enseignant et Lorenzo corrigent (c'est le fond de la poche). Enfin, Lorenzo peut demander ce qu'est la surface de référence. L'enseignant demande alors si

leur 0, au-dessus ou au-dessous de la surface de référence. Il explique que cela dépend où on commence l'usinage. Si c'est au fond d'une poche, la surface de référence sera inférieure à 0, mais pour un premier usinage, celle-ci est à 0. Il signale aussi que l'approche rapide doit être supérieure à 0, sinon l'outil raye la pièce. Ils mettent 2 à l'approche rapide. Lorenzo voulait mettre plus, mais Antonio explique qu'il faut gagner du temps et que de toute façon on peut diminuer la vitesse sur la machine (en utilisant le potentiomètre). Profondeur de coupe: Lorenzo propose de mettre 9 et de faire 1 de finition après. L'enseignant ne corrige pas cela mais rappelle qu'il y a une convention au niveau du signe, il faut mettre "-". Antonio tape -9. L'enseignant rappelle aussi la contrainte de passe maximum (5mm); ils tapent donc 2 au nombre de passe, puis OK. APS accepte leurs indications.

L'interaction avec l'enseignant nous semble confirmer le désir d'Antonio de maintenir un rapport de places en sa faveur: alors que c'est Lorenzo qui pose une première question, il le coupe et entreprend d'exposer ses définitions des paramètres en jeu. Mais une fois encore, les limites de ses connaissances apparaissent rapidement: il se fait corriger par l'enseignant et Lorenzo peut enfin poser son problème: Qu'est-ce que la surface de référence?

Durant cet échange, l'enseignant donne une définition de chaque plan, rappelle les contraintes de la consigne, ainsi qu'une "convention" (indiquer la profondeur avec un signe négatif); ils remplissent ensemble toute la fenêtre et parviennent à une solution acceptée par le programme. Ont-ils pour autant compris tous les aspects du problème?

Deux brèves observations, 18 et 22 minutes plus tard, montrent qu'ils oublient d'abord de donner une valeur négative à la profondeur; APS délivre donc un message d'erreur, qui les plonge un moment dans la perplexité. S'agit-il d'un problème de surface de référence? Mais Lorenzo se remémore la bonne solution et dans la deuxième observation, ils ne rencontrent pas de problème.

3.3.2. Choix de l'opération d'usinage

Voici la transcription et l'analyse d'une deuxième séquence où, une heure après la fin de la première, les élèves se retrouvent face à une situation semblable: le choix des valeurs à donner aux plans de travail de l'outil pose des difficultés. Un paramètre nouveau apparaît: cette fois, il s'agit de fraiser deux trous au fond d'une poche déjà usinée.

Conventions de transcription⁵:

- // = coupure
- = chevauchement
- caractères gras** = dialogue entre les élèves et l'ordinateur
(actions sur l'ordinateur; modifications des informations
affichées par le programme, messages, etc.)
- (caractères italiques)* = communication non ou para verbale: posture, gestes, ton.
- MAJUSCULES = les noms des menus, commandes ou contenus des cartouches

5) Cette transcription montre quelques variations mineures par rapport à la précédente.

La séquence débute avec une discussion entre les deux étudiants sur la manière dont le travail doit continuer. Antonio propose un perçage et Lorenzo s'oppose en argumentant qu'avec l'outil qu'ils viennent d'utiliser (une fraise de 6 mm), ils peuvent encore programmer une opération d'usinage, le fraisage de deux trous. Après une brève discussion, Antonio adopte le point de vue de son collègue.

- 1APS: **Affiche un dessin de la pièce.**
- 2A: On a le perçage maintenant à faire.
- 3L: Ouais. Non, on doit faire encore avec la même fraise les deux trous là (*il tient une pièce déjà usinée et y montre quelque chose*), parce que ça c'est du six //
- 4A: Hé, attends, il y a l'intérieur encore (*il montre quelque chose sur l'écran*). Oh oui, non...
- 5L: Non//
- 6A: ...l'intérieur c'est fait.
- 7L: ...parce que si on a les trous de six, ça joue bien, mais si //
- 8A: On fait une poche (*avec un ton hésitant*)...
- 9L: ...si on a la fraise de six
- 10A: (*avec plus de certitude*) On fait une poche. (*Pendant l'échange 4L-7A les deux se regardent*)
- 11L: Exactement on doit faire une autre, entre autres (*en tenant toujours la pièce dans ses mains, il mime le geste de faire un trou en émettant un sifflement et en regardant A*).

L'échange est initié par Antonio. Avec l'énoncé 2A, l'étudiant introduit le traitement d'un nouvel objet (la poursuite du TP) en énonçant: "On a le perçage maintenant à faire.". Lorenzo accepte ce nouvel objet conversationnel, mais réagit à 2A par un "désaccord argumenté" (Gilly, 1988): 3L en effet contient une opposition ("Non, ..."), une solution différente (... on doit faire encore avec la même fraise les deux trous là,...") et une explication (... parce que ça c'est du six...). Face à ce désaccord, Antonio coupe le tour de parole de Lorenzo et, de façon toujours non argumentée, énonce une solution alternative (... "il y a l'intérieur encore..."), solution que lui-même abandonne, toutefois, très vite. Confronté à l'impassibilité avec laquelle Lorenzo continue à soutenir sa position, Antonio effectue une autre interruption. D'abord avec un ton d'hésitation (8A), ensuite avec plus de certitude (10A), il dit: "...on fait une poche ...". Vis-à-vis de la question implicite ("Comment est-ce que l'on poursuit le TP?") qui avait donné origine à l'échange et qui avait été partagée tout de suite par Lorenzo, 8A et 10A jouent donc un double rôle: en mentionnant la poche, Antonio, d'une part, arrête de contester l'idée du fraisage en se conformant de facto à Lorenzo, mais, d'autre part, il opère un glissement dans la confrontation: ses énoncés ne concernent plus le "quoi faire?" (qui a été désormais tacitement accepté) mais le "comment faire?". Ils ne se réfèrent plus à la détermination du but mais à la recherche des procédures pour l'atteindre. Lorenzo (11L) accepte la procédure indiquée par A et, avec une touche d'humour, clôt l'échange.

Du point de vue de la démarche de travail, ce début de séquence nous montre deux élèves engagés dans un processus d'organisation de leur activité. Si 2A et 3L expriment, avant

tout, leur volonté (l'habitude?) de continuer l'exercice à travers la définition d'une étape spécifique et intermédiaire dans la (longue) marche de résolution du TP, la confrontation qui se déclenche a pour fonction de donner à cette étape des contenus négociés (des buts, certaines procédures). Cette démarche est verbale: aucune modification n'est apportée au programme et les actions, pointage de l'écran et de la pièce usinée, viennent accompagner l'argumentation. Antonio, hésitant, n'émet pas d'argumentation et la réflexion qu'il mène comme pour lui (4Aet 6A) nous échappe. Une pleine compréhension de l'échange s'en trouve rendue difficile.

En ce qui concerne le type de collaboration que Antonio et Lorenzo instaurent, on remarquera l'équilibre entre leurs fréquences d'interventions. Un sentiment de groupe est témoigné par le recours systématique au "on". On observe que si c'est Antonio qui initie l'échange et qui introduit les thèmes, c'est Lorenzo qui avec assurance soutient sa proposition en verbalisant un raisonnement hypothético-déductif. Il s'affirme comme celui qui évalue les propositions et qui peut décider de la clôture de l'échange. Par rapport à la première séquence, c'est maintenant lui qui se trouve à l'ordinateur.

Lorenzo effectue à l'ordinateur toute une série de choix (affichage de la pièce, options de direction d'outil, sélection des formes à l'intérieur, du mode d'usinage "poche"), avant d'arriver à la fenêtre du programme concernant les plans de travail de l'outil.

12L: Alors maintenant ZOOM, parce qu'ici moi je vois rien...

Clique sur ECRAN.

13APS: **Affiche le menu ECRAN.**

14L: **Dans le menu ECRAN, il sélectionne l'option ZOOM FENETRE.**

...ZOOM FENETRE..

Il cadre une partie de l'image de la pièce grâce au pointeur.

15APS: **Affiche une image agrandie de la zone à usiner**

16L: (à un autre élève) Qu'est-ce que tu as à rigoler, De Luca?

17L: Voilà. MACHINE.

Sélectionne MACHINE.

18APS: **Affiche le menu MACHINE.**

19L: **Clique sur l'option DIRECTION D'OUTIL.**

DIRECTION D'OUTIL

20APS: **Affiche la fenêtre DIRECTION D'OUTIL.**

21L: **Laisse l'option par défaut RIEN CHANGER.**

INTERIEUR.

Clique INTERIEUR et, ensuite, OK.

22APS **Revient à l'image de la partie de la pièce à usiner.**

- 23L: Voilà.
- Clique sur la circonférence du trou à usiner placé en bas de la pièce.**
- 24APS: **Affiche le symbole de l'outil et de sa position à l'intérieur de la circonférence sélectionnée.**
- 25L: Et puis on fait celui-là (sur un ton légèrement hésitant).
- (Il montre l'autre trou avec le pointeur)* **Clique sur la circonférence de l'autre trou aussi.**
- (Pendant ce temps, A. regarde l'écran)*
- 26APS: **Affiche le symbole de l'outil et de sa position à l'intérieur de la seconde circonférence sélectionnée.**
- 27A: Non, après!
- 28L: Non, quand même, on gagne du temps, h !
- 29L: POCHE.
- Sélectionne MACHINE.**
- 30APS: **Affiche le menu MACHINE.**
- 31L: **Clique POCHE.**
- 32APS: **Affiche la fenêtre POCHE.**
- 33L: **Laisse l'option par défaut CONTOUR POCHE, clique POCHE EN SPIRALE (CERCLES), laisse GEOMETRIES: SELECTIONNEES et COTES: VERTICAL et clique OK.**
- 34APS: **Affiche la fenêtre POCHE EN SPIRALE où il y a les plans de travail de l'outil à indiquer. Des valeurs sont déjà affichées: Plan de sécurité = 20, approche rapide = 2, surface de référence = 0, profondeur = 0.**

(A tourne la tête vers un bruit extérieur, puis revient à l'écran et se touche l'oreille).

En prononçant 12L, Lorenzo se charge d'initier l'exécution de ce que les deux étudiants avaient précédemment décidé (fraisage de deux trous à travers la création d'une poche). De plus, cet énoncé marque le passage à l'action, soit à l'introduction d'inputs dans le programme.

En dialoguant avec APS par le biais de la souris, Lorenzo obtient d'abord un agrandissement de la partie de la pièce intéressée au fraisage et cela "...parce qu'ici moi je vois rien..." (12L). L' nonc  25L ("Et puis on fait celui-là."), prononcé sur un ton légèrement hésitant, provoque un petit conflit entre les deux. Lorenzo veut déjà sélectionner les deux poches   fraiser, tandis que Antonio pr f rerait se consacrer d'abord à la première. L'explication de Lorenzo (28L: "Non, quand même, on gagne du temps") semble toutefois le convaincre. Le dialogue entre Lorenzo et le programme peut ainsi se poursuivre, sans difficulté, jusqu'à 34APS.

La communication que Lorenzo instaure avec APS se déroule assez rapidement. Les outputs du programme ne présentent aucune surprise pour l'étudiant qui manifeste une

certaine maîtrise des opérations. C'est lui qui décide de la démarche et des choix, de façon quasi autonome. Habitude de travail et/ou manière d'informer son collègue, Lorenzo verbalise tout de même, au cours de sa communication avec APS, les actions qu'il mène (12L: "Alors maintenant ZOOM, parce qu'ici moi je vois rien...", 29L: "POCHE."). On assiste à une sorte de disparition de Antonio, qui, distrait par ce qui se passe autour de lui, laisse à Lorenzo toutes les décisions; 27A constitue la seule l'exception, dans une phase où c'est Lorenzo qui initie, décide, propose, évalue. Par rapport à la toute première séquence décrite, le partage des rôles et le rapport de place ont changé: c'est Lorenzo qui se trouve maintenant aux commandes, aux sens propre et figuré. Il a pris de l'assurance et Antonio se montre plus passif.

3.3.3. Choix des valeurs: de l'opposition à un apparent consensus

Les élèves doivent maintenant décider des plans de descente de la fraise vers la pièce et de la profondeur des poches à usiner (Cf. fig. 5 et présentation de la première séquence, pt 3.3.1.). Le travail se poursuit avec trois situations (34APS-53A, 54L-67A et 68L-82L) où les élèves se confrontent de manière contradictoire: à une proposition d'un des deux, l'autre réagit avec un désaccord argumenté ou avec une proposition alternative.

34APS: **Affiche la fenêtre POCHE EN SPIRALE où il y a les plans de travail de l'outil à indiquer. Des valeurs sont déjà affichées:**

Plan de sécurité = 20, approche rapide = 2,

surface de référence = 0, profondeur = 0.

Pendant ce temps, A tourne la tête vers un bruit extérieur, puis reporte son regard vers l'écran, une main à l'oreille.

35L: PROFONDEUR (*il pointe sur profondeur de coupe*), ah maintenant on fait comment? (*il pointe du doigt sur la cartouche en question*). Ah, on doit changer alors la ré-fé-rence! (*il regarde A qui se touche derrière la tête*).

36A: C'est pour ça que les autres faisaient beaucoup de temps, tu te souviens//

37L: Parce qu'ils commençaient tout en haut.

38A: ...parce qu'ils faisaient en haut (*pendant l'échange 27A-29A les deux se regardent*).

39L: Nous on doit déjà commencer (*il mesure sur la pièce ; il contrôle la pièce usinée, la souris et le clavier*).

40L: C'est deux millimètres, (*pause*) -2, (*pause*) -2.

41A: (*Regarde ailleurs, distrait mais à la fin de 40L il pointe la pièce qui est dans les mains de L et dit:*) C'est pas possible! Si ton point de référence est là...//

42L: Ah...//

43A: ...et que tu dois descendre là...//

44L:profondeur de coupe! Nous maintenant on donne le point le référence là (*il pointe l'écran qui affiche la fenêtre avec PROFONDEUR DE COUPE*).

45A: Oui, mais si alors la pointe de référence est là, ça veut dire moins quelque, moins...(*il pointe la pièce*).

- 46L: Non, mais la pointe de référence là, ça c'est la profondeur de coupe, ça veut dire que si ici tu as ta référence// (il pointe l'écran).
- 47A: Ouais.
- 48L: ...tu descends de 2 (il pointe la pièce et simule avec le doigts la descente de l'outil).
- 49A: Ouais, mais tu peux pas laisser zéro (il pointe l'écran. Pendant l'échange 36L-37A les deux donc se regardent et en même temps pointent l'écran et la pièce).
- 50L: Mais après on change (il montre quelque chose).
- 51A: Ah, voilà, d'accord.
- 52L: -2.
- 53A: Alors -2.

Tape -2 pour la PROFONDEUR DE COUPE

APS affiche une fenêtre qui contient les valeurs utilisées dans le dernier usinage et Lorenzo, sans s'arrêter sur les deux premiers plans, définit un problème (35L: "PROFONDEUR ..., ah maintenant on fait comment?...") et y donne une première réponse "...Ah, on doit changer alors la ré-fé-rence!" (35L). Dans l'échange 36A à 39L et 38A, les deux élèves semblent d'accord sur le fait qu'on perd du temps en commençant trop haut, ce qu'une modification de la surface de référence permet d'éviter. Antonio accepte en effet implicitement la proposition de Lorenzo en la justifiant par un exemple, tiré de l'observation des groupes les ayant précédés dans ce TP.

Lorenzo propose ensuite une valeur (40L: C'est deux millimètres... -2, ... -2"), obtenue par une mesure effectuée sur la pièce et donc on ne sait exactement de quoi il s'agit. Antonio répond à 40L en s'opposant: (41A: "C'est pas possible!...") et, pour la première fois, en argumentant son désaccord. Il maintient son argumentation, malgré les coupures et les contre-argumentations de Lorenzo.

Comprendre le point de vue de chacun des élèves et la manière dont ils arrivent à l'accord 51A-53A demeure difficile. La façon (rapide) dont la divergence trouve une solution semble montrer que le désaccord se fonde sur une incompréhension initiale: on dirait en effet que pour Antonio la mesure indiquée par son collègue concerne la surface de référence et non la profondeur de coupe. Cette équivoque est toutefois engendrée, en partie, par Lorenzo même. En effet, au début de l'échange, il énonce clairement la nécessité de changer le référence ("...", on doit changer alors la ré-fé-rence!", dit-il, en scandant); mais dans l'argumentation qu'il emploie, il semble ensuite que sa mesure désigne une profondeur ("... ça c'est la profondeur de coupe, ça veut dire que si ici tu as ta référence, tu descends de 2").

Si entre les deux étudiants une confrontation se développe à propos des valeurs à attribuer à la surface de référence et à la profondeur de coupe, par contre un accord implicite existe à propos des deux autres valeurs apparues à l'intérieur de la fenêtre affichée par 34APS (Plan de sécurité = 20 et approche rapide = 2). En effet, aucune discussion ne se produit et ces valeurs sont automatiquement absorbées dans la nouvelle opération.

C'est toujours Lorenzo qui amène les contenus à discuter et fait avancer le travail (35L, 39L, 40L, 52L). Mais la présence de Antonio est beaucoup plus forte: il reprend par exemple le clavier). Même si c'est Lorenzo qui définit la situation et propose une solution globale (changer la référence), la mise en acte de cette solution est subordonnée au fait qu'elle devienne une décision prise en commun: Lorenzo ne passe pas directement à l'action, contrairement à nos observations sur la première séquence et sur la phase précédente. La recherche du consensus s'effectue à travers une "confrontation contradictoire" (GILLY 1988), une confrontation se déroulant à un niveau formel où prédomine l'explicitation d'hypothèses et de déductions.

L'échange 54 à 67 constitue en partie une parenthèse, relativement au problème traité. Elle est ouverte par Lorenzo, qui, tirant les conséquences de ce qu'ils viennent de décider, propose de modifier la surface de référence d'un usinage déjà programmé.

- 54L: Et puis tu sais aussi une chose, on va modifier aussi ça, parce qu'ici, pour faire..., parce qu'ici quand il va faire le contour de ça il recommence tout en haut (*geste illustratif du doigt imitant la fraise au-dessus de la pièce*), il fait le contour, alors nous une fois qu'il a fait ça, on donne le point de référence ça (*échanges de regards d'un partenaire vers l'autre et vers la pièce*) (*A prend le contrôle de la souris aussi*).
- 55A: Ça t'y peux rien, non, parce que ça la machine le fait elle-même (*il pointe sur l'écran*), ça elle le fait elle-même, ce que tu dis.
- 56L: Non, parce que... une fois que tu as fait, parce que au départ elle fait le contour ici, tu vois, et pis quand tu dis le point de référence c'est par rapport à ça, la machine elle recommence en-haut, elle descend de 2 mm, de 3 mm, (*il montre sur la pièce les trajets de l'outil*) (*Pendant l'échange 43L-45L les deux se regardent*)//...
- 57A: Ah! (*autocontact au menton*)//
- 58L: Et pis elle fait la finition tout autour du cercle//
- 59A: J'ai compris, j'ai compris...
- 60L: Et pis une fois qu'elle doit faire l'hexagone, là//
- 61A: Ouais, elle recommence à zéro.
- 62L: Elle recommence tout en-haut//
- 63A: On perd du temps//
- 64L: Ouais, elle ... (*il fait des cercles en l'air avec le doigt*)//
- 65A: Elle usine pour rien//
- 66L: Exactement.
- 67A: C'est pour ça que les autres mettaient plus de 17 minutes.

Au plan des contenus discutés, on notera brièvement qu'à nouveau, les élèves évoquent la situation d'usinage, en particulier le trajet descendant de la fraise, et qu'il se montrent d'accord sur le fait qu'il s'agit de ne pas commencer trop haut, pour ne pas perdre de

temps. Les choix d'autres groupes leur servent ici encore de contre-exemple. Ce souci de tenir compte du critère d'évaluation donné par l'enseignant (avoir un temps d'usinage court), déjà manifesté précédemment, trouve une confirmation dans les tours de paroles 62A-67A. C'est cette préoccupation (entièrement partagée par Antonio et Lorenzo) de devoir faire vite, de devoir gagner du temps (par rapport "aux autres") qui motive la plupart des solutions proposées et sous-tend la plupart des décisions communes (25L-28L; 35L-39L; 54L-67L).

Au plan de la collaboration, c'est toujours Lorenzo qui initie l'objet de la décision. Face à l'opposition d'Antonio, il se lance dans une longue explication, gestes à l'appui, sur les trajets d'outils concernés. Antonio commence par s'étonner ("Ah"), puis il interrompt, légèrement impatient, le long énoncé de son camarade ("j'ai compris, j'ai compris") et enfin coupe son camarade pour terminer lui-même son énoncé (60-61).

Reprenons la suite de l'échange.

68L: (...) alors la référence maintenant c'était combien?

Clique sur la boîte de dialogue SURFACE DE REFERENCE et enlève le 0.

69A: Le problème, c'est que il doit être précis, hein!

70L: Boh, précis avec une fraise comme ça, hein..., c'est 10 (*après avoir mesuré*)

71A: Alors -10.

Tape -10 à SURFACE DE REFERENCE.

72L: -10. Non, attends, c'est moins...(*autocontact chez les deux*).

73A: Beh oui, t'es en-dessous!

74L: (*Autocontact chez les deux*). Oui, mais la machine elle fait comment à savoir... (*il ne continue plus: il regarde Antonio, puis il pointe vers l'ordinateur, et enfin regarde la pièce quelques secondes en silence*).

75A: Parce que (*il prend la pièce des mains et la manie*) dans l'étau, (*geste de la main*) l'étau il sait qu'il est à 0.

76L: Ah, il sait? (*il a repris la pièce*).

77A: Ben oui//

78L: Ah, bon!

79A: ...sinon tu peux jamais savoir que tu es à 0

80L: Eh oui, justement, c'est ce que je me demandais: comment faisait la machine à savoir..

81A: Oui, c'est par rapport au ...(?) de l'étau.

82L: (*Il a repris la souris*) **Clique sur OK.**

Leurs réponses sont les suivantes:

Plan de sécurité: $Z = 20$

Approche rapide: $Z = 2$

Surface de référence: $Z = -10$

Profondeur de coupe: $Z = -2$

Nombre de passe: 1

Profondeur de passe : constante

Code CN: linéaire

L'objet de cette dernière confrontation est la valeur à donner à la surface de référence. Avec 70L ("...., c'est -10) Lorenzo l'énonce, après avoir mesuré à la règle la différence entre la surface de la pièce et le fond de la poche hexagonale déjà usinée. Cependant, une fois que Antonio a tapé au clavier -10, Lorenzo commence à avoir des doutes (72L: "-10. Non, attends, c'est moins...") et pose une question inachevée. Antonio semble néanmoins la comprendre, car il propose une réponse, à laquelle Lorenzo demande confirmation (76). Antonio étoffe alors sa réponse d'un argument (79), qui apparemment ramène Lorenzo à la question (inachevée) qu'il (se) posait en 74 (comment la machine elle fait pour savoir) la boucle est bouclée et il accepte l'explication de son camarade (l'étau, il sait qu'il est à 0). L'aboutissement de cet échange consiste en l'adoption par Lorenzo de la valeur proposée en 71A (-10).

