

APPRENTISSAGES DE SCHÈMES D'USAGE ET DE SCHÈMES D'ACTION INSTRUMENTÉE ; COMPARAISON DE POPULATIONS D'ÉTUDIANTS ET DE TYPE DE MÉDIATION

Yves Cartonnet

Nous présentons l'évaluation formative de séances de travaux pratiques de Technologie-Mécanique en licence, dans le département de Génie mécanique, à l'École Normale Supérieure de Cachan. Les étudiants, issus à parité de DEUG ou de CPGE, avaient accès aux modes d'emploi soit par un ordinateur et un logiciel multimédia, soit par un photocopie similaire, avec photos. L'évaluation, par observation vidéo systématique et par post-test, avait pour but d'identifier les apports et les difficultés liés à cet accès médiatisé par l'ordinateur à l'information. Elle portait sur la maîtrise du fonctionnement d'un appareil de mesure. Quatre résultats sont observables : les acquis préalables des deux populations d'étudiants en micro-informatique sont similaires ; les performances par binôme ne sont pas influencées globalement par le type - ordinateur ou photocopie - d'accès aux modes d'emploi ; par contre les deux populations obtiennent des scores inverses selon l'utilisation de tel ou tel mode d'accès, le multimédia handicape les DEUG et favorise les CPGE ; enfin, l'accès instrumenté ou non modifie le poste de travail de T.P., influence les communications entre les étudiants et donc les apprentissages de chacun.

1. POURQUOI S'INTÉRESSER AUX AIDES MULTIMÉDIA EN T.P. ?

L'évolution des structures d'enseignement en Sciences et Techniques Industrielles et l'évolution des pratiques industrielles nous ont poussé à effectuer ce travail.

En effet, en premier lieu, depuis 1987, les réformes des filières Sciences et Techniques Industrielles (STI) donnent un horaire prépondérant, au moins 50 %, aux T.P. Il s'agit d'un glissement de ces enseignements de l'atelier vers le laboratoire. Y. Legoux [1972] a montré que ce phénomène est apparu dès les années 1960. Les enseignants de STI doivent donc enseigner l'utilisation des appareils de mesure pour analyser le fonctionnement des machines existantes. Cela constitue une étape préalable à la conception de machines nouvelles. Et souvent l'enseignant est seul pour gérer une séance au cours de laquelle jusqu'à douze groupes d'élèves travaillent sur des T.P. parfois tous différents.

Par ailleurs, les évolutions des pratiques industrielles, leur informatisation imposent la généralisation de la Conception

les réformes
de l'éducation
imposent les T.P.

l'évolution
des pratiques
professionnelles
impose
l'ordinateur
multimédia

Assistée par Ordinateur (CAO). Par conséquent, les enseignants de STI doivent apprendre le maniement des ordinateurs et des logiciels de CAO, à leurs élèves. En effet, avec l'introduction de l'informatique dans les services techniques, l'accès aux documents passe maintenant largement par l'ordinateur. Et "la CAO demande des capacités de conducteur de machine, et impose les opérations correspondantes en plus des tâches habituelles du projeteur", [Poitou, 1989, p. 142]. Voilà donc le concepteur au prise avec une médiation par un dispositif constitué de matériel, boutons et écrans, et de logiciels avec leurs fonctionnalités et leurs interfaces.

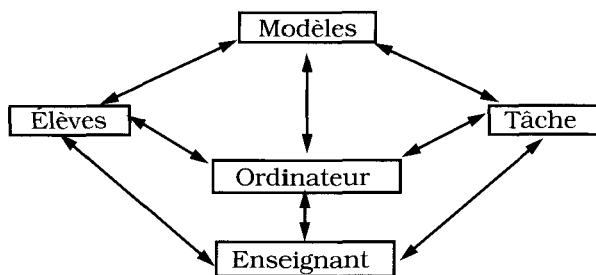
L'étudiant, pour être un concepteur, doit connaître l'existant technique. Les T.P. ont cet objectif de lui faire analyser des machines industrielles. Dans les pratiques industrielles similaires, de maintenance par exemple, l'accès à la documentation est également informatisé. Les dépanneurs consultent les schémas et plans, des photocopieurs par exemple, sur leur ordinateur portable.