Antonio emporte donc cette fois la décision, au sein d'une phase où c'est toujours Lorenzo qui initie la décision et fixe l'objectif (68L: "..., alors la référence maintenant c'est combien?"), qui mesure, qui ouvre une réflexion (en mettant en doute sa propre suggestion: 72L: "-10. Non, attends, c'est moins...") et qui met fin à l'échange. Dans la gestion de la démarche, il continue donc de garder une place dominante. C'est toujours lui qui est maître de la communication avec le programme: bien que les commandes soient partagées (Antonio au clavier et Lorenzo à la souris), la plupart des inputs donnés au programme partent de la souris (et donc de Lorenzo). Mais du point de vue du contenu des décisions, il en va autrement et ici leur démarche comme leur mode de collaboration présente des caractéristiques importantes.

En effet, contrastant avec la première séquence et à la démarche des autres groupes, on n'observe pas de décision unilatérale, ni de tâtonnement et d'essai "pour voir"; au contraire, chaque décision fait l'objet d'une réflexion et d'une discussion soutenue, jusqu'à ce qu'un consensus semble atteint. Toutefois, un comportement récurrent nous a frappé et suscite quelques interrogations: les deux élèves se coupent beaucoup la parole et nous ne sommes pas en mesure de savoir s'il s'agit d'une forme de construction d'un discours commun, où l'un complète et poursuit les énoncés de l'autre parce qu'il a compris de quoi il est question, ou/et si ces interruptions ne marquent pas une impatience, une difficulté à écouter autrui jusqu'au bout, qui engendrent à terme des malentendus.

3.3.4. Face au message d'erreur: limites d'une discussion

83APS: **Affiche un message: La surface de référence doit être égale ou plus petite que la hauteur de coupe.**

84L: C'est quoi? SURFACE DE REFERENCE doit être...(On remarque à ce moment que A. est au clavier et L. a la souris)/

85A: ...Égale ou plus petite.

- 86A: Recule!... Clique! clique!
- 87L: **Clique OK.**
- 88APS: **Revient à la fenêtre concernant les plans de travail de l'outil (POCHE EN SPIRALE)**
- 89A: -10, PROFONDEUR DE COUPE, mais c'est pas -2, c'est -12! (*il pointe l'écran*), non?
- 90L: Non!
- 91A: Alors ça joue pas...
- 92L: ça joue pas le machin, on doit modifier quelque chose d'autre (*Il joue avec la pièce*).
- 93A: (*Pause. Regarde ailleurs. Mais tout un coup*) Non, mets -12! Parce que ta SURFACE DE REFERENCE elle vient à -10, si tu veux usiner ta petite partie, qui est là, (*il pointe sur la pièce*), il faut venir à -12//
- 94L: Ouais, mais la profondeur de coupe, c'est toujours par rapport à //
- 95A: Attends, non, mais je t'explique, parce que là, t'initialises pas ton machin, (*il prend la pièce des mains de L et montre sur la pièce*), ça veut pas dire que là tu mets à 0 ton truc.
- 96L: (*En accompagnant ses paroles de gestes illustratifs de la main qui simule l'outil*). Non, si tu déplaces la SURFACE DE REFERENCE toutes les fois que tu descends de quelque chose, c'est comme avant tu mettais 0, toutes les fois que tu mettais un chiffre négatif elle passait en-bas, si tu mettais un chiffre positif, elle restait en haut, ça veut dire que par rapport//
- 97A: OK, j'ai compris, j'ai compris. (*Pause*). Mais alors ça veut dire que ça joue plus leur truc, après, leur message d'erreur (*il manipule la pièce, frappe sa main ouverte avec la pièce durant les 3 tours de parole qui suivent*).
- 98L: Il doit y être quelque chose, oui exactement//
- 99A: Ca joue plus quand tu as une situation comme ça.
- 100L: Je crois qu'il faut changer le 0 de la machine, c'est plus ce 0 là (*il reprend la pièce*), il faut dire quelque part, c'est plus ce 0 là, c'est autre chose.
- 101A: Mais là ça devient compliqué, là (*il recule le buste et se croise les bras*).
- 102L: Oui, mais on doit le faire, parce que sinon c'est pas intéressant. Attends . PLAN DE SÉCURITÉ, c'est bon, APPROCHE RAPIDE jusqu'à 2, ça c'est bien, SURFACE DE RÉFÉRENCE, ça c'est -10
(*A regarde ailleurs, distrait par un bruit*)
- 103L: Profondeur de coupe c'est -2 (*Pause*).
- 104A: **Sélectionne (avec la souris) PROFONDEUR DE COUPE.**
Efface (avec la souris) -2.
(*Attente de 4 secondes.*)
Tape -12 avec le clavier.
Clique OK avec la souris.
- 105APS: **Passe à la fenêtre suivante.**

- 106L: C'est vrai, comme ça il l'accepte.
- 107A: Oui.
- 108L: Comme ça il accepte, mais après tu fais le machin 12, où il change pas le point de référence *(toujours en montrant sur la pièce)*//
- 109A: Non, parce qu'il sait que son point de référence est à -10, il sait qu'il doit aller à -12, il part depuis -10 *(il simule sur sa propre main)*
- 110L: Mais c'est con!
- 111A: Ben, c'est comme ça!
- 112L: Attends, moi je crois pas... Oui, c'est possible//
- 113A: Ben oui//
- 114L: ...mais c'est con!
- 115A: Ben oui, ben sinon ça marche pas hein, tu peux pas (?)
- 116L: Mais écoute...
- 117A: Écoute *(geste de la main à plat vers l'écran)*, on n'a qu'à regarder en simulation, et tu regardes ce qu'elle fait.

Les valeurs introduites, sont, on le rappelle, les suivantes:

Plan de sécurité: $Z = 20$	Approche rapide: $Z = 2$
Surface de référence: $Z = -10$	Profondeur de coupe: $Z = -2$
Nombre de passe: 1	Profondeur de passe : constante
Code CN: linéaire	

Avec 83APS, le programme affiche un refus motivé de ces valeurs: "La surface de référence doit être égale ou plus *petite* que la hauteur de coupe". Comme on le sait, ce message contient une erreur d'écriture: le programme aurait dû en effet afficher: "La surface de référence doit être égale ou plus *grande* que la hauteur de coupe". Les étudiants ne sont pas au courant de ce problème du programme. Ils ne discutent d'ailleurs pas du contenu du message, mais Antonio propose d'emblée une modification de la profondeur (-12 à la place de 2). L'opposition de Lorenzo (90L: "Non!") produit une longue discussion (91-103), parfois difficile à suivre. Antonio ne demande pas à Lorenzo les raisons de son désaccord mais lance un "ça ne joue pas", que complète et approuve Lorenzo (92) de manière tout aussi obscure pour l'observateur extérieur. Dans les échanges 92 à 97, les interruptions mutuelles et l'usage de termes tels que "truc" et "machin" perturbe également une bonne compréhension de ce qui s'échange et s'élabore. On saisit tout de même qu'il est question de la référence par rapport à laquelle calculer la profondeur de coupe (94L par exemple). Antonio en arrive à la conclusion que le message d'erreur pose problème "dans cette situation". En 98L, Lorenzo semble d'accord ("...oui exactement") et propose une nouvelle modification: celle du zéro de la machine. Antonio manifeste physiquement et verbalement son opposition, en reculant le buste, croisant les bras et en jugeant cette proposition "compliquée". Dès ce moment, ils n'argumentent plus par des raisonnements ou en termes de juste ou faux, mais avancent des jugements de valeur sur les solutions en jeu: compliquée, intéressante ou non

(102L), "conne" (110L). Alors que Lorenzo se met à revoir l'ensemble des valeurs (102-103L) et face à son opposition, Antonio se saisit des commandes et introduit sa solution (profondeur de -12) que le programme accepte. Lorenzo l'admet, mais il ne saurait se contenter de ce "succès" et persiste à trouver cette solution insatisfaisante: "Mais c'est con!". Antonio ne trouve plus que l'argument: "c'est comme ça!" et devant l'impossibilité d'emporter d'adhésion de son camarade, convoque le programme comme arbitre, en proposant d'utiliser la simulation (la visualisation à l'écran de l'opération d'usinage en jeu).

Un élément important, du point de vue de la démarche de travail, réside dans la façon dont les deux élèves définissent le problème. Ayant reçu un message d'erreur 83APS (et 88APS), ils ne s'attachent pas au contenu de ce dernier mais ils se lancent dans une discussion (à nouveau très ardue pour un observateur extérieur). Avec les informations qu'ils ont obtenues de l'enseignant lors de la première séquence et une lecture attentive du message, ils pourraient exprimer des doutes sur le message du programme, qui leur demande de corriger un rapport entre valeurs qui est justement celui qu'ils proposent. (surface de référence à -10 et profondeur de coupe à -2). Mais ce n'est pas le cas, même lorsque la solution proposée (-12) par Antonio, qui va dans la direction inverse des indications d'APS, est pourtant acceptée par ce dernier!

On peut faire l'hypothèse que l'essentiel de leur discussion reflète l'existence de deux représentations divergentes de la manière de calculer la profondeur par rapport à la surface de référence: Antonio calcule la surface de référence et la profondeur toutes deux à partir du 0 de la machine (l'étau): il propose donc -10 à l'une et -12 à l'autre. Lorenzo, lui, calcule chaque plan par rapport au plan précédent: comme la profondeur de la poche est de deux millimètres plus profonde que la surface de référence, il propose -2.

Antonio, dont la représentation est correcte, a de la peine à en donner une image convaincante et se laisse mettre en doute et par son camarade et, probablement, par le message d'erreur. Lorsque la solution d'Antonio est acceptée, Lorenzo la met en cause par un jugement négatif, dont on se demande s'il a pour référence sa pratique sur machines à commandes numériques (pratique qu'il a déjà mise en avant plus tôt). Antonio ne cherche du reste pas à le savoir et oppose "l'argument" de la réalité du programme (dont il est censé être meilleur connaisseur): "c'est comme ça". Cette remarque peut d'ailleurs être généralisée: les échanges contiennent beaucoup d'assertions des points de vue propres et peu de questions à autrui sur son point de vue, quand bien même il ne semble pas avoir été toujours entièrement compris.

On remarquera, du point de vue de la démarche et de la collaboration, qu'après un échange d'arguments et de raisonnements de type hypothético-déductif, qui précède l'action (et où le recours aux objets et à l'ordinateur sert à illustrer ou soutenir les arguments), Antonio rompt ce mode de faire et introduit d'autorité sa proposition dans le programme, quand bien même ils n'ont pas atteint un consensus. En somme, dans l'impossibilité de convaincre Lorenzo et face à l'incapacité de ce dernier de proposer une alternative convaincante, il s'impose par l'action. La réaction d'acceptation du programme lui sert d'ultime argument. Il s'agit aussi d'une approche plus "concrète" centrée sur

l'action et sur la vérification pratique (la réponse du programme, la simulation) de ses effets, approche qu'il goûte volontiers, comme on l'a vu dans la première séquence.

3.3.5. Tirés d'affaire, mais insatisfaits

Le reste de la séquence, dont la transcription figure en annexe, peut être divisée en trois phases: l'observation de la simulation, une deuxième phase où, en attendant Lorenzo parti chercher l'enseignant, Antonio répond aux questions de l'observatrice et une phase finale, où Lorenzo transmet les fruits de sa discussion avec l'enseignant et où ils décident en conséquence des valeurs à mettre.

Les deux étudiants n'explicitent pas ce qu'ils veulent vérifier au travers de la simulation. Comme l'a dit Antonio: "On simule et tu regardes!". Ils commentent ce qu'ils voient et Lorenzo se montre assez impatient vis-à-vis du programme: "Vas-y, bidule infernal!". Les deux constatent que l'outil usine en l'air et qu'ils perdent ainsi du temps. A la fin, Lorenzo lance, dépité: "Et voilà! On a rien vu!" et, sans autre explication, se lève et part.

Resté seul, Antonio fait afficher à l'écran le dessin de la pièce en 2D et ensuite répond aux questions que l'observatrice lui pose. Même en absence d'un échange à ce sujet avec Lorenzo, il sait que son collègue est allé chercher l'enseignant. Selon lui, leur problème est le suivant: ils aimeraient pouvoir changer la valeur de la surface de référence, afin de gagner du temps d'usinage. Mais selon le message, ils ne peuvent le faire, puisqu'ils ont droit à une profondeur égale ou plus petite que la surface de référence: "Si on change le point de référence, si le point de référence c'est celui-là, on veut changer et depuis là on veut percer plus bas, mais le problème c'est que avec le message d'erreur qu'il nous dit, on a droit à une distance égale ou plus petite...(*gestes illustratifs sur la pièce*)" (153A). La question est alors de savoir s'ils peuvent tout de même modifier cette dernière ou s'il faut la garder à 0, avec le risque toutefois que l'outil "(...) travaille dans le vide" (159A). Rien dans son discours n'indique qu'il pense qu'ils ont deux représentations différentes de la situation ou que le message du programme puisse être faux.

Lorenzo revient avec la réponse de l'enseignant: leur idée est correcte, mais trop compliquée à réaliser; il faut réintroduire la valeur que la surface de référence présentait tout au début de la séquence (c'est-à-dire: zéro). Par rapport à la première séquence, on soulignera que, dans son explication, l'enseignant avait signalé au contraire que cette modification était possible. Apparemment, il juge maintenant que ce n'est pas le cas pour cette opération. Le reste des explications demeure à nos yeux obscur, mais Antonio semble comprendre et s'incline, non sans récrimination: il persiste à penser que cela doit être possible et que ce n'est pas si compliqué. Ils modifient donc la surface de référence (de -10 à 0) et laissent la profondeur de coupe à -2. Soulignons qu'ils n'ont pas pour autant mis au clair la manière de calculer surface de référence et profondeur par rapport au 0 de la machine ni, en conséquence, réalisé qu'ils mettaient en oeuvre chacun un mode de calcul différent!

Au plan de leur collaboration, on remarquera que c'est Lorenzo qui a pris l'initiative d'aller chercher l'aide de l'enseignant et qu'Antonio a confiance en sa description du problème et en l'explication qu'il amène. En outre, Lorenzo continue de donner le rythme

de travail, en initiant et menant l'annulation de leur opération d'usinage et la réalisation d'une opération basée sur les indications de l'enseignant.

3.3.6. Synthèse

Nous avons analysé et présenté deux séquences, où les élèves, à une heure d'intervalle, se trouvent confrontés à des difficultés d'ordre semblable. Dans les deux cas, acculés à une impasse, ils ont fait appel à l'enseignant. Les deux séquences présentent des différences intéressantes, en terme de démarche de travail et de collaboration, et nous allons ici tenter d'en rendre compte. Nous nous demanderons également si oui ou non un apprentissage a été réalisé.

A. Modes de collaboration

Au plan de la collaboration, si la première séquence montre que les deux élèves participent à l'accomplissement de la tâche et la recherche de solution, l'un d'eux, Antonio, occupe une place dominante dans la division des rôles et le mode de prise de décision: c'est lui qui tient les commandes de l'ordinateur et de la démarche, et surtout, il prend d'autorité plusieurs décisions sans consulter ni informer son camarade. Toutefois, ses connaissances ne sont pas toujours à la hauteur de son statut initial de "plus expert" (il a suivi le cours, contrairement à Lorenzo): ainsi, lorsqu'il doute des propositions de son camarade, il ne peut produire d'arguments pour soutenir ses réserves. Face à la difficulté, il n'a pas de solution argumentée à proposer et sollicite alors Lorenzo, sans d'ailleurs toujours tenir compte de l'avis de ce dernier, puis l'enseignant. Dans l'échange avec ce dernier, son comportement pourrait bien trahir un souci de maintenir un rapport de pouvoir en sa faveur: il commence par empêcher Lorenzo de poser sa question, pour donner lui-même sa définition des paramètres en jeu.

Dans la seconde séquence, ce mode de collaboration a changé sous plusieurs aspects. Premièrement, Lorenzo se trouve maintenant aux commandes, aux sens propre et figuré: il initie et clôt l'essentiel des phases de travail et des prises de décisions, mène seul une part de la réalisation qui n'appelle pas de discussion, énonce les buts locaux et prend l'initiative d'aller chercher l'enseignant, etc. Les élèves sont d'ailleurs conscients de ce retournement de situation, comme le montrent leurs commentaires (exprimés durant le TP entre les deux séquences présentées ici):

L: Tu vois, moi je ne comprends rien, mais je sais le faire fonctionner!

...

L: C'est moi qui fait, c'est moi qui contrôle la situation!

...

Quelques minutes avant la deuxième séquence:

A: T'as vite compris comment ça marche!

L: Mais c'est facile!

Même s'il reconnaît les progrès de Lorenzo, Antonio ne dédaigne pas jouer les experts (95A: "...je t'explique, ...") et paraît deux fois s'agacer que Lorenzo se lance également

dans de longues explications à son égard (59A et 97A: “j’ai compris, j’ai compris!”). Quand à ce dernier, on vient de le voir, il n’est pas du tout indifférent au fait d’avoir plus de contrôle sur la situation. De plus, au moment de l’usinage et lorsque l’enseignant commente leur travail, les deux élèves se renvoient, sous forme de jeu, la responsabilité des problèmes rencontrés. La compétence et l’apprentissage semblent bien être utilisés dans une forme de mise en valeur de soi et comme enjeu de pouvoir, ceci dans le cadre d’une relation aux allures par ailleurs amicales, où abondent plaisanteries et taquineries.

Le deuxième changement intervenu entre la première et la deuxième séquence concerne le mode de prise de décisions: la recherche d’une solution par la discussion prend une place beaucoup plus importante dans la dernière séquence. Décisions et actions sont précédées d’échanges, où les élèves se confortent dans leur accord (comme c’est le cas lorsqu’ils énoncent le but “gagner du temps à l’usinage”) ou, le plus souvent, argumentent de manière contradictoire, jusqu’à ce que s’élabore un accord. Le tâtonnement, les essais “pour voir” ont disparu. Cette prédominance de la réflexion et de l’échange sur l’action se marque aussi dans les comportements non verbaux: au lieu de regards centrés sur l’écran et d’actions sur le programme, on observe de nombreux échanges de regards, qui assurent le contact, maintiennent la communication, ou en marquent la fin, une abondance de gestes illustratifs (déictiques dirigés vers l’écran ou la pièce et gestes mimant l’action de l’outil), ainsi que des gestes d’autocontact durant les pauses et moments de perplexité (pour une présentation de ces comportements et une discussion plus élaborée de leurs fonction dans l’interaction, voir Pléty 1996).

Mais deux éléments viennent nuancer ce tableau de leur mode de collaboration. Lorsqu’Antonio se trouve dans l’impossibilité de convaincre son camarade, il rompt cette démarche et entre d’autorité sa solution dans le programme, utilisant ce dernier comme test (ou soutien) de son idée. Et lorsque Lorenzo continue de s’opposer à cette solution, malgré le feed-back positif de l’ordinateur, sans offrir d’alternative acceptable, il convoque encore le programme comme arbitre en proposant d’utiliser la simulation. Dans ces deux cas, la discussion est éprouvée comme limitée et le recours à l’action comme nécessaire. Autre observation, d’ailleurs liée à la première, les élèves se coupent très fréquemment la parole. Nous nous sommes demandés dans quelle mesure ils construisaient ainsi un seul discours, où l’un complète les énoncés de l’autre ou si ces interruptions ne signalaient pas une difficulté à écouter autrui jusqu’au bout et ne nuisaient pas à l’élaboration de la compréhension. En y regardant de plus près, on observe que les deux modes d’interaction semblent coexister. Par exemple, l’échange 60-67 nous paraît représentatif de la première hypothèse:

- 60L: Et pis une fois qu'elle doit faire l'hexagone, là//
 61A: Ouais, elle recommence à zéro
 62L: Elle recommence tout en-haut//
 63A: On perd du temps//
 64L: Ouais, elle ... (il fait des cercles en l'air avec le doigt)
 65A: Elle usine pour rien//

66L: Exactement.

67A: C'est pour ça que les autres mettaient plus de 17 minutes.

Par contre, dans l'échange suivant, l'interruption d'Antonio (94-95) nous semble clairement nuire à l'élaboration d'une compréhension commune, car elle empêche Lorenzo d'expliquer comment il calcule la profondeur de coupe et Antonio d'avoir accès à son point de vue.

93A: *(Pause. Regarde ailleurs. Mais tout un coup...)* Non, mets -12! Parce que ta SURFACE DE REFERENCE elle vient à -10, si tu veux usiner ta petite partie, qui est là, *(il pointe sur la pièce)*, il faut venir à -12//

94L: Ouais, mais la profondeur de coupe, c'est toujours par rapport à //

95A: Attends, non, mais je t'explique, parce que là, t'initialises pas ton machin, *(il prend la pièce des mains de L et montre sur la pièce)*, ça veut pas dire que là tu mets à 0 ton truc.

96L: *(En accompagnant ses paroles de gestes illustratifs de la main qui simule l'outil)*. Non, si tu déplaces la SURFACE DE REFERENCE toutes les fois que tu descends de quelque chose, c'est comme avant tu mettais 0, toutes les fois que tu mettais un chiffre négatif elle passait en-bas, si tu mettais un chiffre positif, elle restait en haut, ça veut dire que par rapport//

97A: OK, j'ai compris, j'ai compris. *(Pause)*. Mais alors ça veut dire que ça joue plus leur truc, après, leur message d'erreur *(il manipule la pièce, frappe sa main ouverte avec la pièce durant les 3 tours de parole qui suivent)*.

Les assertions abondent et les élèves ne posent aucune question visant à mieux comprendre le raisonnement d'autrui. Est-ce productif en terme de co-résolution? Nous reprendrons cette interrogation dans l'examen de leur démarche de travail.

Notons pour terminer que, hormis les commentaires cités ci-dessus et concernant les progrès de Lorenzo, les deux élèves n'émettent pas de remarque sur leur mode de collaboration, soit pour le gérer explicitement ou encore pour le critiquer.

B. Démarche de travail, représentation du problème et modes de résolution

Dans la première séquence, les élèves passent d'emblée à l'action et suivent l'ordre des opérations propre au programme, remplissant une à une les cartouches. Pour remplir la fenêtre concernant les plans de fraisage de l'outil, l'élève au clavier consulte son camarade, mais les propositions ne font pas l'objet de discussion, voire sont introduites sans même être énoncées. Leur réponses contient une faute, la profondeur étant indiquée en valeur positive, et ils reçoivent un message d'erreur. Malgré le caractère erroné de ce dernier, ils mettent rapidement le doigt sur le point clé du problème (le signe du Z de la profondeur), mais Antonio modifie un paramètre qui n'est pas concerné par le message, sur lequel il avait un doute, et ne tient pas compte de l'avis - correct - de son camarade (le Z est négatif); ce dernier ne défend d'ailleurs pas davantage son idée. Soulignons que

nous avons rencontré chez tous les groupes ce comportement, consistant à réagir au message d'erreur en changeant des valeurs non concernées, mais à propos desquelles des doutes subsistaient. La discussion se porte ensuite sur d'autres éléments de la situation et dans cet enchaînement, ils réparent un malentendu mais perdent de vue le problème signalé par le programme. Lorsqu'ils le reprennent, leur démarche divergent: Antonio tend à tâtonner, à proposer un essai "pour voir", alors que Lorenzo, qui relie manifestement les valeurs à donner avec la situation d'usinage, réagit et réfléchit en fonction des conséquences de leurs décisions sur cette dernière. Il pose d'ailleurs une question centrale: qu'est-ce que la surface de référence et comment est-ce qu'on la calcule? C'est l'enseignant qui fournira la réponse.

Dans la deuxième séquence, à l'instar du mode de collaboration, des changements interviennent. Le choix de l'opération d'usinage est mené en fonction d'une utilisation rationnelle de l'outil et un but général est défini: puisqu'ils usinent au fond d'une poche existante, il faut gagner du temps d'usinage en commençant à fraiser plus bas, donc en donnant à la surface de référence une valeur inférieure à 0. Ce but répond à un critère d'évaluation émis par l'enseignant: la rapidité de l'usinage. Le moyen choisi correspond à l'information qu'il leur a transmis à l'issue de la première séquence. Les élèves prennent donc en compte et le critère et l'information reçue; ils se montrent capables de contrôler l'activité, en définissant, avant de passer à l'action, un but et la manière générale de l'atteindre. C'est le seul groupe qui a démontré ce type de compétences, pour la situation soumise à observation, les autres passant directement à l'action.

Lorsqu'il s'agit de choisir des valeurs pour la profondeur de coupe et la surface de référence, chaque décision est précédée d'un échange où se confrontent deux points de vue différents sur la manière de calculer ces valeurs. Ces échanges leur permettent d'évoquer un élément important de la situation: le zéro de la machine, par rapport auxquelles sont calculées toutes les valeurs. Vue de l'extérieur, leur solution (-10 à la surface de référence et -2 à la profondeur) consiste en un amalgame des deux conceptions en présence, que nous supposons être les suivantes: un calcul de la surface de référence et de la profondeur à partir du 0 de la machine et un calcul où la valeur de la profondeur équivaut à la différence entre cette dernière et la surface de référence.

Comme chez les autres groupes, le message d'erreur ne fait pas l'objet d'un examen attentif et n'est pas discuté en soi. Jusqu'au bout, les élèves ne remarqueront pas que le programme émet dans ce message une demande à laquelle leurs valeurs répondent! Par contre, ils ne mènent pas d'essai au hasard et s'attaquent bien aux paramètres mentionnés dans le message. Ce dernier stimule chez Antonio l'expression d'une solution conforme à sa manière (supposée) de calculer. Malgré les arguments élaborés, l'opposition de Lorenzo et l'échange qui s'ensuit ne débouchent pas sur une explicitation complète des positions contradictoires en présence mais aboutit à l'introduction de nouveaux objets dans la discussion: le fait que le message d'erreur ne soit pas valable pour la situation en question et la proposition de changer le 0 absolu, que refuse Antonio. Nous avons émis l'hypothèse que la manière dont les élèves se coupaient la parole avait contribué à cette impasse. Comment les élèves y réagissent-ils?

Par un changement de démarche et de mode de collaboration, quand Antonio cesse d'argumenter pour passer à l'action et introduire sa proposition dans le programme, dont manifestement il attend un feed-back positif. Son camarade montre alors une réaction unique et intéressante: le fait que le programme accepte la solution ne le satisfait pas: il continue de juger cette dernière inappropriée, vraisemblablement en fonction de critères issus de sa pratique sur machine à commande numérique et peut-être aussi par difficulté à démordre de sa position! Dans tous les autres groupes, l'acceptation de l'ordinateur contente les élèves, qui poursuivent leur travail, même en l'absence d'une réelle compréhension de la situation.

Antonio, qui ne cherche pas à comprendre davantage le point de vue de son camarade et paraît las d'argumenter, propose alors une simulation à l'écran de l'opération d'usinage. Celle-ci ne leur permettra pas de trancher et résoudre leur différent. A noter qu'ils n'explicitent pas ce qu'ils comptent y vérifier - parce que cela leur paraît évident ou par oubli? En fin de compte, un des élèves part demander l'aide de l'enseignant. Il en ramènera une solution qui va à l'encontre de leur but initial et de l'information transmise lors de la première séquence: gagner du temps en mettant une surface de référence inférieure à zéro, ce qui les laissera insatisfaits.

Quels apprentissages peut-on observer d'une séquence à l'autre? De la première interaction avec l'enseignant, ils ont retenu que l'approche rapide devait être supérieure à la surface de référence et Antonio a réalisé que le plan de sécurité ne pouvait être égal à celle-ci, sous peine de rayer la pièce. Ils ont également compris que la profondeur devait être indiquée par une valeur négative. Grâce aux échanges de la deuxième séance, Lorenzo a appris d'Antonio que le zéro absolu est celui de l'étau. Mais ils n'ont pu prendre conscience de leurs manières respectives de calculer, ni réaliser l'erreur contenue dans le message du programme. Enfin, il n'est pas certain qu'ils aient compris pourquoi, dans ce cas, il n'était pas possible d'indiquer une surface de référence inférieure à 0.

Les échanges, plus riches et plus longs que chez les autres groupes, nous ont posé de grosses difficultés de compréhension: phrases interrompues, gestes illustratifs pas toujours interprétables, emplois de termes peu clairs pour nous ("truc", "machin"), part probablement importante mais non repérable de contenus qui vont de soi pour les élèves, qui font partie d'une compréhension supposée commune, maintenue tacite. Méthodologiquement, une maîtrise complète des échanges nous paraît impossible sans une technique d'analyse plus élaborée et éventuellement - mais cela pose d'autres difficultés méthodologique - une aide des concernés dans l'analyse de leurs propos.

3.4. Groupe 3: rapports de pouvoir et errements

Les extraits présentés ici font partie d'une séquence d'environ 10 minutes, durant laquelle ce groupe de trois élèves crée le programme du perçage de cinq trous dans la pièce qu'ils doivent usiner. Nous avons divisé la séquence en quatre parties, en fonction des quatre étapes de résolution identifiées.

Les trois élèves, Guy, Ted et Didier travaillent déjà depuis environ 15 minutes. Au départ, Guy s'est installé aux commandes du PC, Ted s'est assis à sa gauche, devant l'écran, alors que Didier occupe à l'extrémité du groupe la place la plus éloignée du PC. Ted a devant lui la consigne et un exemple de pièce déjà usinée. Didier a indiqué qu'il s'occuperait du rapport de TP qu'ils doivent rendre. Aucune négociation explicite n'a présidé à cette répartition des rôles.

3.4.1. Étape 1: Choix initiaux de programmation d'un perçage

La première étape de réalisation dure environ 1 minute 30. Les élèves (Guy et Ted) indiquent au programme la matière dont est faite la pièce, l'outil choisi, la direction de travail de l'outil et le mode de sélection des trous à percer. Dans l'extrait transcrit ci-dessous, les élèves donnent au programme les valeurs en millimètre pour chaque plan de travail de l'outil. Ces valeurs correspondent à la distance entre la surface de la pièce, considérée comme plan zéro, et chaque plan:

- G1 (Il lit l'écran, puis parle sans tourner la tête vers ses camarades): PLAN DE SÉCURITÉ. Pfff. Il passe à la suite sans rien indiquer).
- G2 (Il lit): APPROCHE RAPIDE, (se tourne vers T.): Jusqu'à z 0? C'est juste?
- T3 Non, moins..., non, plus! +2!
- G4 Jusqu'à z 2. Ouais, c'est bon. Il tape +2.
- T5 Pis PROFONDEUR (en regardant l'écran).
- G6 (Il lit sans prêter attention à T.): SURFACE DE RÉFÉRENCE, 0. Il laisse le 0.
- T7 Et puis la profondeur...
- G8 (Il lit): PROFONDEUR DU TROU...(Les deux se penchent sur la consigne que T. a devant lui).
- T9 (Lisant la consigne): 12. (Puis, en se tournant vers G.): Ca fait -12. -12 ou bien +12?
- G10 (En regardant l'écran) z -12. IL TAPE -12.
- G11 (Il lit): RAPIDE, AU SERRAGE...
- T12 (Sautant à l'étape suivante, en regardant l'écran): Attention, PROFONDEUR DU TROU c'est le diamètre, pas la pointe.
- G13 Il laisse l'option par défaut "rapide au serrage" et clique sur l'option "diamètre" pour la profondeur.

G14 (Il passe en revue les valeurs données à chaque plan, en remontant avec le pointeur): Surface, OK. PLAN DE SÉCURITÉ AU SERRAGE, c'est quoi ça?

T15 Ca, je crois pas qu'on a...

G16 (Tourne brièvement la tête vers T) On a jamais utilisé ça, je crois

T17 Non, on a jamais utilisé

G18 Il laisse 0 au PLAN DE SÉCURITÉ et clique OK pour indiquer que la fenêtre est complète.

APS19 Recalcule la profondeur de -12 à -17.5 et change l'option "profondeur au diamètre" pour "profondeur à la pointe". Bipe. Reste sur la même fenêtre.

Tous les échanges verbaux se passent entre Guy et Ted. Par sa posture et son regard, Didier montre son attention, mais il n'intervient pas durant cette première phase.

Au plan de la démarche de travail, on observe que Guy, les yeux la plupart du temps rivés à l'écran, lit à voix haute les intitulés des boîtes de dialogue, dans l'ordre proposé par le programme. En G1, G6 et G11, il donne lui-même la réponse à inscrire. En G2, G8 et G14, il initie un échange, par une requête explicite ou implicite (G8). Ted satisfait aux requêtes de son camarade en proposant des réponses (T3 et T15) ou en faisant suivre la réponse extraite de la consigne par une nouvelle requête (T9). C'est Guy qui clôt ces échanges, montrant par une action sur l'ordinateur et par un énoncé son accord avec la proposition de Ted.

Par deux fois (T5 et T7), Ted intervient en amenant le contenu "profondeur", sans respecter l'ordre donné par le programme et par Guy. Or ce dernier ignore ses interventions et ne satisfait l'ordre de Ted que lorsque sa lecture des options dans l'ordre donné à l'écran l'amène au même point. L'échange T12-G13 montre par contre Guy réalisant l'ordre de son camarade.

D'un point de vue technique et normatif, l'échange qui préside au choix de la valeur à attribuer au plan de sécurité (G14 à G18) est important car la décision prise peut avoir pour conséquence une erreur sérieuse à l'usinage de la pièce. Que peut-on y observer? La question de Guy (G14) pourrait appeler une conceptualisation (plan de sécurité, c'est quoi?), mais par le ton, elle exprime surtout un étonnement agacé (mais qu'est-ce que cette chose que je ne connais pas?). La décision se base sur l'argument partagé suivant: on n'a jamais utilisé cette option.

G14 (...) Plan de sécurité au serrage, c'est quoi ça?

T15 Ça, je crois pas qu'on a...

G16 (Tourne brièvement la tête vers T) On a **jamais utilisé** ça, je crois

T17 Non, **on a jamais utilisé**

G18 (LAISSE 0 ET CLIQUE OK POUR INDIQUER QUE LA FENÊTRE EST COMPLÈTE).

Cette manière de présenter cet échange met en évidence comment l'accord est ici élaboré à deux: une modalisation sans contenu propositionnel explicite (T15) est reprise en G16, en utilisant les mêmes termes (on a, je crois) et complétée (jamais utilisé); l'énoncé T17 reprend le contenu de G16 "on a jamais utilisé", en abandonnant le "je crois" pour une assertion. G18 tire en acte la conclusion que si on ne l'a jamais utilisé, alors on laisse zéro. Cet échange diffère des autres, au sens où on n'a pas affaire à des couples requête-assertion, où chaque locuteur occupe un rôle distinct, mais à une coélaboration d'une proposition.

Globalement, il nous paraît que la démarche des deux élèves consiste à remplir une à une chaque cartouche (ou boîte de dialogue). La majorité des interventions vise à fournir les réponses demandées par le programme. Les prises de décision sont basées sur des assertions, dont la justesse semble évaluée, implicitement, par rapport au souvenir des procédures mises en oeuvre dans les exercices de l'année scolaire précédent le TP. Elles ne sont pas argumentées (G4, G10, G13), ce qui en rend les motivations obscures à l'observateur extérieur. Dans l'échange G14 à G18, il apparaît clairement que c'est le curriculum qui tient ici lieu de référence, et pas le programme en tant que partenaire à comprendre, ni la future situation d'usinage. Quelle règle s'y exprime indirectement: On ne prend en considération que ce qu'on a appris auparavant? L'enseignant ne demande que des choses vues auparavant? Si on ne l'a jamais utilisé, c'est que ce n'est pas important?

Sur le plan du rapport de places, Guy nous paraît occuper une position haute. Aux commandes, il joue le rôle d'intermédiaire entre le programme, dont il suit l'ordre, et ses camarades. Il opère ainsi une mainmise sur le rythme de lecture du programme et sur l'introduction des réponses. On le voit aussi évaluer la proposition de Ted (G4: $Z + 2$. Ouais, c'est bon.). En somme, c'est lui qui communique sur la valeur de la proposition et choisit ce qu'il va introduire comme réponse. Dans le passage transcrit comme dans les échanges qui le précèdent, c'est lui qui a l'air de pouvoir se reporter avec le plus d'assurance à une mémoire des procédures, qu'il manifeste par des assertions normatives: "C'est comme ça qu'on fait"; il a ainsi le plus d'influence sur la décision prise. Quant à Didier, il suit du regard ce qui se passe, mais ne s'exprime pas verbalement et aucun de ses camarades ne s'adresse directement à lui dans cet extrait.

3.4.2. Étape 2: Face au message d'erreur: réactions émotives, relationnelles et cognitives

Les élèves ont indiqué: 0; 2; 0, et -12 et profondeur au diamètre. Le programme recalcule automatiquement la profondeur du trou donnée à la pointe de l'outil, "bipe" et ne passe pas à l'étape suivante.

G20: (En regardant l'écran) Qu'est-ce qu'il me ch... !? PROFONDEUR DU TROU, qu'est-ce que c'est que cette c...?

T21: (Sur un ton légèrement agacé et en le regardant) Parce que t'as pas défini la profondeur de la pièce, on ne peut pas faire un trou sur une feuille!

G22 (A voix basse et en regardant l'écran): Ouais, c'était peut-être pas comme ça

L'énoncé G20 se prête à plusieurs interprétations. Guy s'y pose comme interlocuteur principal d'un programme qui s'adresse à lui (il *me* ch...). Il semble aussi le désigner comme responsable du problème (il ch...). Cherche-t-il ce faisant à protéger sa face? En même temps, il émet une requête d'explication.

Ted y répond, en confirmant à Guy qu'il est bien l'interlocuteur principal du programme et en le désigne comme responsable du problème (*tu n'as pas défini...*). A cet instant de leur collaboration, l'erreur n'est pas considérée comme le fait du groupe mais est rejetée sur un protagoniste. Du point de vue cognitif, il est intéressant de souligner que dans sa question, Guy avance déjà une interprétation du problème: C'est la profondeur qui ne joue pas et que Ted accepte implicitement ce point de vue en expliquant pourquoi la profondeur ne joue pas.

Comment comprendre cela? On remarque qu'en P 19, le programme donne plusieurs indications à la fois: passage de l'option "profondeur au diamètre de l'outil" à "profondeur à la pointe de l'outil", recalcul consécutif de la profondeur, et bip sonore. De fait, ce dernier signale qu'ils ont donné un plan de sécurité inférieur au plan d'approche rapide. Mais les élèves ne l'interprètent pas ainsi, puis qu'ils voient le problème dans le recalcul effectué, donc dans la profondeur des trous. Ils n'ont apparemment pas remarqué que l'option "pointe" vient remplacer "diamètre" et, à l'instar des autres groupes observés ne paraissent pas se souvenir que le programme fait ce recalcul automatiquement. Une caractéristique de l'instrument les conforte dans leur interprétation: il ne donne pas un message écrit signalant quelle est l'erreur commise, alors qu'il l'a fait à d'autres occasions.

Leur interprétation du problème va influencer sur une grande partie des tentatives de résolution conduites dans les six minutes qui suivent.

3.4.3. Étape 3: Une phase de tentatives diverses

Pendant six minutes, Guy, Ted et, dans une moindre mesure, Didier, s'engagent dans une intense recherche de solution: Sans compter l'exploration systématique des menus menée à deux reprises par Guy, ils effectuent, sans succès, neuf différentes opérations sur le programme. Les conduites de recherche⁶ montrent une variété certaine: vérifications et modifications d'affichage de la pièce; modifications d'options de perçage, consultation de menus et de l'aide du programme.

Durant cette phase, Ted prend une place plus importante: c'est maintenant lui qui amène la majorité des propositions et Guy le suit. Par ailleurs, les dialogues silencieux de ce dernier avec le programme ne conviennent pas à Ted, qui l'interrompt par deux fois et lui demande ce qu'il fait. Didier, lui, s'éloigne un moment et quand, à son retour, il se permet une remarque sur ce qu'il faudrait faire, Guy le reprend vertement.

6) La transcription de cette longue phase n'est pas restituée ici pour des questions évidentes de place.

Ted suggère également des modifications, qui portent sur une option adoptée auparavant dans le doute et sur une seconde option dictée auparavant par Guy, sans justification (G10). Celui-ci accepte sans autre ces remises en cause de ses choix, ce qui nous laisse perplexes. Est-ce que cela révélerait la fragilité des décisions prises, c'est-à-dire des connaissances et de l'accord qui les sous-tendaient? Ou faut-il y reconnaître cette propension à la démarche d'essai-erreur, souvent décrite chez les personnes habituées à profiter des possibilités de modifications offertes par les instruments informatiques?

3.4.4. Étape 4: Tenants et aboutissants d'une décision essentielle

T1 Essaie voir de remplir le champ où il y a des 0 *< dans la fenêtre concernant les plans de travail de l'outil >*. Tu mets des valeurs-bidon, pour voir s'il accepte. S'il accepte ça veut dire qu'on a oublié de mettre une cote *< il y a un des plans où il faut mettre autre chose que 0 >*.

T16 (Étonné, ricane et s'adresse à D): On met des 0 partout, ça marche! Elle hallucine!

- G17 (Se gratte la tête, passe d'une case à l'autre avec le pointeur. Alors qu'il est sur "Fond du trou").
- T18 Essaie de mettre du -20 (accentue le "moins"), euh, du -12, pis va voir sur le diamètre aussi.
- G19 Il exécute les propositions de T.
- P20 Accepte: Passe à la fenêtre suivante
- T21 Bon. C'est juste l'AVANCE RAPIDE qu'il faut voir, normalement c'est à +2
- G22 On met pas d'AVANCE RAPIDE, allez!
- T23 Non mais, eh, si on est en dessus (geste d'une main pointant contre le bas vers l'autre main à plat) ...
- G24 Ouaf! (balance la main pour signifier "laisse tomber")
- T25 Non, ça va pas aller, faut essayer d'avancer rapidement
- G26 On avancera pas rapide, c'est tout
- T27 Bon, vas-y!

Du point de vue de la collaboration, on remarque que jusqu'à G19, Ted mène la manoeuvre. En effet, les enchaînements de tours de parole T1-G2, T3-G4, T6-G7 et T18-G19 montrent que les suggestions ou ordres qu'il avance sont suivis par Guy. Il se confirme ici que Ted endosse régulièrement le rôle de "proposateur". Ne pouvant comme Guy explorer les menus à la recherche d'idées, il paraît plus libre d'élaborer des suggestions qui ne sont pas directement liées à ce que montre l'écran. En G14, on voit à nouveau Guy modifier silencieusement des valeurs, mais Ted, qui l'observe, commente la réaction du programme et dirige l'action suivante. L'échange T21 à T27 voit un désaccord être résolu, au moment où Ted accepte le point de vue de Guy.

Quelle solution construisent-ils? En T1, Ted finit par prendre en considération les valeurs données et propose un test pour vérifier s'il leur faut remplacer un des 0 par une autre valeur ("si on a oublié une cote"). Qu'il propose de mettre des valeurs quelconques et s'étonne ensuite du refus du programme est révélateur d'un aspect important de sa représentation du problème: il considère chaque plan comme une unité indépendante, telle qu'elle apparaît à l'écran, et non comme une étape d'un trajet descendant de l'outil où les valeurs sont liées entre elles dans un ordre décroissant, comme dans la situation d'usinage réelle. En l'occurrence, le programme, qui ne propose pas de valeurs par défaut et n'affiche pas un message d'erreur concernant le plan de sécurité, vient le renforcer dans son erreur.

Après P12 qui signifie l'échec de la proposition T1, Guy paraît aussi se livrer à un test en mettant des zéro partout, mais son test porte sur les réactions du programme; ils s'aperçoivent ainsi que ce dernier accepte des solutions incorrectes du point de vue de cet usinage (profondeur de perçage nulle). Ils adoptent alors la tactique suivante: partant d'une solution acceptée par le programme (0 partout), ils rajoutent ce qui est nécessaire au

perçage (la profondeur de -12), cote dont l'évidence ne soulève pas de discussion. Ici, apparemment, leur but devient: donner au programme une solution qu'il accepte. Néanmoins, à la fin, Ted revient à d'autres considérations: il indique qu'il faut encore donner une valeur à l'avance rapide et évoque de mémoire une procédure: "Normalement, c'est +2". Se heurtant au refus de Guy, guère impressionné par cette invocation d'une norme, il défend son idée en évoquant, verbalement et gestuellement, la situation d'usinage, puis en précisant l'action qu'il s'agit de mener: avancer rapidement, en appuyant son idée par un directif impersonnel (il faut) et en mentionnant la conséquence générale de l'option de Guy: "ça va pas aller". En G26, Guy persiste: "on n'avancera pas rapide, c'est tout", que nous interprétons ainsi: ce n'est pas une erreur de ne pas avancer rapidement, de plus ce n'est pas important d'avancer rapidement. Et Ted obtempère, abandonnant momentanément son objectif, soit l'obtention d'un programme d'usinage le plus court possible.

Finalement, le programme accepte leur solution et les élèves s'estiment ainsi tirés d'affaire, oubliant ce qu'ils ont constaté plus haut, à savoir que le programme peut admettre des solutions posant des problèmes à l'usinage. Effectivement, comme ils adopteront les mêmes valeurs pour les autres usinages, dans toutes les opérations effectuées directement à partir de la surface de la pièce et non au fond d'une poche existante, leur pièce sera rayée par l'outil, faute d'avoir donné des valeurs positives au plan de sécurité et à l'avance rapide.

3.4.5. Synthèse du groupe 3

Quelles sont les caractéristiques principales de l'interaction étudiée ici? Quelles sont les démarches de travail et de résolution des élèves? Comment collaborent-ils? Quels raisonnements mettent-ils en oeuvre?

A. Modes de collaboration

Le mode de collaboration mis en oeuvre dans la phase analysée met largement de côté un des protagonistes. Ici intervient probablement une histoire relationnelle qui échappe à notre connaissance. Mais la dynamique présente du groupe joue aussi un rôle et on voit, ailleurs durant ce TP, Didier entrer en discussion avec Guy lorsque Ted s'absente. Très concrètement, la position excentrée et éloignée de l'écran de Didier contribue à l'effacement de son rôle.

La transcription montre par contre des échanges soutenus entre Ted, Guy et le programme. Ce trilogue voit l'expression d'une multiplicité de propositions et de tentatives de résolution. De fait, l'essentiel des inputs donnés au programme et des décisions font l'objet d'un échange entre les deux élèves.