Nous avons donc voulu étudier, d'une part, les conséquences de l'introduction massive des activités de T.P. pour les élèves, et d'autre part, de l'informatisation des pratiques industrielles et précisément les apports ou difficultés éventuellement liés à une présentation multimédia des modes d'emploi en T.P. En particulier, est-ce une aide pour la gestion des débuts de séances de T.P., moment où il faudrait expliquer les fonctionnements d'appareils différents, à tous les étudiants en même temps ? Et existe-il des difficultés éventuelles liées à l'utilisation d'un ordinateur pour accéder aux documents multimédia de mode d'emploi ?

2. QUESTIONS DE RECHERCHE

On peut donc, maintenant, caractériser les situations d'enseignement en STI par le schéma suivant :

Document 1. Caractérisation des situations d'enseignement en T.P., en STI



Le groupement élèves-modèle-ordinateur-tâche se répète avec le nombre de groupes de T.P. que l'enseignant doit encadrer.

l'ordinateur
médiatise
systématiquement
la relation de
l'élève à sa tâche

On constate donc que les dispositifs matériels, et l'ordinateur en particulier, sont des médiateurs obligés dans les situations d'enseignement actuelles en Sciences et Techniques Industrielles. Nous nous occuperons ici, uniquement de cet aspect de la situation d'enseignement décrite ci-dessus. C'est donc l'accès, médiatisé par un ordinateur ou non, aux documents auquel nous nous intéressons.

Médiateur est souvent synonyme de facilitateur. Mais on parle aussi de relation médiate, chère à Bachelard [1938, p. 23] car opposée à immédiate, celle entre le médecin et le patient par le stéthoscope, par exemple. Et l'interposition du médiateur peut alors ne pas être exempte de difficulté pour le sujet. Le but de ce travail est donc d'évaluer expérimentalement la qualité de l'apprentissage de l'utilisation des appareils de mesure associés, avec accès médiatisé par ordinateur ou non, et d'en comprendre les difficultés.

L'expérimentation a eu lieu auprès d'étudiants de licence de Technologie-Mécanique, au département de Génie mécanique, à l'E.N.S. de Cachan, en travaux pratiques (T.P.) de technologie. Le premier contenu d'enseignement visé dans ce T.P. est la maîtrise de l'utilisation du banc d'essai et des appareils de mesure. Il est très important car il conditionne la suite des apprentissages visés dans le T.P. : objectivation et modélisation, maîtrise des algorithmes de dimensionnement en bureau d'études mécaniques.

3. CADRE DE RÉFÉRENCE : ACQUIS SUR L'INSTRUMENTATION

La maîtrise de l'utilisation des appareils de mesure, bien que préalable aux autres apprentissages, a peu été étudiée en didactique. Par contre, en psychologie cognitive et du travail, un cadre d'analyse de l'utilisation des machines a été développé. Nous allons voir comment nous pouvons l'utiliser pour cerner les obstacles liés aux ordinateurs et aux logiciels en T.P.

maîtriser
un appareil ?
son fonctionnement
ou
son utilisation ?

Deux auteurs [Bisseret et Enard, 1969] ont comparé différentes façons de présenter les appareils de leur poste de travail à de futurs contrôleurs aériens : soit selon une logique de construction, soit selon une logique d'utilisation. J.-F. Richard [1983] a repris ces travaux et conclu qu'une présentation selon une logique de fonctionnement, apporte une aide limitée pour l'utilisation d'un appareil.

Par ailleurs, P. Vermersch [1976] a étudié l'acquisition de la maîtrise de l'oscilloscope. Et il a montré qu'avec une présentation complète du fonctionnement, les sujets n'arrivent initialement pas à régler l'appareil.