Ce constat nous amène à évoquer des formes d'autorégulation de la collaboration. S'il n'y a pas de mise au point préalable, des tâches sont néanmoins (auto)-attribuées, des rôles adoptés et, de fait, des règles et des attentes régulent les échanges et l'engagement relatif de chacun. Comme on vient de le préciser, la majorité des décisions sont discutées; de plus, on voit par deux fois Ted et Didier couper le dialogue solitaire entre Guy et le programme pour lui demander d'explicitier ce qu'il cherche. Un certain partage des

recherches est de rigueur. Autour de Didier se révèlent plusieurs fois des attentes en matière de collaboration. Ainsi, lorsque celui-ci, après une absence momentanée, revient et lance à brûle-pourpoint que "il faut faire les usinages maintenant", Guy, par son ton agacé, lui fait bien comprendre que de ne pas participer momentanément est toléré, à condition de s'abstenir de commentaires! Un peu plus tard, Ted, sous forme de plaisanterie, lui fait remarquer son absence et s'inquiète du rapport de TP, dont Didier est responsable. En somme, si un engagement moindre est toléré, il l'est dans certaines limites. Ces règles assurent donc une certaine équité: les décisions et recherches doivent plutôt être partagées et chacun doit faire quelque chose - n'oublions pas que la note obtenue est la même pour tous! Mais elles ne garantissent pas une pleine participation de chacun.

Des rôles et des places s'instaurent et évoluent partiellement. Dans la première séquence, Guy domine le rythme de lecture de l'écran et d'introduction des réponses, tout en consultant son voisin. Puis le programme donne un message d'erreur et dans la séquence d'essais divers qui suit, Ted, assisté un moment de Didier, émet l'essentiel des propositions et impulse son rythme à la recherche de solution. Guy le suit, mais ne perd pas tout contrôle: quand il le peut, il s'oppose à certaines propositions en invoquant des procédures connues: "c'est comme ça qu'on fait"; il oriente aussi la décision finale en fonction de son appréciation de ce qui est important.

Par contre, tout au long de la phase étudiée et tout au long du TP, Guy garde les commandes de l'ordinateur et joue ainsi le rôle d'intermédiaire entre le programme et le groupe. Blaye, Light et Rubstov remarquaient (1992: 259) que l'utilisateur de la souris prend en charge l'entrée des inputs, ce qui laisse à l'autre élève les rôles potentiels de navigateur, de commentateur ou de stratège. Effectivement, dans la phase de résolution du problème, Guy utilise la souris pour parcourir les menus, alors que Ted paraît plus libre d'avancer des propositions et des hypothèses. Sur le plan des rapports de pouvoir, cette accaparement de la part de Guy, comme sa tendance à dicter le rythme d'exécution, semble ne pas convenir à Ted, qui, on l'a vu dans la première séquence, tente de rompre cette dynamique. Le ton utilisé, l'accusation qu'il porte en T21 et la plainte qu'il exprimera plus tard ("On ne m'écoute jamais") révèlent son insatisfaction. Globalement, l'interaction se déroule dans un climat parfois tendu et les élèves montrent une attitude défensive.

B. Démarches de travail, représentation du problème et mode de résolution

Les élèves passent directement à l'action, une fois prises les décisions concernant le type d'usinage à mener, le matériau et l'outil à choisir. Ils suivent l'ordre du programme, en remplissant une à une les boîtes de dialogues et les fenêtres, dans la succession imposée par le programme. Ils puisent dans leurs souvenirs des exercices passés pour proposer des réponses, les évaluer, ainsi que pour juger si tel aspect a ou non été abordé dans leur curriculum. On a ainsi remarqué que des arguments tels que: "c'est comme ça qu'on fait" et "ça on l'a jamais utilisé" motivaient certaines décisions; mais, au-delà de l'usage de

connaissances acquises, est-ce que ces propos n'expriment pas une règle du jeu, scolaire, telle que: "il n'y a pas de réponses que je ne sois censé faire que l'on ne m'ait appris"?

Confrontés à un message d'erreur, ils établissent un diagnostic (le problème, c'est la profondeur des trous) qui ne fait pas l'objet d'une discussion et repose sur une lecture partielle de l'écran. Être trois n'empêche pas de laisser de côté des informations, et les élèves se focalisent sur un seul indice: le changement de profondeur. A vrai dire, le programme ne les aide pas, car son message prête à confusion: le bip d'erreur est émis simultanément au changement de profondeur et n'est pas accompagné d'un message sur la nature de ce qu'il signale. Les élèves fournissent à partir de là un diagnostic qui les détourne définitivement d'une lecture plus attentive de l'écran, à savoir que leur profondeur est refusée parce que Guy n'a pas défini de hauteur pour la pièce.

A partir de cette interprétation partagée de la situation, ils utilisent plusieurs tactiques. Ils vérifient si certaines conditions concernant la hauteur de la pièce sont remplies. Puis, devant l'échec, ils abandonnent leur diagnostic initial et tentent l'essai-erreur, modifiant notamment des choix antécédent. Guy consulte aussi les menus du programme, avec une rapidité qui montre son habitude en la matière.

Pour une part, leur but consiste à ce que le programme accepte leurs réponses. On le perçoit à leurs commentaires: "Mais pourquoi il ne veut pas?" (durant la phase d'essais divers) et à leur démarche durant la décision finale. Ce comportement a été déjà remarqué chez un autre groupe et il paraît intéressant d'en étudier les conditions d'émergence et de variation. Ici, il apparaît notamment alors que les élèves ne relient que faiblement la situation à gérer au niveau du programme avec celle de l'usinage et avec les conséquences de leurs choix. Le seul indice d'un lien est le geste de Ted en T25, qui figure l'outil au-dessus de la pièce. Tout se passe comme si l'instrument médiatisant leur action venait occuper le devant de la scène, au détriment du but qu'il devrait servir. Rappelons à ce propos que leur expérience en matière d'usinage reste faible. De plus, ils n'emploient pas l'outil qui leur permettrait de se représenter la concrétisation de leurs efforts, à savoir les différentes possibilités de simulation (visualisation) offertes par le programme. Enfin, ils ne recourent pas à l'aide de l'enseignant.

En observant l'usinage du groupe qui les précède, les élèves vont commencer à se rendre compte de leur erreur et de la nécessité de donner une valeur positive au plan de sécurité et à l'approche rapide. Mais, par lassitude ou par négligence, ils ne tenteront pas de corriger leur programme, en commentant: "Bah, s'il y a de la casse, on s'en fout"! Ils voient donc leur pièce être rayée par la fraise. Assistant ainsi aux conséquences de leurs erreurs, on peut aisément faire l'hypothèse qu'ils en apprennent plus sur la situation-problème que les élèves des groupes 1 et 4, qui ont abouti par remémoration à la bonne solution, sans pour autant avoir montré une pleine compréhension de ce que représentent les différents plans. D'ailleurs, en entretien, Didier et Ted deviendront capables d'évoquer la bonne démarche: "Il aurait fallu se demander ce qu'était le plan de sécurité et se représenter qu'est-ce que ça voulait dire pour la pièce".

3.5. Groupe 4: un trio explosif

Ce groupe est composé de trois élèves, Carlo, René et Manu. Les deux premiers suivent la filière “exploitation et productique” et le dernier celle de “construction mécanique”. Ils ont tous une formation de mécanicien.

Après environ trois-quarts d'heure de travail, les trois élèves entament l'usinage d'une poche circulaire. Les 59 premières interventions concernent le choix du mode d'usinage. Nous décrivons ici des aspects du mode de collaboration que les élèves mettent en place à ce moment, plutôt que les raisonnements élaborés, qui ne concernent pas le problème principal dont nous traitons.

3.5.1. Comment usiner une poche?

Manu est assis face à l'ordinateur, Carlo est à sa droite et René à sa gauche. L'ambiance est relativement tendue et Manu vient de se plaindre que le groupe ne sait pas ce qu'il se veut. Alors qu'il s'apprête à passer à l'action, René réclame qu'ils se mettent d'accord, ce que Carlo traduit en actes en indiquant à Manu quelle forme usiner - la poche circulaire - et avec quel outil - la fraise de 8 millimètres. On assiste ensuite à une alternance de position dominante entre Manu et Carlo.

En effet, ce dernier commence par indiquer à Manu ce qu'il faut faire en lui donnant des ordres. Mais lorsqu'il se préoccupe d'un élément sans importance, ce que les deux autres lui font remarquer, Manu, pressé et agacé, reprend aussitôt les rênes: “ça sert à rien de toute, façon, je te dis, je vais pas t'expliquer maintenant. Maintenant tu fais DIRECTION D'OUTIL”. Il continue de donner des ordres, auxquels Carlo obéit; puis ce dernier prend une décision de lui-même, ce qui provoque l'ire de son camarade. Une fois la fenêtre DIRECTION D'OUTIL remplie, Carlo veut reprendre l'initiative, mais il oublie toute une étape et Manu le contredit, soutenu par René.

Jusqu'à présent, les élèves assertent des points de vue et donnent des ordres, sans avancer d'argumentation.

Alors que Manu et Carlo s'opposent sur la décision de ne faire qu'une ébauche ou de faire une ébauche et une finition, René introduit une alternative, usiner la forme à l'aide de la fonction “poche”, en s'y reprenant à deux fois pour se faire entendre. Carlo le questionne sur ce choix (“Mais la poche, c'est à l'intérieur”, et paraît se satisfaire de la réponse de René (“Justement, c'est bon”). Manu soutient ce dernier et ils poursuivent sur cette voie.

Ensuite, Manu, qui a repris les commandes (?), sollicite avec impatience ses collègues sur les réponses à donner et René lui répond. Puis les deux élèves perplexes, s'interrogent sur une des options en jeu. Mais leur réflexion est interrompue par Carlo, qui détourne leur attention sur un élément extérieur (les vibrations de la caméra). Quand Manu se pose une ultime question concernant la poche, Carlo, après une brève réflexion l'incite à laisser les options par défaut sans trop y réfléchir (“OK! Elle est comme ça! C'est en ordre!”) et Manu lui obéit.

L'ambiance est relativement tendue - il faut avancer - et les propositions et contre-propositions ne font pas l'objet d'argumentation ou de discussion étayée.

APS ouvre alors la fenêtre où il s'agit de donner des valeurs aux différents plans de descente de l'outil vers la pièce, ainsi qu'à la profondeur de la poche à fraiser.

Ici, nous découpons la transcription en fonction des décisions prises pour chaque plan et analyserons la démarche de travail et de résolution des élèves, dans ses aspects pratiques, cognitifs et collaboratifs.

3.5.2. Répondre...: une démarche rétrospective

R60 PLAN DE SÉCURITÉ, Z 2.

C61 PLAN DE SÉCURITÉ, pourquoi z?

M62 PLAN DE SÉCURITÉ tu sais, c'est euh//

C63 Mais on sait pas nous!//

M64 C'est l'approche comme ça (il fait le geste de l'outil qui descend).

R65 Ouais, L'APPROCHE RAPIDE

M66 Il faut mettre à 1.

R67 1 ou 2 c'est égal.

C68

Tape 2 au PLAN DE SÉCURITÉ

René propose d'emblée une valeur pour le plan de sécurité, mais Carlo demande une explication sur ce que signifie Z. Manu tente d'y répondre, hésitant, mais il est coupé par la protestation de Carlo à l'égard des exigences du TP: "Mais on ne sait pas nous!". Manu avance tout de même une définition du plan de sécurité, en figurant de la main l'outil qui descend et en utilisant le terme d'approche, que reprend René, qui identifie alors plan de sécurité à approche rapide. Sur ce, Manu émet à nouveau un directif: "Il faut mettre 1" et René avance, prudemment, une alternative: 1 ou 2. Carlo choisit 2 et initie le traitement du point suivant, la surface de référence, en lisant la ligne suivante apparaissant à l'écran sur un ton interrogateur.

C69 (Il lit): SURFACE DE RÉFÉRENCE...

R70 0, c'est juste.

C71 C'est bon!

M72

Laisse 0 à la SURFACE DE
RÉFÉRENCE

René satisfait sa requête en affirmant que le 0 existant est la bonne réponse. Son avis est accepté sans discussion et Carlo lance à nouveau l'étape suivante, l'approche rapide. A ce moment, Manu revient sur la décision concernant le plan de sécurité et propose à nouveau sa réponse (1), cette fois en la soutenant d'un argument: Il faut gagner du temps d'usinage. Ses camarades acceptent de changer le plan de sécurité, qui passe de 2 à 1 mm.

C73 APPROCHE RAPIDE...

M74 Ouais, mais PLAN DE SÉCURITÉ, on met 1, on gagne du temps!

R75 Ah ouais, alors on met 1.

C76 Alors uno! Il tape 1 au PLAN DE SÉCURITÉ

Ensuite, René reprend la question de l'approche rapide:

R77 APPROCHE RAPIDE...

C78 C'était quoi déjà ça?

R79 1 aussi. Ben c'est jusqu'où tu vas (Il fait un geste rapide de la main).

C80 Il entre 1

C81 Après, non, on va plus loin, eh attends, non, non, APPROCHE RAPIDE on met 10!
Il entre 10

M82 C'est combien ça?

R83 Tu te mets jusqu'à 10 mm et après ça va en avance de travail!? Ca met du temps alors après!

C84 Efface le 10 et tape 1 au PLAN DE SÉCURITÉ

M85 Parce que PLAN DE SÉCURITÉ ça veut dire quoi ça?

R86 Ca j'sais pas!

M87 C'est pas pour le fond?

C88 Sécurité de référence. Non, SURFACE DE RÉFÉRENCE c'est 0, c'est juste.

R89 (Pour lui-même) PLAN DE SÉCURITÉ...

R90 Ouais...

Carlo interroge à nouveau René: "C'était quoi ça déjà?" et ce dernier répond par une valeur à donner et par une explication qui, alliant le geste et la parole amène la notion de plan jusqu'où va l'outil et celle de rapidité. Carlo acquiesce en introduisant la réponse proposée par René, mais il se ravise et propose "d'aller plus loin" et de mettre 10 (il tape d'ailleurs ce chiffre). Cette proposition montre qu'il ne comprend pas les valeurs données comme une distance entre la surface de référence (soit la pièce) et le plan jusqu'où descend

l'outil, mais comme une distance calculée à partir d'un point de départ de l'outil jusqu'à plan situé plus bas vers la pièce. René s'étonne: "Tu te mets jusqu'à 10 mm et après ça va en avance de travail!? Ca met du temps alors, après!". Sa réponse manifeste qu'il a compris qu'après l'approche rapide, l'outil descend en avance de travail et que la valeur donnée à l'approche rapide influence la rapidité de l'usinage. Carlo obtempère par l'action, mais on ne sait s'il a compris le contenu discuté. Manu revient alors pour la seconde fois sur le plan de sécurité, en demandant cette fois ce que ce terme veut dire. René avoue son ignorance et M interroge: "C'est pas pour le fond?", confondant apparemment plan de sécurité et profondeur de coupe. René s'interroge comme pour lui-même, mais Carlo interrompt une nouvelle fois leur réflexion en incitant à poursuivre sur la profondeur de coupe.

- C91 PROFONDEUR DE COUPE, on va à fond, direct, profondeur de sept!
- R92 Allez!
- M93 Non, non, attends, il y a les ... (il se penche sur les consignes)
- R94 Il faut voir sur le dessin. (Il lit): "Maximum en profondeur". Voilà! "On laissera les vitesses de coupe proposées et la passe maxi en profondeur sera de 5".
- C95 5. Il tape 5
- C96 C'est bon!
- C97 (Il lit): NOMBRE DE PASSES...
- R98 NOMBRE DE PASSES...
- C99 NOMBRE DE PASSES: une
- C100 (Il lit) PROFONDEUR DE PASSE: constante, code: linéaire.
- Il laisse ces options par défaut
- M101 OK! Il clique OK
- C102 OK!

Cette fois, Carlo propose lui-même une réponse (7 millimètres), que René soutient; mais Manu s'oppose et attire leur attention sur les consignes. Ils découvrent la contrainte concernant la profondeur maximum par passe (5). Il est intéressant de relever qu'au lieu de garder la profondeur de poche de 7 et de d'indiquer un fraisage en deux passes, ils corrigent la profondeur à 5 et gardent une seule passe. Est-ce que cela découle de l'indication de René: "Il faut voir sur le dessin", dessin où sont données les cotes des formes à usiner? Enfin, Carlo conclut le traitement de la fenêtre en jeu en gardant les options proposées par défaut, avec l'acquiescement tacite de ses camarades.

- | | |
|--|--|
| Plan de sécurité: Z = 1 (initialement 2) | Approche rapide: Z = 1 (initialement.10) |
| Surface de référence: Z = 0 | Profondeur de coupe: Z = 5 |
| Nombre de passe: 1 | Profondeur de passe : constante |
| Code CN: linéaire | |

Du point de vue de leur démarche de travail, on remarquera que les élèves abordent cette deuxième phase sans planification, mais en commençant d'emblée à remplir la première boîte de dialogue (cartouche). Comme les autres groupes, ils suivent l'ordre donné par le programme et pour chaque plan, ils montrent cette tendance à fournir directement une réponse. Certes, ils s'interrogent sur les notions en jeu. Néanmoins, aucune des réponses initialement choisies n'est soutenue d'un argument ou ne fait l'objet d'une discussion. Les réflexions et remises en question interviennent toujours en un second temps. De ce point de vue, le chemin que le groupe emprunte, sous l'impulsion de Manu, pour attribuer une réponse au plan de sécurité et comprendre ce dont il s'agit, mérite qu'on y prête attention:

- Manu propose d'emblée une valeur.
- Carlo demande une explication et reçoit une réponse relativement vague de René et Manu.
- Ces deux proposent chacun une valeur différente, sans argumentation.
- Carlo choisit celle de René, sans expliquer pourquoi.
- Manu revient plus tard sur ce point et repropose son idée, en l'argumentant et elle est acceptée.
- Encore plus loin, alors qu'ils traitent de l'approche rapide, dont René donne une définition proche de celle proposée pour le plan de sécurité et à laquelle ils attribuent la même valeur, Manu demande finalement à quoi correspond ce dernier. René avoue qu'il n'en sait rien et Carlo ne suit pas la discussion, voire la coupe pour passer plus loin.

L'aspect rétrospectif de la démarche saute aux yeux. En somme, il semble qu'ils prennent des décisions sans avoir bien compris ce qui est en jeu ou sans avoir été convaincu par la proposition de l'autre. Les exercices passés leur ont probablement laissé quelques souvenirs, à partir desquels ils proposent des solutions et cela leur permet d'avancer sans avoir vraiment compris ce qui était en jeu. Lorsqu'ils passent à la suite, de nouveaux éléments d'information, de nouvelles définitions à donner suscitent, chez l'un d'entre eux au moins, des interrogations et des remises en cause de ces choix initiaux. C'est Manu, en l'occurrence, qui, malgré le stress manifeste qu'ils vivent, tient à comprendre ce qui se passe et à défendre ses choix, quitte à devoir revenir en arrière.

A divers degré, chacun s'implique pour qu'ils parviennent à la bonne solution, en corrigeant les propositions d'autrui. Mais ils sont peut-être trop soucieux d'avancer pour réellement tenter de comprendre ce qui est en jeu et se disent probablement qu'il faut essayer et que s'il y a un problème, le programme le signalera.

Quels indices a-t-on des représentations qu'ils développent du problème en jeu? Manu et René, par les explications qu'ils donnent et surtout par leurs gestes, montrent qu'ils relient les indications à donner à l'écran avec la situation d'usinage, plus précisément avec le trajet descendant de l'outil vers la pièce. Contrairement à Carlo, qui pense les distances à partir d'un zéro qui serait le point de départ de l'outil, René semble avoir une idée correcte de l'approche rapide, mais aucun d'entre eux ne peut dire exactement ce qu'est le

plan de sécurité. Pour quelles raisons avancent-ils alors les valeurs 1 et 2? Par référence à une mémoire des exercices passés? Parce qu'ils ont l'intuition de ce que représente le plan de sécurité, même s'ils ne peuvent en donner une définition? Manu et René sont en tout cas conscients que la valeur attribuée au plan de sécurité influence la rapidité de l'usinage, mais on n'en sait guère plus.

Par rapport aux exigences du TP, on notera que les élèves, en particulier René et Manu, ont intégré la nécessité de programmer un usinage court.

Quels rôles chaque élève occupe-t-il dans la démarche de travail et comment collaborent-ils? On observe que c'est Carlo qui tape les valeurs choisies dans le programme et Manu qui tient la souris. Carlo introduit les valeurs en annonçant la réponse choisie ou après discussion avec ses camarades, sauf en C68. En alternance avec René, il initie les questions à traiter et c'est lui qui les clôt. Il a peu de solutions à proposer et pose d'ailleurs des questions qui montrent son peu de connaissance du problème à traiter et son désir d'en savoir plus. En même temps, il paraît à la hâte et accepte sans commentaire les réponses proposées, malgré leur flou. Son impatience le pousse même à interrompre les tentatives de réflexions de ses camarades (C91). Les deux valeurs qu'il propose (10 à l'approche rapide et 7 à la profondeur) sont correctement remises en cause (82-85; C92), ce qui confirme sa faible expertise. Il semble d'ailleurs en être conscient et fait confiance à autrui, en l'occurrence à René, dont il suit l'avis sans discussion à cinq reprises (67-68, 70-71, 75-76, 80-81, 85-86) sur sept décisions concernant les valeurs à donner.

René répond, propose et énonce, bien plus qu'il ne pose de questions. Il transmet à Carlo la réponse à donner, soit en répond directement à des questions qui lui sont adressées (C69-R70), soit en reprenant des propositions de Manu, pour acquiescer et éventuellement les compléter ou les préciser (M64-R67 et M74-R75). Au chapitre de leur mode de prise de décision, on notera ainsi que si par deux fois Manu intervient de manière déterminante, c'est René qui reprend son idée et relaie sa proposition pour C, qui l'effectue. S'exprimant sur un ton posé, corrigeant les propositions de ses collègues avec un certain tact, il semble en confiance et semble s'appuyer sur sa mémoire des procédures apprises, mémoire d'ailleurs incomplète. On a vu que Carlo se fie à lui.

Manu, légèrement plus réservé, répond également, par deux fois, aux questions de Carlo et lui donne des ordres. Il pose aussi des questions, deux sur trois étant adressées à René, ce qui confirme la confiance mise en ce dernier. On a vu le rôle que Manu a joué dans la prise de décision par étape au sujet du plan de sécurité: n'hésitant pas à revenir en arrière, il a proposé une alternative, puis posé une question conceptuelle. En 94 aussi, il arrête Carlo, comme il l'avait déjà fait dans la première phase, pour le rediriger vers la bonne voie. Il montre un mélange d'assurance, dans le ton utilisé pour intervenir, et d'incertitude, perceptible dans les questions qu'il (se) pose et dans une certaine agitation.

3.5.3. Face aux messages d'erreur: tâtonnements et remémoration

Suite aux réponses données par les élèves, APS affiche le message d'erreur que nous connaissons - qui est faux, comme on l'a déjà vu (< à la place de >).

APS103 La surface de référence doit être =
ou < hauteur de coupe

M104 (Il lit) La surface de référence doit être ou hauteur de coupe//

R105 Doit être égale ou plus petit //

M106 Voilà!

M107 Clique OK

APS108 Le message disparaît et l'écran
précédent réapparaît

R109 ...que la hauteur de coupe.

M110 Bon je refais OK. Clique OK (pour faire réapparaître
le message)

R111 (Il lit) Doit être égal ou plus petit, que la hauteur de coupe.

M112 Clique OK

APS113 Le message disparaît, l'écran
revient sur la fenêtre précédente

M114 On met 0 (*au plan de sécurité*). C'est ça! SURFACE DE RÉFÉRENCE, il a dit?

R115 Ouais.

C116 Ouais.

C117 On doit voir, essaie!

M118 Tape 0 au PLAN DE SÉCURITÉ.
Clique OK

Manu commence par lire le message à la hâte et de manière lacunaire et René complète sa lecture; presque simultanément Manu fait disparaître le message d'erreur, coupant ainsi son camarade, puis le réaffiche et René termine. Manu propose alors immédiatement de modifier le plan de sécurité, pour revenir aussitôt au contenu du message d'APS, qu'il n'est pas sûr d'avoir compris. Ses camarades confirment qu'il a bien lu: il s'agit de surface de référence. Ils acceptent aussi sa proposition concernant le plan de sécurité, malgré ses hésitations, en argumentant que: "On doit bien voir, essaie!" (Carlo).

On constate donc qu'ils adoptent au départ une démarche d'essai-erreur et que la modification qu'ils tentent ne touche pas les deux plans en jeu dans le message, mais le plan de sécurité. Pourquoi cela? On a vu auparavant que Manu et René n'avait pu définir

ce que représentait ce plan. Est-ce que cette incertitude les pousse à modifier justement ce paramètre?

Ils modifient donc les réponses de la manière suivante:

Plan de sécurité $Z = 1$ devient 0	Approche rapide $Z = 1$
Surface de référence $Z = 0$	Profondeur de coupe $Z = 5$
Nombre de passes = 1	Profondeur de passe: constante
Code CN: linéaire	

Ils reçoivent alors un autre message d'erreur:

APS119 Le plan de sécurité doit être = ou < à l'approche rapide;
la surface de référence doit être = ou < à la profondeur de coupe

M120 (Il lit): Plan de sécurité doit être (?) à approche rapide.

R121 Égal.

M122 Alors là, il faut remettre 1...

Tape 1 au PLAN DE SÉCURITÉ

M123 ...Ici!

Tape 1 à SURFACE DE
RÉFÉRENCE et clique OK

Manu le lit partiellement le message et René en reprend un élément ("égal"), à partir duquel Manu conclut ("alors là") qu'il faut remettre 1 au plan de sécurité, probablement pour qu'il soit effectivement égal à l'approche rapide.

Ce qui mérite d'être relevé, c'est la focalisation de René: il ignore la partie du message qui pose problème, soit le signe "plus petit que" et ne reprend que celle qui est plausible ("égal"). Est-ce un indice que sa représentation du problème, bien que floue, est suffisamment correcte pour l'induire à mettre de côté cette information dissonante?

Cette fois, la première partie du message, concernant les deux plans d'approche, a été prise en compte. Quant à la seconde partie du problème, Manu la traite en changeant la valeur attribuée à la surface de référence, qui passe de 0 à 1, ceci sans argumentation et sans consulter ses collègues, qui ne réagissent pas. Quelles raisons motivent cette modification? Agit-il simplement "pour voir"?

Plan de sécurité $Z = 1$	Approche rapide $Z = 1$
Surface de référence $Z = 1$	Profondeur de coupe $Z = 5$
Nombre de passe = 1	Profondeur de passe: constante
Code CN: linéaire	

APS accepte les réponses concernant les deux premiers plans, mais délivre le même message sur le rapport entre surface de référence et profondeur:

APS124 La surface de référence doit être = ou < à la hauteur de coupe

M125 (Il lit): Égal...

R126 (Lit la fin du message): égal ou plus petit que la hauteur de coupe. Ah, il doit pas être à -5, c'est ça qu'on mettait, -, la profondeur?

C135 Il tape -5 à la SURFACE DE RÉFÉRENCE et laisse 5 à PROFONDEUR DE COUPE, clique OK

R127 PROFONDEUR DE COUPE, c'est z -5!

APS128 Le plan de sécurité doit être = ou < que l'approche rapide

R129 Profondeur, Z -5. C'est ça, c'est la PROFONDEUR DE COUPE qui est -5!

M130 (à C): Ca tu remets 0, et là tu mets -5 (il pointe du doigt sur l'écran les bons endroits)!

C131 Tape 0 à la SURFACE DE RÉFÉRENCE et -5 à la PROFONDEUR. Clique OK

APS132 Passe à la fenêtre suivante

René, qui prend à nouveau soin de lire le message à haute voix et complètement, propose alors une solution: "Ah, il doit pas être à -5? C'est ça qu'on mettait, moins, à la profondeur?"

Par son usage de l'imparfait et du pronom impersonnel "on", René montre qu'il se réfère à une convention apprise dans les exercices dans l'an passé.

Carlo adopte tacitement cette idée, mais se trompe et inscrit -5 à la surface de référence, plutôt qu'à la profondeur. Ses camarades le corrigent et Manu lui ordonne aussi de remettre 0 à la surface de référence, revenant en arrière sur ce point.

Ils ont donc:

Plan de sécurité Z = 1

Approche rapide Z = 1

Surface de référence Z = 0

Profondeur de coupe Z = -5

Nombre de passe = 1

Profondeur de passe: constante

Code CN: linéaire

APS accepte alors leurs indications en passant à la fenêtre suivante. Ils soupirent de soulagement et attaquent la suite.

Au plan de leur démarche de résolution durant cette phase, les élèves travaillent dans une grande hâte. Ils passent tout de suite à l'action, modifiant un paramètre qui n'est pas mentionné dans le message d'erreur, "pour voir" et pour des raisons qui ne sont pas entièrement claires. Ils introduisent alors une nouvelle erreur, au plan de sécurité. Ils lisent le second message d'erreur à deux, en se focalisant sur un élément du message, peut-être dans un effort non conscient d'ignorer l'absurdité de l'autre élément. Cette lecture leur permet de corriger ce premier tir en revenant à la valeur choisie initialement pour le plan de sécurité. Ils persistent dans le tâtonnement, avec Manu (M131), qui prend une initiative sans en discuter et introduit d'ailleurs une erreur. Après avoir relu attentivement le troisième message d'erreur, René évoque le souvenir de la convention (le signe "moins") apprise, qui mène à la bonne solution. Qu'est-ce qui a provoqué cette remémoration? Est-ce la lecture répétée du message d'erreur? On peut en douter car celui-ci est faux. Est-ce l'élimination par l'erreur d'autres solutions?

Au plan de la collaboration, les rôles changent. On observe une complémentarité entre Manu, qui lit les messages de manière incomplète et René, attentif, qui vient compléter sa lecture (R113, 117, 119, 129, 134). C'est Manu qui prend les initiatives des premières propositions (M122, 130, 131) et donne le rythme, alors que Carlo, après son premier encouragement au tâtonnement (C125), reste muet. Par contre, il prend le clavier en mains, mais sous les ordres de Manu.

Est-ce que leur représentation du problème change? Par les gestes et les bribes d'explications qu'ils avaient montré dans la phase précédente, on pouvait croire qu'ils tiraient bien un lien entre les différentes valeurs à fournir et le trajet descendant de l'outil. Mais ils ne parvenaient pas à donner de définition du plan de sécurité. C'est justement sur ce plan qu'ils reviennent et s'achoppent maintenant et la solution qu'ils tentent induit à conclure qu'ils n'ont toujours pas compris de quoi il s'agissait. Il demeure difficile d'en dire davantage, vu l'absence d'argumentation. L'erreur contenue dans le message du programme ne rend que plus ardue la compréhension de leur démarche.

Environ une heure plus tard, les élèves s'achoppent à nouveau à ce problème. Qu'advient-il alors? Peut-on observer un progrès dans la manière dont ils y font face?

3.5.4. Face à un problème semblable: toujours en difficulté

Les élèves veulent percer les cinq trous au fond d'une poche circulaire dont l'usinage est déjà programmé (Cf. pt. 3.1. pour la technique en question). Ils choisissent les plans de travail de l'outil. Apparaît alors un message d'erreur, suivis de divers essais de résolution, qui durent environ deux minutes.

Carlo est au clavier et à la souris. Les élèves sont surexcités et la confusion qui règne rendant la transcription hasardeuse, nous nous bornerons à résumer les tentatives menées jusque-là en indiquant les essais des élèves et les commentaires repérables qui les accompagnent⁷.

7) Une transcription des premiers échanges figure en annexe **.

La première proposition qu'ils élaborent est la suivante:

Plan de sécurité $Z = -5$
Surface de référence $Z = 0$
Rapide au: Serrage

Approche rapide $Z = 1$, puis -5
Profondeur de coupe $Z = -12$
Profondeur à: diamètre

Carlo choisit de mettre -5 au plan de sécurité "pour gagner du temps", ce qui montre qu'il a retenu le lien entre valeur à ce plan et rapidité d'usinage. Le choix d'une valeur négative est correcte, car ils percent au fond d'une poche déjà usinée. Quand Manu propose 1 à l'approche rapide, Carlo s'oppose. Sait-il maintenant que ce plan doit être inférieur au plan de sécurité? On va le voir un peu plus loin. Pour le moment, il choisit de mettre -5 aux deux plans et 0 à la surface de référence.

Ces choix montrent que Carlo a retenu que la profondeur de coupe devait être donnée avec un signe négatif, mais qu'il n'a pas compris ce qu'est la surface de référence par rapport au plan de sécurité et à l'approche rapide.

A ces réponses, le programme répond en restant sur la même fenêtre et en émettant un bip sonore, ce qui constitue un message d'erreur. Comme on l'a déjà vu pour le groupe précédent, il ne donne pas d'indication quant à l'erreur en question; il change également l'option "profondeur au diamètre" pour l'option "profondeur à la pointe" et recalcule en conséquence la profondeur, qui passe de -12 à -17 . Quelles sont les réactions des élèves?

Sur l'injonction de Manu, hors de lui, qui croit que Carlo a indiqué par erreur "profondeur à la pointe" à la place de "profondeur au diamètre", ce dernier remet "diamètre" à la place de "pointe". APS transforme à nouveau ce choix et recalcule la profondeur, qui passe cette fois de -17 à -23 . Manu hurle de changer l'option et Carlo répond que APS "ne veut pas". Manu constate alors: "Il recalcule chaque fois, ce c..."

Carlo décide alors, tout seul, de changer le plan de sécurité et tente la solution suivante:

Plan de sécurité $Z = 0$
Surface de référence $Z = 0$
Rapide au: Serrage

Approche rapide $Z = 1$
Profondeur de coupe $Z = -12$
Profondeur à: diamètre

René commente alors - et ce sera sa seule intervention dans cet épisode - qu'il aurait pu laisser l'approche rapide à -5 , mais Carlo l'ignore, met des 0 partout et laisse -17 à la profondeur.

Par rapport au premier épisode, ce choix confirme que Carlo n'a pas compris que plan de sécurité et approche rapide doivent être en ordre décroissant et APS réagit de la même manière que lors de leur première proposition.

Plan de sécurité $Z = 0$
Surface de référence $Z = 0$
Rapide au: Serrage

Approche rapide $Z = 0$
Profondeur de coupe $Z = -17$
Profondeur à: diamètre

Quelle hypothèse motive son geste? Espère-t-il se débarrasser du problème en choisissant une valeurs "neutre", zéro, qui ne devrait pas poser de problème puisqu'ils usinent au fond d'une poche? Se souvient-il de l'égalité entre plan de sécurité et approche rapide, égalité qu'il défendait auparavant? Lorsque APS accepte son essai en passant à la fenêtre suivante, il commente: "Il a accepté, c'est bon, on s'en fout!" Ses collègues adoptent son point de vue, et lorsqu'il revient en arrière pour changer à nouveau la profondeur de -17 en -12, Manu se contente de lui rappeler de changer également "pointe" pour diamètre".

Plan de sécurité $Z = 0$

Surface de référence $Z = 0$

Rapide au: Serrage

Approche rapide $Z = 0$

Profondeur de coupe $Z = -12$

Profondeur à: diamètre

APS accepte cette solution et les élèves passent à la suite.

Encore davantage qu'avant, les élèves agissent et ne discutent pas. Chacun lance péremptoirement des propositions ou contre-propositions dans une certaine incohérence. Le tâtonnement est toujours de mise. René se mêle peu au dialogue entre ses deux compères, par contre il vérifie que les indications de la consigne sont suivies.

Lors de la phase précédente, ils avaient bien donné des réponses acceptées par le programme, mais on a ici la preuve qu'ils n'avaient pas compris le problème dans tous ses éléments, à savoir à quoi correspond chaque valeur en terme de trajet d'outil et la relation d'ordre décroissant qui organise ces valeurs. Face au nouveau problème, on remarque que, comme le groupe précédent, ils ne se souviennent pas que le programme change automatiquement l'option diamètre pour l'option pointe et recalcule la profondeur. Ils semblent aussi penser que ce changement de profondeur constitue une erreur. Enfin, ils finissent également par choisir de mettre des 0 partout, sauf à la profondeur, avec ce même commentaire "il a accepté, c'est bon".

3.5.5. Synthèse

A. Mode de collaboration

Sur l'ensemble du TP, on assiste à un échange quasi continu entre deux des élèves, Manu et Carlo. Leur dialogue comporte une part importante de commentaires sur ce qui se passe et sur leurs sentiments du moment, de plaisanteries et d'invectives, dans une atmosphère à la fois explosive, houleuse et complice. Le troisième larron, René n'entre pas dans cette dynamique et tient différents rôles: dans la première séquence analysée, on le voit intervenir de manière décisive dans les prises de décisions, notamment en confirmant, précisant ou complétant les propositions d'autrui. Il s'engage activement dans la résolution du problème rencontré. Mais sur l'ensemble du TP, faute de pouvoir trouver une place dans le tourbillon des échanges entre ces deux comparses, il n'intervient pas toujours de manière aussi intense. A certains moments, il ajoute son grain de sel à la discussion, lorsqu'il a remarqué une erreur, par exemple, à d'autres il va glaner des informations ailleurs ou encore mène des réflexions solitaires. En présence de l'enseignant et durant l'usinage sur la cellule, il se montre très actif et semble prendre la responsabilité de leur travail. Au vu de la pertinence de certains de ses apports, on peut se demander si ses connaissances ont vraiment été mises à profit par le groupe.

En observant la répartition de l'accès aux commandes de l'ordinateur et les rôles joués dans le traitement des éléments du problème et dans les prises de décisions, on remarque de nombreuses variations: Carlo et Manu tentent chacun leur tour d'être celui qui mène le bal. Chaque fois que l'un montre ses limites, l'autre reprend le contrôle. Autre exemple, pendant la première phase, Carlo met sa confiance en René, en suivant ses idées, mais dans la seconde, il ne l'écoute pas. Cette grande labilité nous paraît liée à une caractéristique fondamentale de ce TP: l'incertitude dans laquelle se trouvent les élèves face à la tâche à accomplir et aux problèmes à résoudre. En l'absence d'un expert incontestable - même René semble souvent douter - et d'une répartition claire des tâches, les élèves, confus et agités, tentent tour à tour de prendre les choses en main. Plus le stress augmente, plus ils se lancent des ordres péremptoirs. Des conflits de pouvoir naissent, comme en témoignent les échanges suivants:

M: (à C) Mais laisse-moi faire maintenant!

C: Va a cagar!

M: Moi, j'arrive à sélectionner comme il faut!

M: (à C) Qu'est-ce qu'on fait?

C: J'sais pas, c'est toi le prof, maintenant!

Cette situation ne les satisfait pas: les élèves expriment parfois leur ras-le-bol et tentent quelques régulations: "il faut se mettre d'accord", dit Manu. "Maintenant, on se calme". Si effectivement ils parviennent à certains moments à collaborer de manière plus sereine, leur mode de collaboration ne s'en trouve pas modifié fondamentalement.

Interrogés en entretien, ils tiennent pourtant des propos assez positifs sur leur collaboration:

Question: Comment est-ce que vous vous y prenez normalement pour résoudre un problème?

R: Ben il y en a un qui propose, généralement c'est faux, alors il y a l'autre qui remet son grain par-dessus

Q: Bon, là vous devez décider de certains trajets d'outils, et vous vous référez au cours de l'année passée, ou...?

C: Non, là on se rappelle

R: On se rappelle et il y en a toujours un qui se rappelle un truc de plus et l'autre qui a oublié

M: A trois, on arrive à retrouver

(?): A former un groupe

Plus loin:

Q: Et Qu'est-ce que vous pensez avoir appris dans un TP comme hier après-midi?

(...)

C: Ce qu'on apprend aussi beaucoup, c'est à travailler ensemble, mais à travailler ensemble, ça veut dire à échanger les idées, parce que moi je travaille d'une façon, dans la boîte où j'étais, je travaillais d'une façon et lui, il ne travaille pas comme moi, et lui non plus, alors je peux apprendre quelque chose de lui, je sais pas, lui il fait un petit truc plus rapidement, je regarde ce qu'il fait, lui il en fait un autre plus rapidement, je regarde ce qu'il fait, la prochaine fois je vais faire comme eux; et je suis sûr que lui regarde de moi quelque chose d'autre. C'est ça qu'on apprend beaucoup.

R: Ouais, on prend des idées

Q: Mais particulièrement en faisant ce TP-là?

R: et C: Non, dans tous, dans tous les TP (...).

Cherchent-ils à compenser l'image qu'aurait pu nous laisser l'observation de leur comportement durant le TP? Répètent-ils un discours entendu chez leurs enseignants? Est-ce que la collaboration et l'échange d'information existant dans la pratique quotidienne, et qui a peut-être mieux fonctionné dans les autres TP, déteint sur leur image de ce TP-ci? Cela reste difficile à trancher et nous nous bornerons à souligner le sentiment de décalage éprouvé entre les réactions que suscite en nous la collaboration observée et ce qu'en disent ensuite les élèves!

B. Démarches de travail, représentations du problème et mode de résolution

Bien qu'ils entament la séquence par un "Maintenant il faut se mettre d'accord", les élèves, à l'instar des autres groupes, plongent dans l'action et suivent pas à pas l'ordre donné par les demandes de réponse de programme. Toutefois la première phase analysée montrent un pattern légèrement différent: on y a vu Carlo et Manu poser des demandes de définitions des concepts en jeu, auxquelles ils ne trouvent pas vraiment réponse. On a également remarqué que Manu revenait en arrière sur des choix antérieurs pour proposer des alternatives argumentées et chercher à comprendre les décisions en jeu.

Sur quoi sont basées ces dernières? D'après ce qui est observable, sur le souvenir des réponses données dans les exercices dans l'an passé, sur les cotes fournies dans la consigne et sur la prise en compte d'un objectif communiqué par l'enseignant (qui est aussi un critère d'évaluation): obtenir un temps d'usinage court.

La lecture complète des messages d'erreur se fait en plusieurs étapes. Les erreurs qu'ils contiennent ne provoquent pas de réaction, mais une fois, un des élèves oblitère la partie erronée du message pour accentuer celle qui est correcte. Les messages ne donnent pas lieu à un diagnostic, mais à une série d'essais, dont le choix ne fait pas l'objet d'argumentation, et où l'élève au clavier ne communique pas systématiquement ce qu'il fait. Le premier essai "pour voir" ne prend pas en compte les paramètres mentionnés par le message, mais concerne justement le plan de travail de l'outil (plan de sécurité) auquel ils avaient en vain cherché une définition. Comme dans les groupes 2 et 3, on voit donc un problème où subsistait un doute être repris dans la recherche de solution, et monopoliser un moment leurs efforts. La solution naît finalement de la remémoration de la convention apprise (la profondeur d'usinage à indiquer au moyen d'un signe négatif).

Les élèves relient les valeurs à fournir avec la situation d'usinage, savent qu'il s'agit du trajet de l'outil et savent que les réponses influent sur sa vitesse, donc sur le temps d'usinage. Mais leurs définitions du plan de sécurité et de l'approche rapide restent floues et ils n'ont pas perçu la nécessité de donner à ces deux plans des valeurs supérieures ou égales à la surface de référence. C'est ce que montre l'analyse d'une seconde phase de travail, où confronté à un problème semblable, ils proposent des solutions ne tenant pas compte de cette contrainte. Carlo n'a en outre pas compris ce qu'est la surface de référence et les rapports qu'elle doit entretenir avec les deux plans précédent. A nouveau, ils parviennent à une réponse acceptée par le programme (0 partout sauf à la profondeur), mais sans avoir appris à maîtriser les notions en jeu. Comme dans le groupe 3, l'enjeu revient à faire passer les réponses: "il a accepté, on s'en fout". Comme les groupes 1 et 3, ils n'ont pas utilisé la simulation, permettant de visualiser de diverses manières l'opération programmée.

Sur l'ensemble du TP, nous avons relevé quelques faits frappants: durant la première heure, ils reviennent six fois sur la même interrogation, à savoir comment planifier un usinage avec la plus grosse fraise, sans y avoir jamais répondu. D'autre part, à cinq reprises, ils effacent l'opération d'usinage qu'ils venaient de programmer. L'incertitude dans laquelle ils se trouvent, combinée à l'impulsivité d'un des élèves et la hantise d'avancer, les empêchent de prendre le temps de poser et résoudre les problèmes. En même temps, soucieux de bien faire, ils y reviennent chaque fois et lorsqu'ils perçoivent une erreur, ils reprennent l'opération en cours à zéro.

Malgré tout, on ne saurait déduire de ces observations qu'ils ont réalisé leur programme uniquement en tâtonnant et sans rien avoir appris. En effet, après une heure quinze de travail, ils perdent accidentellement leur programme et doivent tout recommencer (un élève ayant débranché par mégarde l'ordinateur). On observe alors qu'ils sont capables de réaliser la programmation complète en un temps bien inférieur (45 minutes) à celui de leur premier essai. Manifestement, ils sont plus à l'aise dans l'usage du programme et résolvent plus rapidement certains problèmes.

Que disent-ils de leur démarche de travail?

Q: Comment est-ce que vous vous y prenez normalement pour résoudre un problème?

R: Ben il y en a un qui propose, généralement c'est faux, alors il y a l'autre qui remet son grain par-dessus

M: On se consulte, puis après (?) on prend une décision. Bon, c'est clair que d'autres ils prennent des décisions, pis nous on fait toujours quelque chose(...), c'est clair que...

Q: On fait toujours quelque chose?

C: On réagit toujours à quelque chose (?) parce que nous on prend pas de décision.

R: Il y a toujours un truc...

M: Nous on bosse en déconnant

Q: Ah ouais, vous faites des commentaires...

M: On bouge toujours quelque chose, ça peut être de l'humour aussi (des gros mots?), mais bon c'est le résultat...

En fait, ils se montrent assez lucides sur leur démarche par essai et erreur: proposition (action) suivies de réactions et commentaires, puis d'une décision. L'action vient avant les prises de décisions, comme le décrit Manu: "Bon, c'est clair que d'autres, ils prennent des décisions, pis nous on fait toujours quelque chose (...)". Venant de se voir surexcités sur la bande vidéo, éprouvent-ils le besoin de reconnaître et justifier leur comportement: "Nous on bosse en déconnant (...) on bouge toujours quelque chose, ça peut être de l'humour aussi (des gros mots?), mais bon, c'est le résultat..."