Dans cette lignée, nous concevons la maîtrise des modes opératoires à partir de la notion d'instrument que définit Pierre Rabardel [1995]. Cet auteur propose de "considérer

deux niveaux de maîtrise de l'utilisation : l'élaboration de schèmes d'usage ou de schèmes d'action instrumentée

quelle influence du type d'accès aux modes d'emploi sur la maîtrise des appareils ?

l'instrument comme une entité mixte qui tient à la fois du sujet et de l'artefact [par exemple, l'ordinateur multimédia ou l'appareil de mesure]. L'instrument comprend dans cette perspective : un dispositif matériel ou symbolique [...] ; un ou des schèmes d'utilisation résultant d'une construction propre ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants." (op. cit., p. 11). Deux types de schèmes sont à construire. Les schèmes d'usage et les schèmes d'actions instrumentées. Les schèmes d'usage sont relatifs aux tâches secondes, " *c'est-à-dire celles relatives à la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact, [...], par exemple, les schèmes d'utilisation élémentaires de manipulation du bouton de commande*" (op. cit., p. 113). Les schèmes d'action instrumentée incorporent les schèmes d'usage et sont relatifs aux tâches premières, c'est-à-dire aux tâches qui sont " *principales, orientées vers l'objet de l'activité, et pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation*" (op. cit., p. 114).

Maîtriser les modes opératoires signifie donc pour nous, avoir construit les schèmes d'usage et les schèmes d'action instrumentée pour les différents appareils à utiliser en T.P. Nous avons étudié l'effet de deux facteurs sur l'apprentissage évalué.

- Un premier facteur est l'accès aux documents par une machine ou non. Le support du mode d'emploi est donc soit un ordinateur, soit un polycopié. Face au développement des aides multimédias, nous avons voulu évaluer leur impact sur cette nécessité pour l'utilisateur d'utiliser un ordinateur. Est-ce que l'utilisation d'un mode d'emploi multimédia sur ordinateur est plus difficile à utiliser qu'un mode d'emploi identique sur support papier avec des photos en couleur ? Notre hypothèse est que l'ordinateur obligera à l'élaboration des schèmes d'utilisation et rendra l'apprentissage de l'utilisation des dispositifs de mesure plus difficile. Nous avons conçu le logiciel multimédia pour une présentation selon une logique d'utilisation des appareils à utiliser pendant le T.P.

- Le deuxième facteur est l'origine scolaire récente des étudiants. La moitié de la centaine d'étudiants de licence concernés est issue de premier cycle universitaire, détenteurs du DEUG, l'autre moitié de Classes Préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE), ayant réussi le concours d'entrée à l'ENS de Cachan. On s'attend traditionnellement à des différences entre de telles populations. Peut-on garder cet *a priori*, et si oui, sur quels acquis précisément ?

4. MÉTHODOLOGIE

Nous présentons ici la façon dont nous avons préparé les séances de T.P. : les tâches, l'accès au mode d'emploi, la

répartition des étudiants par groupes et les interventions de l'enseignant. Le but est de recueillir les données qui devraient nous permettre de préciser les acquis des étudiants en ce qui concerne leur construction intellectuelle des schèmes d'usages et des schèmes d'action instrumentée.

4.1. Les tâches

Trois séries de tâches ont été proposées aux étudiants.

une tâche
préalable :
utiliser
les appareils
de mesure

Pendant le T.P., comme on l'a vu dans le contenu d'enseignement, ils devaient utiliser les appareils et planifier une expérimentation pour obtenir les courbes phénoménologiques relatives au frottement de glissement entre des matériaux utilisés dans des machines comme les freins, les embrayages, les guidages, les cames. Ils devaient ensuite, à partir de ces courbes, résoudre deux problèmes techniques de vérification d'un dimensionnement.