Un peu plus loin:

Q: Bon, là vous devez décider de certains trajets d'outils et vous vous référez au cours de l'année passée, ou...?

C: Non, là on se rappelle

R: On se rappelle et il y en a toujours un qui se rappelle un truc de plus et l'autre qui a oublié

M: A trois, on arrive à retrouver

Ici, ils évoquent la remémoration, facilitée par le fait d'être plusieurs. Ci-dessous, ils mentionnent leur expérience d'apprentissage, qui leur fournit des références sur lesquelles se baser dans certaines décisions.

Q: Alors vous quand vous dites "A gauche, à gauche" et que vous faites comme ça, pour vous c'est clair, ça renvoie à un truc//

C: Oui, parce qu'on a déjà travaillé

M: On est les trois on a travaillé, alors s'il me dit "à gauche", je sais pourquoi je doit aller à gauche

C: Ouais, on est les trois des mécanos

M: Parce qu'avec une machine, on entre à gauche

C: En ?, en avalant

(?)

R: Parce qu'une machine, elle travaille en avalant, pas en opposition

M: Et ça c'est parce qu'on a travaillé avant qu'on connaît...

C: ... la CNC

À l'image de ces extraits, l'ensemble de l'entretien montre des patterns d'interaction semblables à ceux observés durant le TP: les élèves se coupent la parole, parlent en même temps, mais aussi complètent mutuellement leur propos et construisent comme un discours à trois voix. Ils tendent à défendre leur manière de travailler et trouvent que finalement ils ne s'en sont pas mal tirés!

4. SYNTHÈSE ET RÉFLEXIONS PÉDAGOGIQUES

Que peut-on tirer d'une lecture de l'ensemble des observations? Quelles tendances apparaissent? Est-ce que les différents groupes montrent des comportements semblables ou totalement différents en matière de collaboration et de démarche de travail? La synthèse présentée ici s'accompagne d'exemples et d'explications destinés à la rendre accessible au lecteur n'ayant pas pris connaissance de la partie monographique.

4.1. Modes de collaboration: partage du travail et enjeux de pouvoir

Rappelons brièvement les questions qui ont orienté nos observations en la matière. Nous avons cherché à savoir comment les élèves se partageaient l'accès à l'ordinateur et aux sources d'information. Au plan des échanges, nous avons voulu estimer la part relative et le type d'interventions de chacun; nous avons prêté une attention particulière aux prises de décisions, en repérant qui amenait les objets à traiter, s'il y avait ou non discussion, quelle influence chacun avait dans la décision finale. Derrière ces interrogations s'en profile une plus générale: est-ce que le mode de collaboration mis en place permet ou non chacun de participer au travail? Cela nous amène à nous intéresser à la dynamique des rapports de place et à l'existence d'éventuels conflits de pouvoir. Enfin, nous voulions savoir si les élèves organisaient explicitement leur partage du travail et s'ils communiquaient sur leur manière de collaborer.

Certains aspects de la situation méritent aussi d'être remis en mémoire: les groupes ont déjà réalisé plusieurs TP ensemble. La collaboration et l'organisation interne ne fait pas partie des comportements et performances auxquels l'institution pour le moment prête une attention particulière: les techniciens ne reçoivent pas de directive ni ne sont évalués en la matière.

Qu'a-t-on pu observer? Au début du TP, dans chaque groupe et sans négociation préalable ni contestation, un élève s'est immédiatement installé à l'ordinateur, le ou les autres se sont assis à ses côtés et ont pris les consignes ou une pièce déjà usinée, sur quoi ils se sont mis au travail. Les élèves ont développé une image des compétences de chacun, qui dicte leur répartition initiale des tâches et des instruments à disposition. L'élève à l'ordinateur peut être celui qui est le plus à l'aise au clavier, mais aussi celui qui a une plus grande expérience d'APS⁸. Ni cette répartition, ni d'autre forme de mise en valeur de la complémentarité de leur compétences, ne sont explicitement négociée.

Globalement, la plupart des décisions concernant des choix importants en matière d'usinage, la sélection des contours, le choix de valeurs, etc. font l'objet d'un échange, de sa forme minimale, où celui qui entre l'input énonce simplement à haute voix ce qu'il fait, jusqu'au dialogue argumenté, en passant par les échanges de type requête-réponse.

8) L'analyse des séquences montre d'ailleurs que l'élève au clavier n'est pas forcément maître des opérations. Au contraire, il se retrouve parfois exécutant. Il arrive aussi que les élèves se partagent le clavier et la souris (groupes 2 et 4).

Si les décisions unilatérales existent chez tous, ce n'est que dans un groupe qu'on observe un élève mener seul une longue phase de recherche de solution.

Au-delà de ce constat général, qu'observe-t-on du point de vue de l'intensité de l'engagement et de la participation de chacun au sein des groupes? Principal constat, les duos et les trios montrent de ce point de vue des différences. Dans les deux trios, les échanges sont intenses entre deux des partenaires, alors que le troisième occupe une place beaucoup plus discrète. Mais les deux situations diffèrent par ailleurs. Dans le groupe 4, cet élève occupe au début une place plus importante dans les débats et on lui fait confiance. Plus tard, éjecté du rythme effréné des interactions entre ses deux comparses, il se consacre néanmoins à des tâches spécialisées et joue un rôle particulier, celui de "vérificateur" (Pléty 1996). Il apporte ainsi sa contribution au travail du groupe. Dans l'autre groupe, le troisième élève se retrouve plus clairement marginalisé: sa posture est de repli, ses interventions tombent souvent dans le vide et il adopte une attitude défensive, de repli ou de moquerie. Il est "l'indépendant" (Pléty 1996). Sinon, dans tous les groupes, l'intensité de la participation individuelle varie selon la dynamique interindividuelle et l'état de chacun (concentré ou fatigué, investi ou lassé). Sur l'ensemble du TP, cette possibilité de moduler son engagement offerte par le travail de groupe apparaît comme un bénéfice: quand un élève perd patience ou se fatigue, l'autre reprend les choses en main.

Quelle est la répartition des rôles et du pouvoir et comment évolue-t-elle? Au début des séquences analysées, on voit dans trois groupes sur quatre un élève jouer un rôle dominant: installé aux commandes, il initie et clôt chaque phase de travail, il consulte ses collègues et évalue leur proposition (groupe 3). Il peut en profiter pour entrer des données sans les soumettre à discussion ou ne pas tenir compte de l'avis de son camarade (groupe 2). Enfin, il dicte à celui au clavier les informations à introduire (groupe 1). Le groupe 4 présente un mode de fonctionnement plus complexe, avec un élève aux commandes qui rythme le travail, mais a besoin des autres pour les contenus. Au fil de la séance, les rôles et les pôles d'influence changent et c'est particulièrement le cas chaque fois que les élèves rencontrent une difficulté, que le groupe ou le leader du moment ne parvient pas à résoudre. On voit alors, comme dans les groupes 3, l'élève au rôle dominant se trouver déstabilisé et un autre élève prendre une place plus importante dans la recherche de solution. Dans le premier groupe, le leader se met à consulter davantage son camarade, puis, exaspéré, se retire et le laisse mener ses essais. Dans le groupe 2, on observe un retournement de situation: l'élève le moins au courant (il n'a pas suivi le cours) prend de l'assurance au fil du TP, il se retrouve dans le rôle de celui qui fait avancer le travail et argumente d'égal à égal. Le groupe 4 montre une labilité des rôles et places particulièrement grande et une effervescence frappante. Certes un des élèves s'y montre spécialement impulsif. Mais nous avons aussi interprété ces comportements, paroxystiques chez eux, comme une réponse à une caractéristique majeure de ce TP: l'incertitude, à la fois cognitive et sociale, qu'éprouvent tous les élèves. En effet, ils doivent sans arrêt prendre des décisions, sans pouvoir tableer sur une longue pratique de ce logiciel et en dépendant de leur mémoire lacunaire des exercices réalisés il y a presque une année; en outre, ils ne peuvent s'en remettre, au sein du groupe, à un expert. Enfin, s'ils peuvent jouer sur une certaine complémentarité, ils se retrouvent tout de même tous relativement démunis, à un moment ou un autre, face aux difficultés rencontrées.

Chez tous les groupes, et de manière exacerbée chez le dernier, le stress éprouvé augmente de manière générale la tendance à s'interrompre mutuellement et à lancer des ordres ou remarques péremptoirs, plutôt qu'à écouter et négocier. Même le groupe 2, qui, dans le cadre des séquences analysées, se montre le plus serein face à la difficulté et mène les échanges les plus riches, manifeste cette tendance à couper la parole d'autrui.

A la répartition des rôles et des tâches correspond une répartition du pouvoir, dont le partage inégal suscite aussi des tensions passagères. Les élèves ne sont clairement pas indifférents à ce genre d'enjeux et se montrent parfois compétitifs. Tel élève face à la position dominante que veut prendre son collègue, manifestera son mécontentement, soit verbalement ("on ne m'écoute jamais"), soit en tentant de s'immiscer dans le dialogue entre le leader et APS. Tel autre cherchera à maintenir son statut initial d'expert en s'agaçant des explications qu'il reçoit de l'autre, en lui coupant la parole et en cherchant à garder son rôle "d'expliqueur". Cette compétitivité apparaît aussi dans la manière de faire face aux erreurs: si sur l'ensemble du TP, les élèves affrontent ensemble la tâche, on a vu dans le groupe 3 l'élève aux commandes se faire accuser du problème rencontré. Dans le premier groupe, le leader se permet de laisser son collègue mener la recherche seul et ensuite rejette sur lui l'origine d'un problème que ce dernier déplore. Enfin, lors de la phase d'usinage et quand les erreurs apparaissent, les élèves du groupe 2 tendent, sous forme de plaisanterie, de s'en rejeter mutuellement la responsabilité. Entre groupes également, nous avons remarqué à la fois des moments d'entraide et des comportements compétitifs, où les élèves comparent leurs performances, multiplient critiques et moqueries ou jouent à s'opposer entre professions (mécaniciens contre informaticiens)⁹. Le contexte scolaire qui est le leur, où l'évaluation sommative et individuelle permet à chacun de se mesurer à autrui, explique sans doute en bonne partie cette attitude ambivalente, faite d'effort conjugué, d'échanges et de compétitivité.

Quels outils les élèves montrent-ils pour gérer leur collaboration? On a vu qu'une forme implicite de division des tâches et des rôles existe, et qu'elle peut évoluer en fonction des performances dont certains font preuve en cours de TP. Dans le feu de l'action, les élèves réagissent à des comportements qui les dérangent (groupes 1, 3 et 4), révélant ainsi leur représentation de ce que devrait être une bonne collaboration: le fait de s'énerver, de crier, suscite des commentaires négatifs (groupes 1 et 4). C'est aussi le cas lorsqu'un élève, qui s'est peu impliqué dans la résolution d'un problème, s'en mêle tout d'un coup ou fait des commentaires jugés hors de propos (groupe 3 et 4), lorsque quelqu'un paraît trop manifestement s'en moquer (groupe 3) ou encore quand un élève veut monopoliser la recherche de solution ou prendre des décisions sans communiquer ce qu'il fait (groupe 3). Ici, la règle implicite serait: décisions et recherches devraient plutôt être partagées et chacun doit faire quelque chose. N'oublions pas que la note est la même pour tous et que l'enseignant exerce une certaine surveillance: l'élève du groupe 1 qui déserte un moment le poste de travail recevra une remarque de sa part. On retiendra donc que, sans qu'il y ait des mises au point explicites, les élèves expriment tout de même dans leur réactions des critères et des attentes en matière de collaboration, attentes qui varient d'ailleurs selon les groupes et les moments.

9) Ces comportements paraissent exacerbés par le stress et surtout par la présence de la caméra.

Que pensent les élèves techniciens de la collaboration et du travail de groupe? Les avis que nous avons recueillis dans divers contextes offrent de la collaboration et du travail un tableau composite.

Dans les questionnaires écrits remplis par tous les élèves de l'ETSC¹⁰, l'interaction entre camarades et le travail d'équipe sont jugés de manière générale comme moins efficace que d'autres facteurs (effort individuel, répétition, apport du maître, attrait pour la matière ou l'activité, etc.), bien qu'ils le soit un peu plus pour résoudre des difficultés en cours qu'en pratique, et pour résoudre une panne ou travailler à l'ordinateur. A notre sens, ces réponses peuvent refléter un habitus institutionnel qui au moment de l'enquête accordait officiellement peu d'importance à la collaboration et bien davantage aux qualités et efforts individuels des apprenants, ainsi qu'à l'encadrement pédagogique.

En entretien, les élèves techniciens qui se sont exprimé sur la collaboration (Cf. groupe 4) ont au contraire souligné qu'ils apprenaient, lors des TP, à travailler ensemble et qu'au quotidien de leur formation, ils comptaient sur le partage l'information et jouaient des compétences propres à chaque filière¹¹. Ceci corrobore les observations recueillies lors de visites d'atelier: les échanges entre élèves y sont de fait fréquents.

Enfin, lors d'une discussion avec l'ensemble des techniciens (à qui nous avons soumis des extraits de bande vidéo montrant des élèves au travail en leur demandant d'observer et de commenter leur mode de collaboration et leur démarche de travail), il a émergé que l'efficacité de la collaboration dépendait des personnalités en présence et que le travail de groupe peut être profitable mais aussi "infernale". Les élèves n'ont pas évoqué de possibilité d'améliorer une collaboration mal vécue: ils la subissent. Ceci confirme entièrement les observations du TP, mais aussi les résultats d'autres études menées dans ce domaine chez des élèves de l'école obligatoire: s'il n'est pas orchestrée et ne fait pas l'objet d'une préparation pédagogique, le travail en groupe est le plus souvent éprouvé comme une expérience difficile au plan interpersonnel et pas toujours fructueuse au plan des résultats (Crook, 1995; Mercer, à paraître)

Selon notre orientation théorique de départ, l'interaction en situation de co-résolution est une activité cognitive, mais aussi une activité de construction de sens, d'élaboration de relation, d'émergence et d'évolution d'images de soi et d'autrui et de rapports de pouvoir (Grossen et al. à paraître). Nous avons pu constater ici à quel point le travail de groupe mobilise la personne aux plans affectif et relationnel et influe sur l'expression des connaissances et savoir-faire individuels. Il implique donc une multiplicité de compétences, sociales et cognitives, en particulier lorsque les personnes n'ont pas choisi de collaborer, comme c'est d'ailleurs souvent le cas en milieu professionnel. Si un des buts de la formation professionnelle consiste à soutenir et développer ces compétences, il nous paraît qu'un travail de longue haleine est de mise. Du côté de la recherche, une étape consisterait à examiner dans quels autres contextes, scolaire, professionnel ou de loisirs,

10) Voir rapport de recherche no *: **

11) Par exemple: "Alors je sais pas tout et je demande souvent des choses aux autres, surtout aux exploitants, parce que eux ça fait deux ans qu'ils sont là-dessus maintenant, il y en a, c'est vraiment des bêtes de la chose".

les élèves techniciens ont reçu ou reçoivent un entraînement spécifique et ont d'éventuelles occasions complémentaires de progresser sur ce plan. Du côté de l'éducation et de la formation professionnelle, le travail de groupe devrait être valorisé institutionnellement et faire l'objet d'une attention spécifique, cela dès l'école obligatoire.

4.2. Démarches de travail, représentations du problème et modes de résolution

En observant systématiquement les comportements des élèves dans leur traitement d'une difficulté particulière apparue lors de la partie FAO du TP, nous avons cherché à décrire leur pratique de travail en groupe: comment abordent-ils la phase du TP étudiée, de quelle manière décident-ils des inputs à introduire dans le programme et quels arguments emploient-ils? Nous nous sommes demandés comment ils traitent les messages d'erreur auxquels ils se trouvent confrontés, s'ils en tirent un diagnostic et comment ils s'y prennent pour trouver une solution à leur problème. Enfin, ils nous importaient de comprendre comment ils se représentent ce problème et dans quelle mesure ils relient l'information traitée à l'écran avec la situation d'usinage en jeu.

Après avoir choisi l'opération et le mode d'usinage en question et rempli une série de fenêtres, les groupes arrivent à celle qui nous intéresse, intitulée "Profondeur", où ils doivent attribuer en millimètres des valeurs à quatre plans de travail de l'outil:

<u>Le plan de sécurité</u> : plan auquel la machine vient positionner l'outil au-dessus de la pièce.	<u>L'approche rapide</u> , plan jusqu'où l'outil descend rapidement vers la pièce; permet de gagner du temps dans la réalisation de l'usinage.
<u>La surface de référence</u> , qui est la surface de la pièce, où l'outil entre en contact avec la matière.	<u>La profondeur</u> de l'usinage à effectuer. Pour le perçage au moyen du foret, ce sera soit celle atteinte par la partie de l'outil fixant le diamètre du trou ou celle de la pointe de l'outil. Pour le fraisage, il n'est pas nécessaire de faire cette distinction.

Les élèves choisissent également en combien de passages de l'outil (nombre de passes) l'opération sera effectuée, ainsi que deux autres options dont nous n'aurons pas à discuter.

Une fois devant la fenêtre concernée, ils passent tous directement à l'action et commencent de remplir une à une les différentes cartouches dans l'ordre proposé par le programme, sauf le groupe 2 dans la deuxième séquence observée, qui usine au fond d'une poche existante et définit d'abord une visée générale: gagner du temps d'usinage et donnant une surface de référence inférieure à 0.

On peut diviser en deux tendances les observations concernant les modes décision des élèves:

1) Ils semblent assez sûrs de leur réponse, apparemment basée sur leur mémoire des exercices effectués l'an passé: l'élève au clavier entre d'autorité une valeur ou la propose et il s'ensuit un bref échange, sans explication ni argumentation. C'est le comportement le plus fréquent.

G: (Il lit): Approche rapide, (se tourne vers T.): Jusqu'à z 0? C'est juste?

T: Non, moins..., non, plus! +2!

G: Jusqu'à z 2. Ouais, c'est bon. (Il tape +2).

2) Ils se trouvent dans l'incertitude et adoptent alors divers comportements, comme:

- Ignorer le plan dont on ne sait trop dont il s'agit (groupes 2 et 3):

G: (Il lit: l'écran, puis parle sans tourner la tête vers ses camarades): Plan de sécurité.
Pfff. (Il passe à la suite sans rien indiquer).

- Se demander à quoi correspond le plan en question (groupe 2, 3 et 4), en amenant une réponse plus ou moins complète:

C: Plan de sécurité, pourquoi z?

M: Plan de sécurité tu sais, c'est euh//

C: Mais on sait pas nous!//

M: C'est l'approche comme ça (il fait le geste de l'outil qui descend).

- Parfois, la dynamique du groupe laisse la question sans réponse:

M: Parce que plan de sécurité ça veut dire quoi ça?

R: Ca j'sais pas

M: C'est pas pour le fond?

C: (qui ne les écoute pas) Sécurité de référence. Non, surface de référence c'est 0, c'est juste.

R: (Pour lui-même) Plan de sécurité...

Ils passent à autre chose.

- Un élève peut revenir sur des valeurs déjà introduites pour en proposer d'autres, cette fois en soutenant sa proposition d'un argument (groupe 4).

- Enfin, on a observé un groupe argumenter et échanger jusqu'à ce qu'une position commune soit définie (groupe 2, séquence 2).

Tous les groupes ayant donné une ou plusieurs valeurs erronées, ils reçoivent du programme un message d'erreur. Dans la situation de fraisage (groupes 1, 2 et 4 première séquence), ce message consiste en un bip sonore et une information sur la relation entre les plans). Or celle-ci contient une erreur de signe. Dans le cas du perçage (groupes 3 et 4 deuxième séquence), le programme donne le signal sonore et reste sur la même fenêtre au lieu de passer à la suite, sans préciser ce qui ne va pas ou ce qu'il convient de faire. Comment les élèves traitent-ils ces réactions et ces informations?

Dans le cas du fraisage, si tous lisent l'information écrite à haute voix, en une ou plusieurs fois, aucun ne la compare d'emblée avec les valeurs qu'ils ont données. Globalement, les élèves interprètent le message comme: "Quelque chose ne va pas" et font confiance au programme pour transmettre une information correcte. Ce n'est qu'après plusieurs affichages du message que, dans deux groupes (1 et 2), un élève manifestera un doute, sans toutefois aller jusqu'à identifier clairement l'erreur du programme.

Dans le cas du perçage, la situation est plus confuse. Le programme reste sur la même fenêtre et bipe, mais sans information et en montrant aussi une modification qui n'est pas un signal d'erreur (la profondeur, donnée au diamètre, est recalculée automatiquement pour la pointe de l'outil). Comme les élèves ne se souviennent pas de ce point (ou ne l'ont jamais abordé), ils interprètent immédiatement ce changement de profondeur et d'option comme le signal que là se trouve leur faute, alors que le problème est ailleurs.

Ensuite, la première réaction, constatée chez tous les groupes (sauf groupe 2, deuxième séquence), consiste à passer immédiatement à l'action et de modifier, avec ou sans discussion préalable, la valeur donnée à un des paramètres. Fait remarquable, dans la moitié des cas, il ne s'agit pas d'un paramètre mentionné dans le message d'erreur, mais plutôt d'un point sur lequel subsistait un doute non résolu et à propos duquel il s'agirait de refaire un essai, "pour voir":

Groupe 3:

- G: (En regardant l'écran) Qu'est-ce qu'il me ch... !? Profondeur du trou, qu'est-ce que c'est que cette c...?
- T: (Sur un ton légèrement agacé et en le regardant) Parce que t'as pas défini la profondeur de la pièce, on ne peut pas faire un trou sur une feuille!
- G: (A voix basse et en regardant l'écran): Ouais, c'était peut-être pas comme ça...

Groupe 4:

- P: La surface de référence doit être = ou < hauteur de coupe
- M: (Il lit) La surface de référence doit être ou hauteur de coupe//
- R: Doit être égale ou plus petit //
- M: Voilà!
- (...)
- M: On met 0 (au plan de sécurité). C'est ça! Surface de référence, il a dit?

R: Ouais

C: Ouais

C: On doit voir, essaie

M:

Tape 0 au plan de sécurité.

Clique OK

Nous avons également remarqué qu'ils remettaient facilement en cause des décisions prises auparavant sans discussion, montrant peut-être ainsi leur fragilité tant au niveau de l'accord que des connaissances qui les sous-tendaient.

A quelles solutions aboutissent-ils? Dans les groupes 1 et 4, après plusieurs essais et plusieurs lectures du message d'erreur, un des élèves se remémore tout d'un coup la bonne solution: il faut donner un signe négatif à la valeur concernant la profondeur de la poche à usiner.

R: (Lit la fin du message): égal ou plus petit que la hauteur de coupe. Ah, il doit pas être à -5, c'est ça qu'on mettait, -, à la profondeur?

Ont-ils pour autant compris le problème? Non, car ces deux groupes, confrontés un peu plus tard à une situation similaire (remplir la fenêtre "profondeur", cette fois pour une perçage), connaîtront des difficultés: le premier tentera d'utiliser des solutions pourtant éprouvées comme fausses lors de la première séquence et remettra en cause la convention du signe. Après divers essais, il se tournera vers l'enseignant pour s'en sortir. Si nous n'avons pas d'observations subséquentes permettant de vérifier s'ils ont cette fois compris comment procéder, nous avons par contre des indices qu'ils n'interprètent pas les valeurs à donner au programme comme les étapes du trajet descendant de l'outil et ne comprennent pas le rôle de la surface de référence.

Le groupe 4, dans la deuxième situation, se rappellera la convention de signe, mais rencontrera d'autres problèmes. En effet, leur représentation du problème est demeurée partiellement correcte: s'ils relient les valeurs à fournir avec le trajet descendant de l'outil et savent que les réponses influent sur la vitesse d'usinage, ils n'ont pas intégré la nécessité de donner au plan de sécurité et à l'approche rapide, notions encore floues, des valeurs supérieures à la surface de référence (dont un élève ne comprend pas le rôle). La solution adoptée consistera à mettre 0 à ces trois plans.

Le groupe 2 a montré dans une première séquence une pratique similaire aux autres groupes: essais "pour voir", modifications sans discussion ou discussion qui n'aboutit pas aux modifications proposées. Ils appelleront finalement l'enseignant, qui leur donnera une explication complète de la situation. Dans une deuxième séquence, ces comportements ont évolué. Cette fois ils ont défini un but qui oriente leur action: gagner du temps à l'usinage en modifiant la surface de référence en fonction du fait qu'ils usinent au fond d'une poche existante. Le message d'erreur suscite bien une proposition immédiate d'un des partenaires, mais elle concerne le bon paramètre et ne relève pas du

tâtonnement. Les deux élèves ont une représentation correcte du problème et réfléchissent en fonction de la situation d'usinage. Ce qui les oppose dans la discussion qui s'ensuit, c'est leur différente manière de calculer les rapports entre zéro absolu, surface de référence et profondeur (l'une est erronée). Ils ne parviennent à produire une explicitation complète de leur conception et finalement demanderont l'aide de l'enseignant, car un des élèves ne se satisfait pas du fait que le programme accepte la solution proposée par son camarade!

Ce comportement mérite d'être souligné, car tous les autres techniciens observés réagissaient à l'opposé: si le programme accepte la réponse, c'est que "c'est bon", et on peut continuer, quand bien même l'accord dans le groupe n'a pas été réalisé et qu'on n'a pas forcément compris les tenants et aboutissants du problème. Le groupe 3 verra d'ailleurs une telle attitude sanctionnée à l'usinage par une série de rayes sur sa pièce.

La démarche de résolution de ce dernier groupe présente comme particularité une recherche poussée sur un paramètre qui n'a rien à voir avec leur problème, la hauteur de la pièce et un test sur le programme pour vérifier une solution:

T: Essaie voir de remplir le champ où il y a des 0 *< dans la fenêtre concernant les plans de travail de l'outil >*. Tu mets des valeurs-bidon, pour voir s'il accepte. S'il accepte ça veut dire qu'on a oublié de mettre une cote *< il y a un des plans où il faut mettre autre chose que 0 >*.

Comme les groupes 1 et 4, ils n'aboutissent pas à une représentation correcte du problème et ne relient pas valeurs à entrer et étapes du trajet de l'outil.

Il nous faut encore évoquer deux éléments de leur démarche de travail: le fait de tenir compte d'une exigence formulée par l'enseignant, à savoir usiner en le moins de temps possible, et l'usage des possibilités de contrôle, en particulier la simulation, qui permet de visualiser de diverses manières les opérations programmées. C'est un point que l'enseignant avait également estimé essentiel, mais sans le rappeler aux élèves au moment du TP. Deux groupes sur quatre (groupes 2 et 4) tiennent explicitement compte, dans cette phase de leur travail, de la contrainte temps. Si les autres n'y font pas allusion, cela pourrait confirmer qu'ils ne se relient pas à la future situation d'usinage. Quant à la simulation, un seul groupe en fait usage dans ce cas (groupe 2). Mais ils n'y voient pas ce qu'ils cherchaient, faute peut-être de l'avoir défini clairement et d'avoir réfléchi à quel mode de visualisation utiliser.

Nous avons interrogés des élèves dans divers contextes, ainsi que leur enseignant, pour recueillir leurs réactions sur la question des démarches de travail et des modes de résolution de problème.

Les techniciens de la volée suivant ceux que nous avons filmés (qui ont eux-mêmes réalisé ce TP), ont visionné un extrait présentant le groupe 3. S'ils ont ri et lancé quelques railleries durant le visionnement, ils trouvent des excuses à leurs anciens camarades: ils sont pressés (vouloir sortir rapidement est un comportement justifié aux yeux de ces élèves...). D'autre part, comme eux, ils connaissent mal le programme: "on est des

généralistes, pas des spécialistes de FAO”¹². Alors comment s’y prennent-ils habituellement face à un problème de ce genre? On tâtonne, disent-ils, mais tout de même, on évite d’aller trop loin sur la même piste, à l’instar des camarades filmés, et de faire “n’importe quoi”. On retiendra que le tâtonnement est une méthode légitime, également aux yeux de l’enseignant et que les élèves ne parviennent pas à décrire plus précisément comment ils procèdent.

Dans les résultats du questionnaire adressé à tous les élèves de l’école, on remarque que ceux-ci estiment que pour bien travailler à l’ordinateur, il faut d’abord de bonnes connaissances, puis de bons ouvrages de référence et de l’effort. Par contre, une bonne méthode leur paraît primordial d’autres activités, comme pour trouver la cause d’une panne. Cette réponse suscite quelques points d’interrogation: est-ce que les élèves considèrent que soit on connaît un logiciel, soit on ne le connaît pas, et qu’apprendre à le manier ou manier une CNC ne demande pas une certaine méthode?

Les élèves (informaticiens) du groupe 3, interrogés en entretien particulier, ont été un peu plus explicites sur leurs démarches, dans le TP et en général et répondent en partie à nos interrogations. Ils évoquent une situation normale, réelle (qu’ils opposent à ce TP), où “on prend le temps de comprendre la philosophie du programme”. “Là, on est jeté dedans comme ça; il faut un temps d’adaptation. Et puis, bon, le temps d’adaptation, on le prend en général plus calmement.” Ils relèvent leur manque de concentration, qui a conduit à une mauvaise lecture des indications du programme. Comment font-ils “normalement”? “Ca dépend du problème. On essaie d’aller le plus vite sans réfléchir, on essaie plusieurs fois, puis on s’arrête et on regarde de manière plus structurée, on écrit. Ici, la bonne solution c’était de se poser le problème de ce que ça représente pour la pièce.” Ils ajoutent encore qu’il aurait fallu voir ce que veut dire “plan de sécurité” et concrètement se représenter le problème de la profondeur. Ils sont donc capables d’évoquer une démarche plus correcte que celle qu’ils avaient adoptée. Mais rappelons que ces élèves ont assisté au spectacle des conséquences de leur erreur sur la pièce. Ainsi, si d’un point de vue industriel et par rapport au critère d’évaluation de l’enseignant, ils ont été improductifs, d’un point de vue pédagogique, on peut aisément faire l’hypothèse qu’ils en ont plus appris que les élèves d’un groupe (1 et 4) qui aboutit à une solution correcte (sans conséquences fâcheuses) par remémoration et sans pour autant avoir compris le problème.

Pour leur enseignant, les élèves techniciens dans ce TP n’ont pas de méthode sûre pour s’attaquer à un problème. Il ajoute qu’ayant donné des cours d’informatique à des publics de tous âges, il a constaté que les enfants tendent à procéder ainsi par essai-erreur et se lancent sans crainte, alors que les adultes et en particulier des professionnels à qui on demande de se former sur un outil inhabituel, prennent beaucoup de temps pour étudier le problème et réfléchir à ce qu’ils vont faire. Les élèves se trouveraient un peu entre les deux cas. L’enseignant semble penser que la méthode essai-erreur n’est pas mauvaise en soi, mais qu’elle comporte le risque de ne pas faire ce qu’il faut pour atteindre le but et de ne pas se souvenir de la solution trouvée pour la prochaine fois. Selon lui, les entreprises perdent beaucoup d’argent parce que face à une panne ou un incident technique, les

12) Cette importante question, qui traverse toute leur formation, est discutée dans notre rapport de recherche **.

collaborateurs, au lieu d'observer ce qui s'est produit et d'analyser les éléments de la situation, font des diagnostics hâtifs et souvent faux: il faut apprendre à observer pour pouvoir ensuite élaborer une hypothèse sur les causes du problème.

En matière de démarche de travail, les propositions pédagogiques discutées pour ce TP se fondent sur un même principe: intégrer dans le scénario de l'activité de formation des contraintes, des passages obligés amenant les élèves à se donner des critères de décisions, ainsi qu'à améliorer leur diagnostic. A ce sujet, des travaux anglais (Healy, Stefano, & Hoyles, 1995) montrent l'effet positif d'une alternance entre des moments de travail personnel à l'ordinateur et des moments de coordination des perspectives de chacun sur des buts globaux: "without the former, students may not develop any approach to the problem or any language to describe their strategies. Without the latter, students may remain centred on their own way of understanding problems". Ceci nous a amenés à envisager avec l'enseignant un TP qui laisse une place à des moments de réflexion individuelle et commune sur certains objectifs de la tâche ou sur les problèmes rencontrés, réflexions à mener loin du clavier et des tentations de l'action. Mais comment? S'arrêter d'agir est difficile, rendre compte de sa méthode aussi (Hennessy & McCormick, 1994). En matière d'anticipation, il peut s'avérer intéressant de demander aux élèves d'élaborer, en début de travail, un plan commun des phases d'usinage. D'autre part, en cas de difficulté, une manière d'encourager les élèves à développer leur capacité d'observation et à structurer leur recherche consisterait à formuler des conditions d'accès à l'assistance de l'enseignant. Au moment de le solliciter, les élèves doivent maintenant être capables de produire une description du problème rencontré, ainsi que des tentatives menées et des résultats obtenus. Dans les deux cas, ils devraient ainsi parvenir à un avis commun sur les points à prendre en considération et sur les objectifs poursuivis, deux conditions d'un travail de groupe fructueux, comme l'a relevé Mercer dans sa revue des études effectuées à ce sujet auprès d'élèves de l'enseignement obligatoire (Mercer, à paraître).

Pour élargir le débat au-delà d'une question de méthode et au-delà de la situation observée, il nous semble intéressant de rapporter ici la réflexion menée afin de comprendre ce qui distingue du reste des élèves le seul groupe dont la pièce sera rayée à l'usinage (groupe 3). On trouve en effet à la clé d'autres manques que ceux relatifs aux méthodes de travail.

D'une part, leur appréciation de la situation, sous deux aspects, manque de pertinence: contrairement à un groupe connaissant la même mauvaise posture, ils ne recourent pas à l'aide de l'enseignant, ayant interprété de manière trop stricte la consigne d'autonomie donné par ce dernier; deuxièmement, ils négligent sciemment une opportunité de corriger avant l'usinage une erreur majeure. Les compétences ici en jeu, relevant de la perception d'une situation, de l'engagement et de la dynamique d'un groupe, constituent certes un objet pédagogique plus complexe à définir et à transmettre que des méthodes d'analyse de problème et nous reviendrons sur cette importante question dans notre conclusion.

D'autre part, ils souffrent d'une moins bonne connaissance en mécanique et en usinage numérique: ils peinent à relier les indications à donner au logiciel à la situation concrète de fraisage, et à apprécier la pertinence de leur solution par rapport à celle-ci. Or, un outil du

logiciel leur aurait permis de pallier au moins partiellement à cette faiblesse: les différentes possibilités de simulation et visualisation des opérations programmées, qu'ils ont oublié d'utiliser. De manière générale dans la pédagogie des instruments informatiques, où le sujet n'exécute plus directement les actions sur les matériaux et les pièces, l'utilisation de ce moyen d'anticipation et de contrôle nous paraît constituer un savoir-faire important et commun à de nombreux instruments. Dans le cadre d'un enseignement technique généraliste, où les élèves abordent divers types de logiciels sans devenir spécialiste de chacun, n'est-il pas intéressant d'élargir cette réflexion et de tenter, avec les élèves, d'identifier ainsi des éléments transversaux, dont la maîtrise semble essentielle? Cette identification contribuerait certainement à une vision organisée des nombreux outils informatiques en jeu, dont les élèves semblent surtout percevoir, non sans anxiété, la multitude et les différences plutôt que les points communs.

4.3. Ordinateur et élèves: quelles interactions, quelles influences?

En intégrant, dans nos transcriptions, les actions sur le programme et les réactions de ces derniers, nous voulions nous donner les moyens d'observer la part de l'instrument dans les démarches de travail et les interactions. En effet, par l'organisation de son interface (Blaye, et al., 1992) et l'ordre d'apparition des fenêtres, notamment, le programme structure l'information à partir de laquelle les élèves travaillent. Dans la tâche observée, l'action sur l'objet final (la pièce) est en outre doublement médiatisée: le logiciel est l'instrument par lequel on agit sur la machine, qui elle agira sur la pièce. Quels types de médiations a-t-on pu observer et comment certaines caractéristiques de l'instrument participent-elles de la démarche et des raisonnements des élèves? Avant toute tentative de réponse, une réflexion s'impose. En effet, isoler ainsi un élément de la situation, l'instrument, pour tenter d'en observer les effets dans des processus complexes, se révèle une tâche délicate, voire peu pertinente, au vu de l'intrication des facteurs en jeu. La manière dont les élèves ont lu les messages d'erreur, en ne prêtant pas attention aux absurdités entraînée par l'erreur de signe, en est une illustration: l'information tirée du programme est médiatisée par les attentes, les représentations et les compétences des usagers. Malgré cette réserve, quelques observations nous ont toutefois paru dignes d'être relevées et soumises à discussion.

Concernant l'influence sur les démarches de travail des élèves, nous retenons que:

- Les étapes du trajet de l'outil, dont doivent décider les élèves, sont présentées sous forme d'unités séparées, sans référence visuelle au mouvement en question. Ceci ne semble pas favoriser, chez un élève peu au courant de l'usinage, la prise de conscience de l'action en jeu, à savoir un trajet descendant de l'outil, pour lequel les valeurs données aux plans doivent être d'ordre décroissant.
- Toute une série de caractéristiques du logiciel favorisent le tâtonnement et l'essai-erreur, plutôt que l'anticipation. Ainsi, une fois que les élèves ont choisi une opération et l'outil nécessaire, ils peuvent suivre la succession des étapes imposées par le programme. Comme pour la majorité des instruments informatiques, les opérations sont annulables.

Le fait de pouvoir réorganiser à la fin de la programmation l'ordre des opérations d'usinage permet même de se passer d'un plan d'usinage et de l'effort anticipation impliqué. Enfin, le nombre énorme de choix et de décisions qu'exige la réalisation du programme d'usinage ne peut qu'encourager le tâtonnement et contribue certainement à la brièveté de la réflexion et de certains dialogues. "On ne peut pas tout discuter, sinon on ne finirait jamais!", comme l'ont commenté les élèves. Ceci n'est pas spécifique au logiciel utilisé pour cette tâche: aux yeux des élèves, qui abordent durant leur formation bon nombre de logiciels sans devenir spécialiste de chacun, se remémorer leurs particularités et connaître l'ensemble des commandes pose des difficultés, qu'ils tentent parfois laborieusement de résoudre par essai-erreur et par exploration.

Dans leur travail, les élèves ont affaire à un instrument doué d'une autonomie certaine: il effectue à la place de l'utilisateur toute une série d'opérations de calcul et prend lui-même quantité de décisions. Comment y réagissent-ils? On les voit parfois chercher à comprendre "ce qu'il veut", voire même lui attribuer des intentions, mais le plus souvent, ils cherchent surtout à ce que le programme accepte leurs inputs et se satisfont de cela (à l'exception d'un élève). Régulièrement aussi, ils s'étonnent des réactions du logiciel ou l'invectivent. N'ayant pas achevé l'instrumentation, soit l'appropriation de l'outil en fonction de leurs buts (Rabardel, 1995), l'autonomie du programme est vécue comme un obstacle irritant et la marque d'une "mauvaise volonté" de la part d'un instrument destiné à les assister (fabrication *assistée* par ordinateur!). Cette réaction est sans doute exacerbée par la hâte avec laquelle ils veulent - et doivent - terminer leur travail.

Quand les élèves attribuent au logiciel des intentions, lui montre la confiance, peur ou irritation et quand il cherchent à le comprendre, est-ce qu'ils ne lui confèrent pas un statut particulier de partenaire, statut allant bien au-delà de celui de d'outil technologique destiné à tel usage ou tel usage (Pochon & Grossen, 1995) ?

5. À PROPOS D'EFFICACITÉ: RÉFLEXIONS ISSUES DE L'OBSERVATION

Après avoir observé ces élèves techniciens au travail, le lecteur partagera peut-être ce qui a constitué nos premières réactions "à chaud": leurs démarches et leurs modes de collaboration paraissent souvent peu efficaces. L'explicitation et le partage complet des points de vue sont rares, la négociation souvent tronquée, les décisions prises à la hâte, l'action n'est pas planifiée. Or, une telle appréciation prend racine dans les outils mêmes de la description et dans l'oeil de l'observateur, qui, malgré les efforts d'objectivation véhiculent des normes implicites: celles de la littérature scientifique (celle sur le travail de groupe en classe autour de l'ordinateur notamment), mais aussi celles issues des objectifs généraux formulés par les milieux industriels, politiques et de la formation¹³. Maintenant, prenant du recul et adoptant un autre regard, tentons, ainsi que nous l'annoncions dans notre introduction, d'apprécier les conduites et performances des élèves, non pas en

13) Selon lesquels les apprentis et élèves des domaines techniques devraient apprendre à anticiper, planifier, analyser correctement les situations et les problèmes et en outre être capables de bien travailler en équipe.

fonction de références idéales et extérieures, mais à la lumière des significations que prend le travail au yeux des élèves et des définitions de la situation en jeu, celle de l'enseignant comme celles des élèves. Quels sont les objectifs du TP? Quels sont les critères d'évaluation? Comment les élèves perçoivent-ils la situation¹⁴, ses exigences et ses conditions de réalisation (horaire, évaluation, buts, cadre scolaire ou non, consignes)?

L'enseignant a communiqué aux élèves les objectifs suivants: opérer les transferts de fichiers, réaliser la pièce, dans l'après-midi, au moyen d'un programme d'usinage efficace, court et correct et en ayant, avec son aide, mis en marche et surveillé la cellule de production flexible. L'évaluation portera principalement sur ces critères, puis sur leur autonomie durant la phase de FAO, enfin sur leur rapport de TP. Il ne donne pas d'indication en matière de collaboration. L'accent est mis sur le résultat, et non sur les démarches, ni sur la compréhension individuelle de tous les tenants et aboutissants de cette longue tâche.

Les observations menées sur l'ensemble du TP et les entretiens ont conduit aux constats suivants: en général, les techniciens ont compris les objectifs et critères énoncés par les enseignants et les ont intégrés dans leur action. Pour eux, il s'agit d'accomplir leur travail d'élève: réaliser ce qui est demandé, dans le temps imparti, et obtenir une bonne évaluation. Par ailleurs, ils ont aussi envie d'en finir rapidement. Vite finir son travail fait partie du "métier d'élève" (Perrenoud 1994). Même en tant qu'adultes, fréquentant une filière de perfectionnement, les techniciens reconnaissent cela et le considèrent comme évident, dans un cadre de référence scolaire. Enfin, ils ne perçoivent pas tous la raison d'être d'une tâche qui les met rapidement en difficulté. Par tous ces aspects, ce TP se différencie d'ailleurs des activités accomplies usuellement dans la formation¹⁵.

Réaliser la pièce, obtenir un bon résultat, terminer rapidement et éprouver régulièrement l'impression d'être submergé: ces objectifs contradictoires et cette perception de la situation donnent sens aux conduites analysées ici: en général, les élèves tiennent à résoudre le problème rencontré; ils le font le plus souvent en tâtonnant - "méthode" légitime à leurs yeux. Pour prendre des décisions rapidement ils se fondent sur des critères raisonnables d'un point de vue scolaire: par exemple, leur mémoire et les réactions du logiciel (qui accepte ou pas leur solution). Dès qu'une réponse "passe", ils poursuivent leur travail, n'ayant pas le temps de mener leur discussion jusqu'au bout et de comprendre tous les éléments en jeu. Terminer à temps est plus important que se mettre d'accord¹⁶. Enfin, lorsqu'ils se trouvent dans une impasse, ils recourent le plus souvent à l'aide de l'enseignant, pour obtenir l'information qui leur manque et pouvoir continuer.

14) Voir à ce sujet le rapport de recherche "Quand des élèves techniciens se forment à la fabrication automatisée: enjeux, significations et rapports à la technologie".

15) Les élèves semblent même considérer que devoir être performant et rapide avec un outil mal maîtrisé et des connaissances acquises il y a "longtemps" constitue une exigence à la limite du système d'attentes réciproques en vigueur à ce moment de leur formation (Schubauer-Leoni & Grossen, 1993).

16) Healy, Hoyles et Sutherland (1990: 66) notent aussi, à propos de la résolution des désaccords complexes chez des enfants travaillant sur ordinateur que "(...) the constraints of working in the classroom (for example the pressure of the bell) may inhibit the resolving of conflict. Pupils become more concerned with the completion of the task than in restructuring their thinking".

En somme, leurs conduites montrent une certaine pertinence et une certaine efficacité¹⁷, relativement aux objectifs et aux conditions d'accomplissement du travail, efficacité que reflètent les notes reçues. La question suivante qui se pose est alors: est-ce que cette relative efficacité interne répond aux exigences du monde du travail? Nous n'entamerons pas ici ce débat. Par contre, face à ces exigences comme à la volonté actuelle de développer des compétences transversales en matière de méthodes de travail et de collaboration, nos travaux nous incitent à encourager davantage d'(auto)-observation des pratiques pédagogiques existantes, encore peu connues, afin d'en développer les potentialités et d'y intégrer au mieux les innovations choisies. Ainsi, on pourra se demander:

Quelles sont, en matière de méthodes de travail, les exigences effectives de chaque activité de formation, exigences incarnées non pas dans les objectifs idéaux, mais dans les objectifs concrets à atteindre, l'agencement de la tâche, ses conditions de réalisation, comme ses critères d'évaluation? Dans quelle mesure ces activités nécessitent ou favorisent la mise en oeuvre des conduites voulues? Un exemple: dans un TP expérimental mis au point à la suite de nos observations, des élèves devaient adopter le rôle de techniciens dépannant une cellule FMS et devant rendre compte au client, sur un formulaire ad hoc, de toutes leurs observations et leurs hypothèses. Ici, le scénario de l'exercice rend incontournable l'objectif recherché, à savoir développer le sens de l'observation et du diagnostic.

Les apprenants ont-ils conscience des objectifs de l'enseignant et des exigences de l'activité de formation? Que perçoivent-ils du niveau de compétence attendu d'eux? Des hiatus peuvent exister entre perception des uns et des autres, avant que ne se négocie un point de vue commun. De ce point de vue, les réactions des élèves à ce qu'ils considèrent comme des exigences hors des normes scolaires habituelles peuvent s'avérer très révélatrices du niveau d'attentes perçu (pour exemple, voir la note 15).

Quelle connaissance apprenants et enseignants ont-ils de leurs démarches et méthodes usuelles de travail et de résolution, ainsi que de l'efficacité de ces dernières, comme de leurs manques? Existe-t-il un temps de formation dévolu à cette prise de conscience? De ce point de vue, le tâtonnement constitue un thème de choix. Désigné dans nos entretiens comme démarche de travail et ayant fait l'objet d'un début de définition, il mérite, vu l'ampleur de son usage dans le domaine informatique, qu'on se demande qu'est-ce qui distingue le bon du mauvais tâtonnement et qu'est-ce qui en fait la valeur. Les démarches et méthodes de personnes possédant une grande expertise méritent aussi d'être mieux connues et exploitées. À ce sujet, des travaux¹⁸ montrent qu'elles ne tiennent pas nécessairement à l'application d'algorithmes de résolution idéaux, à enseigner en tant que tels, mais intègrent en un tout complexe diverses compétences, comme une bonne connaissance du domaine, une grande souplesse de méthodes face à la variété des situations et la capacité d'échanger l'information.

17) Sauf dans un groupe, dont la situation est examinée de ce point de vue au pt. 4.2.

18) Hennessy, 1994; Scribner 1986.

En matière de collaboration se profilent aussi diverses interrogations susceptibles d'aider à éclairer les pratiques de la formation professionnelle technique:

Quelles expériences offrent l'entreprise et l'école en la matière? Comment sont-elles vécues et appréciées? Quand plusieurs filières ou corps de métiers se côtoient, les apprenants peuvent-ils profiter de la diversité des compétences en présence? Est-ce que les enseignants et formateurs jouent sur ces complémentarités? Quelle est la place dévolue, en temps, en importance dans le système d'évaluation au travail de groupe? Qu'en attend-on? Comment le prépare-t-on?

Par rapport à l'ensemble du système de formation professionnelle technique, notre propos, issu de la psychologie socio-cognitive et culturelle, s'est volontairement limité au niveau de la situation même de formation et de ses acteurs. Mais, comme le soulignait un participant au colloque du PNR 33 sur l'analyse de l'efficacité des systèmes de formation, il serait également important de comprendre la façon dont le contexte institutionnel "tend à favoriser, à filtrer ou à sélectionner certaines conduites et stratégies à la fois chez l'enseignant et chez l'apprenant" (Bain, 1995: 200), afin d'analyser avec quelle efficacité curriculum et structures de la formation professionnelle servent les objectifs déclarés en matière de développement des compétences-clés.

FMS1

Liaison AUTOCAD - APS - FLEXCELL

But du TP:

Ce TP, monté sur demande des étudiants et grâce à leur aide, vise à donner une expérience pratique d'interfaçage de la liaison AUTOCAD / APS à travers de fichiers DXF (standard de format d'échange de fichiers).

Ce TP constitue également un complément en ce qui concerne FLEXCELL et la cellule.

Le compte rendu de ce TP mentionnera toutes les étapes nécessaires et qui ne sont pas mentionnées sur le texte du TP ni sur la feuille annexe.

1. Passage d'un fichier AUTOCAD sous format DXF.

But: Obtenir sur disquette un fichier du nom de TP34.DXF contenant la géométrie d'une pièce à usiner.

Accès à AUTOCAD: Passer sur C:
Lancer WINDOWS <WIN>
Lancer AUTOCAD (Icône sous Windows)

Chargement du fichier: Charger TP34.DWG (fichier au format AUTOCAD)
accessible dans la directory TPACAD.

Sauvegarde en DXF: Sauver par <Import / Export / Sauver DXF> sur A:
avec le nom TP34.DXF

Ne pas oublier de sortir d'AUTOCAD, de WINDOWS, et d'éteindre.

2. Reprise du fichier sous APS.

Lancer APS sur un poste libre. Charger le fichier DXF par <Fichier/Charger Cn>. Essayer de découvrir les options à utiliser de manière à réussir le passage et à obtenir le dessin de la pièce sous forme de géométrie.

3. Usinage de la pièce.

En utilisant uniquement les trois outils suivants, générer un programme CN capable d'usiner la face avant de la pièce (le brut sera un brut standard en résine - 50x135x20mm). On laissera les vitesses de coupe proposées, et la passe maxi en profondeur sera de 5mm. Les numéros libres pour les programmes CN seront MPF130 et MPF131 (resp. OF10 et OF11).

Type	Code Flexcell
Forêt diam.3	01020003
Fraise diam.3	02010003
Fraise diam. 8	02010008

4. Réaliser réellement une pièce sous Flexcell (penser au compte rendu)

Ne pas oublier, en plus des points mentionnés dans l'annexe, la mise en route de la cellule, le démarrage du serveur de base de données, des modules IMAGE, SYSTRANS, REALTIME, MANUAL1, MACHINE, ainsi que de PLANIF pour le départ.

Si l'IMAGE de la cellule ne correspond pas à l'état réel, il faudra aussi nettoyer la base de données depuis SQLTALK par le fichier G:/FLEXCELL/BOOK21/CLEANER.WTS.

=====

Aide-mémoire

Liaison APS -> Flexcell

=====

Une fois les géométries dessinées, voici comment passer à la réalisation des pièces sous Flexcell.

1. Pour réaliser un usinage:

- 1.1 <Machine/Sélectionner outil>
- 1.2 <Machine/Direction outil>
- 1.3 Usiner (par exemple)
 - <Machine/Contour poche> pour les poches
 - <Machine/contour éb. finition> pour les contours...

2. Produire le fichier CN lorsque tous les usinages ont été définis

- 2.1 Choisir la bonne machine <Fichier/Format CN> (SINUMERIK 820/880M FLEXCELL)
- 2.2 Visualiser le code <Fichier/Visualiser code CN>
(Attention aux origines).
- 2.3 Si la pièce comprend plusieurs faces:
Insérer les codes utilisateur avant chaque face (B0,B-90, B90, B180)
<Machine/Code utilisateur/ avant géométrie>

3. Transfert sous Flexcell et sauvegarde dessin

- <Fichier/Sauver CN> (donner un nom ex:MPF106)
- <Fichier/Sauver> (donner un nom pour le dessin)
- <Fichier/Quitter APS>
- Passer dans l'éditeur DNC
- <Editeur DNC>
- <Fichier/Charger programme NC (choisir)>
- (mémoriser le temps d'usinage total proposé)
- <Com./Portadisk/Sortie sur disque/Flexcell>

4. Analyse sous Flexcell

- 4.1 Depuis un module machine, passer en mode local <Machine/Local>
- 4.2 (Si besoin, demander <Edit> pour retoucher le programme CN, par exemple:
 - ajouter G64 après le premier changement d'outil accélère le programme
 - ajouter L148 après le dernier changement d'outils nettoie la piècesortir par <Fichier/Quitter> en sauvegardant le programme sous le même nom)

4.3 Analyse

- <Analyse>
- choisir le programme CN
- donner la correspondance pour chaque type d'outils
- donner l'auteur, le temps nécessaire (en s)

(Au moment de la sauvegarde, le programme MPFxxx.000 est complété par une entête et renommé MPFxxx.020. En base de données, le programme CN est créé ainsi que les opérations.)

4.4 Si la planification de la période de production en cours inclue des pièces qui utilise le programme CN créé, il est possible de brider des pièces de ce type sans plus tarder..!

Annexe 2: fin des échanges du groupe 2

1. Phase de simulation

- 117A: Écoute (*geste de la main à plat vers l'écran*), on n'a qu'à regarder en simulation, et tu regardes ce qu'elle fait.
- 118L: OK, vas-y.
- 119A: OK.
- Clique sur OK de la fenêtre.**
- 120APS: **Affiche l'image de la partie à usiner.**
- 121L: Alors, attend...alors.
- 122A: (*Il lit l'indication au bas de l'écran*). Eh, sélectionner la géométrie.
- 123L: Les deux points, les deux points, le cercle là et le cercle là (*il pointe l'écran*).
- 124A: **Clique sur les circonférences des deux trous à usiner.**
- 125APS: **Affiche deux autres circonférences à l'intérieur des deux trous.**
- 126A: C'est bon?
- 127L: Ouais
- 128A: On simule?
- 129L: On simule.
- 130A: **Clique sur ECRAN**
- 131APS: **Affiche le menu d'ÉCRAN**
- 132A: **Clique DEPART OUTIL, ensuite MONTRER OUTIL et enfin VUES 3D.**
- 133APS: **Affiche une image en 3D de la pièce et montre l'outil en train d'effectuer l'usinage qu'ils viennent de programmer.**
- 134L: Oh, maintenant elle fait tout et après on voit plus rien. Faut voir combien de temps on reste par là ce machin (*il pointe à l'écran*).
- 135A: Là, il va changer l'outil (*penché vers l'écran*).
- 136L: (*En se tapant dans la main avec la pièce*). Tu vois, toutes les fois qu'il continue, il est (?)//
- 137A: Ouais, parce qu'il n'y a plus de matière et puis il usine quand même.
- 138L: Ouais.
- 139APS: **Montre un autre outil: la fraise de 3.**
- 140L: Il fait le contour là et pis maintenant il doit faire le trou alors.
- 141A: C'est tout le temps qu'il perd.
- 142L: Non, c'est le contour tout ça (?) (*il montre sur la pièce*). Maintenant il fait la définition de (?), tu vois, maintenant il va, il perd du temps à faire le contour, ...il est.... ÇA il faut le

modifier. Une fois qu'on sait comment faire le trou, il faut le modifier *(il fait le signe du contour sur la pièce, mais A regarde ailleurs et lui-même ne regarde pas ce qu'il fait sur la pièce; son geste paraît autocentré et machinal.... Ah vas-y, bidule infernal!*

143A: Là!

144L: Maintenant on verra plus rien, parce qu'il descend encore... Eh non, il ne descend plus...

145L: Et voilà! On a rien vu! *(il lance la pièce sur la table, il se lève et part).*

2. Attente et explications à l'observatrice

146A: **Donne les commandes pour que la pièce soit affichée de face, en 2D et avec les trajets d'outils. Certaines sont en rouge.**

Clique sur ECRAN.

147APS: **Affiche le menu ECRAN.**

148A: **Clique sur DEPART OUTILS, en suite sur MONTRER OUTILS et enfin sur VUE 3D.**

149APS: **Affiche le dessin de la pièce (comme en 1APS).**

(A se gratte le front et regarde ailleurs. Reste sans rien faire. Parle avec un autre élève. Presque une minute de pause.)

150O: Qu'est-ce qu'il est allé lui demander, là? *(C'est l'observatrice qui parle; elle est placée derrière l'élève.)*

151A: Ouais, justement, au sujet du point de référence qu'on parlait avant, si c'est, si la machine le comprend

152O: Le point de référence!? La surface de référence?

153A: Si on change le point de référence, si le point de référence c'est celui-là, on veut changer et depuis là on veut percer plus bas, mais le problème c'est que avec le message d'erreur qu'il nous dit, on a droit à une distance égale ou plus petite...*(gestes illustratifs sur la pièce)*//

154O: ...que la surface de référence..

155A: Voilà, alors là, à ce moment-là, ça joue pas *(il tape dans sa main avec la pièce, se tourne ailleurs. 5 secondes de silence)*

156O: C'est aussi, est-ce qu'il garde la même surface de référence tout le temps ou est-ce qu'il faut la changer//

157A: Exactement, voilà *(en faisant avec la tête un geste d'approbation).*

158C: ...après les différentes, euh...

159A: Voilà, parce que si on garde la même, par rapport au travail qu'il va faire, beh, il travaille dans le vide, si on lui demande en deux passes, ensuite il va usiner. Alors ce qu'on aimerait avoir, c'est par rapport à ce qu'il a usiné avant... *(il simule sur la pièce, il la regarde pendant la simulation, mais il ne se tourne pas vers l'observatrice.)*//

- 160C: Ouais//
- 161A: ...pour gagner du temps. Mais maintenant on sait pas si c'est possible. Tu comprends? (*en s'adressant à un autre élève - E - qui suit le dialogue*).
- 162E: Tout est possible.
- A ce moment, Lorenzo revient.

3. Les explications rapportées par Lorenzo, décision finale.

- 163A: Ça joue pas?
- 164L: Ouais, c'est des cochonneries, tout ça. (*Il revient avec une autre pièce en main*)
- 165A: C'est pas au point?
- 166L: Il faut faire comme on l'avait avant, parce que ça, ça sert à rien, il faut changer...
- 167A: C'est pas au point leur truc?
- 168L: Eh?
- 169A: C'est pas au point?
- 170L: Non, il a dit qu'on peut le faire, mais on doit changer autre chose, il a dit qu'on doit laisser tomber, parce que ça devient trop compliqué.
- 171A: (Grogne) Ça, c'est simple...
- 172L: Alors c'est ça
- 173A: C'est comme ça qu'on gagne du temps.
- 174L: (*Il regarde A qui tripote la pièce*) C'est (?) parce que nous on a changé, le point de référence c'est celui-là et si on doit refaire le trou en deux fois (*il montre sur la pièce*), il divise l'épaisseur du trou, le bord (?) de deux millimètres, en deux fois il le fait.
- 175A: Ah, d'accord (*il regarde face à lui, une deuxième pièce dans les mains; L manipule la première*).
- 176L: Et si on laisse par rapport à en-haut, il fait avant un trou jusqu'à six et puis de six il va au fond, donc c'est de la cochonnerie, ça sert rien. Bon on modifie.
- 177A: Vas-y alors.
- 178L: On doit annuler, non, alors ça?
- 179A: Beh, annule (*Il soupire*).
- 180L: **Clique sur EDITER.**
- 181APS: **Affiche le menu EDITER.**
- 182L: **Clique sur ANNULER OPERATION.**
- 183APS: **Affiche une boîte de dialogue ANNULER OPERATION.**
- 184L: **Clique sur OK et ensuite sur MACHINE.**

185APS: Affiche le menu de MACHINE.

186L: **Clique sur POCHE.**

187APS: **Affiche la fenêtre POCHE.**

188A: *(Moqueur, à un autre élève)* On voit que t'as souvent travaillé dans un atelier de mécanique!
Justement, ça se voit, au bond que tu as fait!

189L: Alors CONTOUR POCHE. Non: SELECTIONNEES //
Clique sur OK

190APS: **Affiche la fenêtre concernant les plans de travail (POCHE EN SPIRALE)**

191A: T'as annulé le truc? *(Avec la pièce dans les mains, il pointe l'écran)*

192L: Ouais.

193L: C'était la poche, non, là?

194A: Ouais.

195L: Moins 12, alors là tu mets à 0.
Efface -10 à SURFACE DE REFERENCE.

196A: **Tape 0 à SURFACE DE REFERENCE**

197C: Alors vous pouvez pas changer la surface de référence?

198A: On peut, mais c'est trop compliqué

199L: C'est trop compliqué par//

200A: Et pourtant c'est une façon de gagner du temps

201L: Parce qu'après, on devra faire ça en finition, il recommence tout en haut, il travaillera cinq minutes pour rien, et puis là on met une fois.
Efface 2 à NOMBRE DE PASSES

202A: **Met 1 à NOMBRE DE PASSES et -12 à PROFONDEUR DE COUPE**

203L: **Clique OK**

204APS: **Passe à la fenêtre suivante.**

BIBLIOGRAPHIE

- Bain, D. (1995). Vers une évaluation formative des systèmes de formation: pistes pour une recherche efficiente sur l'efficacité de l'école. In: U.P. Trier (Ed.), Analyse de l'efficacité des systèmes de formation. Colloque du PNR 33, Berne 1995. (pp. 196-202). Berne et Aarau: Direction du Programme National de Recherche 33 et Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation.
- Blaye, A., Light, P., & Rubtsov, V. (1992). Collaborative Learning at the Computer; How Social Processes "Interface" with Human-Computer Interaction. European Journal of Psychology of Education, 7(4), 257-268.
- Crook, C. (1995). On Resourcing a Concern for Collaboration Within Peer Interaction. Cognition and Instruction. Special Issue: Processes and Products of Collaborative Problem Solving: Some Interdisciplinary Perspectives., 13(4), 541-547.
- Gilly, M. (1988). Interaction entre pairs et constructions cognitives: modèles explicatifs. In A.N. Perret-Clermont & M. Nicolet (Eds.), Interagir et connaître. Cousset: Delval.
- Grossen, M. (1988). L'intersubjectivité en situation de test. Cousset: Delval.
- Grossen, M., Liengme Bessire, M.-J., & Perret-Clermont, A.-N. (à paraître). Construction de l'interaction et dynamiques socio-cognitives. In M. Grossen & B. Py (Eds.), Pratiques sociales et médiations symboliques. Berne: Peter Lang.
- Healy, L., Stefano, P., & Hoyles, C. (1995). Making Sense of Groups, Computers, and Mathematics. Cognition and Instruction. Special Issue: Processes and products of collaborative problem solving: some interdisciplinary perspectives., 13(4), 505-523.
- Hennessy, S., & McCormick, R. (1994). The General Problem-Solving Process in Technology Education. In F. Banks (Ed.), Teaching technology (pp. 94-108). New York et Londres: Routledge, The Open University.
- Hoyles, C., Healy, L., & Pozzi, S. (1992). Interdependance and Autonomy: Aspects of Groupwork with Computers. Learning and Instruction, 2, 239-257.
- Hoyles, C., Healy, L., & Sutherland, R. (1990). The Role of Peer Group Discussion in Mathematical Environments. Institute of Education, Departement of Mathematics, Statistics and Computing.
- Kebrat-Orecchioni, C. (1988). La notion de place interactionnelle ou: Les taxèmes, qu'est-ce que c'est que ça? In J. Cosnier, N. Gelas & C. Kerbrat-Orecchioni (Eds.), Echanges sur la conversation (pp. 185-198). Paris: Ed. du CNRS.
- Light, P., & Blaye, A. (1989). Computer-based Learning: the Social Dimension. In H. Foot Morgan, M., Shute, R. (Eds.), Children Helping Children Chichester: John Wiley.
- Linhart, F. (1994). La modernisation des entreprises. Paris: Editions La Découverte.
- Mercer, N. (à paraître). The Quality of Talk in Children's Collaborative Activity in the Classroom. Learning and Instruction, 125-154.

- Nunes Carraher, T. N., Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (1991). Mathematics in the Streets and in Schools. In P. Light, S. Sheldon, & M. Woodhead (Eds.), *Learning to Think* (pp. 223-235). London, New York: Routledge, The Open University.
- Perrenoud, P. (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Paris: ESF éditeur.
- Pléty, R. (1996). *L'apprentissage coopérant*. Lyon: Presses Universitaires et ARCI.
- Pochon, L.-O., & Grossen, M. (1994). Définition d'un espace interactif pour aborder l'étude de l'utilisation de l'ordinateur. *Cahiers de Psychologie* (31), 27-47.
- Pochon, L.-O., & Grossen, M. (1995). Apprentissage assisté par ordinateur et interaction homme-machine: étude de cas. *Entretiens internationaux sur l'enseignement à distance*, Poitiers (France): Futuroscope.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies*. Paris: A. Colin.
- Saint-Dizier, V., Trognon, A., & Grossen, M. (1995). Analyse interlocutoire d'une situation de corésolution d'un problème arithmétique. In *Congrès des Sciences Sociales Suisses. Atelier de la Société Suisse de Psychologie*, Berne.
- Schubauer-Leoni, M. L., & Grossen, M. (1993). Negotiating the Meaning of Questions in Didactic and Experimental Contracts. *European Journal of Psychology of Education*, 8(4), 451-471.
- Scribner, S., Thinking in action: some characteristics of practical thought, In R.J. Sternberg, & R.K. Wagner (Eds.), *Practical intelligence. Nature and origins of competence in the everyday world* (pp. 13-30), Cambridge (Mass.): Cambridge University Press.
- Stroobants, M. (1993). *Savoir-faire et compétences au travail. Une sociologie de la fabrication des aptitudes*. Bruxelles: Editions de l'Université de Bruxelles.
- Trognon, A. (1991). L'interaction en général: sujets, groupes, cognitions, représentations sociales. *Connexions*, 57(1), 9-26.

**Liste des documents de recherche du projet:
"Apprendre un métier technique aujourd'hui"**

- No 1 Interactions sociales et transmission des savoirs techniques.
Travaux de séminaire. (Décembre 1994). - 66 p.
Chantal Blanc, Daria Michel, Isabelle Villard & Anne-Nelly Perret-Clermont.
- No 2 Repérage bibliographique concernant la Formation Professionnelle, à travers la revue Panorama et le Programme National de Recherche "Education et Vie Active". (Décembre 1994). - 58 p.
Franco De Guglielmo, Annalisa Bazan & Jean-François Perret.
- No 3 Le système suisse de formation professionnelle: repères généraux. (Mars 1995). - 32 p. *Danièle Golay Schilter.*
- No 4 Regards sur l'organisation et les enjeux de l'enseignement à l'Ecole Technique de Sainte-Croix. (Mars 1995). - 79 p.
Danièle Golay Schilter.
- No 5 Les élèves de l'Ecole Technique de Sainte-Croix: données quantitatives. A la recherche d'éléments de description et de comparaison significatifs. (Août 1995). - 20 p. *Jean-François Perret.*
- No 6 Nouvelles technologies dans une Ecole Technique: logique d'équipement et logique de formation. (mai 1997). -53 p. *Jean-François Perret.*
- No 7 Aux prises avec l'informatique industrielle: collaboration et démarches de travail chez des élèves techniciens. (Février 1997). - 87 p.
Danièle Golay Schilter, avec Anne-Nelly Perret-Clermont, Jean-François Perret, Franco De Guglielmo & Jean-Philippe Chavey.
- No 8 Transmission de savoirs techniques: la relation maître-élève-savoir dans la perspective d'une psychologie socio-culturelle. (Mars 1996). - 49 p.
Nathalie Muller.
- No 9 Interactions entre maître et élèves en cours de travaux pratiques. (Mars 1997). - 35 p.
Jean-François Perret, Anne-Nelly Perret-Clermont & Danièle Golay Schilter.
- No 10 Apprendre un métier technique aujourd'hui: représentations des apprenants. Rapport scientifique. (Février 1997). - 33 p.
Claude Kaiser, Anne-Nelly Perret-Clermont, Jean-François Perret & Danièle Golay Schilter.
- No 11 Résoudre à deux un problème de fabrication assistée par ordinateur: analyse interlocutoire d'une séquence de travail. (Mars 1997). - 24 p.
Pascale Marro Clément.
- No 12 Interactions sociocognitives dans une tâche d'informatique industrielle: quel en est l'efficience? (Mars 1997). - 27 p.
Danièle Golay Schilter, Jean-François Perret, Anne-Nelly Perret-Clermont & Franco De Guglielmo en collaboration avec Jean-Philippe Chavey .
- No12bis Sociocognitive interactions in a computerised industrial task: are they productive for learning? - 27 p.
(Mars 1997 / version en anglais du document No 12).
Danièle Golay Schilter, Jean-François Perret, Anne-Nelly Perret-Clermont & Franco De Guglielmo en collaboration avec Jean-Philippe Chavey .
- No 13 Apprendre la fabrication assistée par ordinateur: sens, enjeux et rapport aux outils. (Mai 1997). *Danièle Golay Schilter.*

- No 14 Aperçu des travaux du séminaire de recherche: "Interactions sociales et acquisition de savoirs techniques" (Novembre 1997).
Jean-François Perret (ed.)
- No 15 Ressources bibliographiques. (Novembre 1997). *Jean-François Perret & al.*
- N0 16 Choisir et prendre en charge sa formation? (à paraître)
Claude Kaiser, Anne-Nelly Perret-Clermont, Jean-François Perret