À la fin du cycle de T.P., qui dure deux mois, les étudiants passent un examen de T.P. Il comporte trois types de questions : sur les fonctions des boutons des appareils montrés en photographie ; sur les ordres de grandeurs obtenus pendant les T.P. ; sur la résolution algorithmique de problèmes techniques de dimensionnement d'un embrayage et d'un arbre à came.

Enfin, cinq mois après l'examen de T.P., nous avons fait passer un test individuellement à chaque étudiant. Il s'agissait de régler et d'utiliser une chaîne de mesure d'effort pour mesurer le poids d'un cylindre d'acier. Les composants de la chaîne de mesure étaient ceux utilisés pendant le T.P. Mais pendant le T.P., cette chaîne mesurait un effort de frottement au lieu d'un effort de pesanteur.

4.2. Les accès aux modes d'emploi

L'accès aux modes d'emploi du banc d'essai et des différents appareils de mesure se fait de deux façons, médiatisé par un ordinateur ou non.

ordinateur
multimédia...

Nous avons utilisé, d'une part, un logiciel d'Assistance MultiMédia Interactives (AMMI), développé en projet avec des étudiants de licence. Le premier écran (voir en annexe) présente des cadres indiquant la succession des actions à effectuer pour réaliser une mesure. Seule la première action est décrite, pour accéder à la suite il faut cliquer sur un bouton "*suite de la démonstration*". L'utilisateur peut obtenir des explications supplémentaires relatives à la mise en œuvre de chaque action en cliquant sur un autre bouton "*plus d'informations*".

...ou livre
à renvois

D'autre part, nous avons rédigé un cahier de T.P. concernant uniquement le fonctionnement de la machine de T.P. et des appareils de mesure. Nous avons fourni ces informations sous forme procédurale, exactement sur le modèle des

écrans de l'AMMI. Seulement, au lieu d'accéder aux "hyperpages" par un "clic" on indique pour chaque action, " pour plus d'information aller page numéro tant".

Les étudiants disposent d'un deuxième document (le cahier de T.P.) qui rappelle le problème technique à résoudre et fournit des renseignements pratiques, comme des courbes d'étalonnage.

4.3. Les populations

cohabitation
d'étudiants
issus des
deux premiers
cycles
universitaires
français

Comme nous l'avons dit plus haut les étudiants sont issus de deux origines scolaires : soit ils ont un DEUG et sont étudiants de l'Université Paris VI ; soit ils ont réussi le concours d'entrée après leur CPGE et sont élèves de l'École Normale Supérieure (ENS) de Cachan. Ils préparent tous une licence de Technologie-Mécanique.

Nous avons réparti aléatoirement les étudiants selon les deux modalités d'accès au mode d'emploi. Mais chaque sous-groupe par modalité contient le même nombre d'étudiants d'une même origine scolaire. Les binômes ou trinômes d'étudiants ont été constitués par affinité.

Nous avons voulu connaître le niveau d'"alphabétisation informatique" des étudiants de chaque population, en faisant passer individuellement un questionnaire aux étudiants.

peu de
différence
sur les acquis
en micro-
informatique

On constate que le taux d'utilisation des micro-ordinateurs n'est pas très éloigné entre les deux populations et que les prescriptions officielles d'ExAO n'ont été vécues et retenues que par 12 % des étudiants issus de CPGE (voir ci-contre document 2).

4.4. Le scénario d'intervention de l'enseignant

Nous avons un seul protocole d'enseignement pour les deux situations expérimentales (accès au mode d'emploi par l'ordinateur ou par le photocopie). Tout d'abord, l'enseignant explique le but du T.P. : obtenir les lois de variation du coefficient de frottement de glissement en fonction de l'effort normal et de la vitesse de glissement pour différents échantillons de matériaux. Ensuite, il expose les problèmes techniques que ces connaissances permettent de résoudre et qui seront à résoudre. Enfin, il signale qu'une aide – soit l'Assistance MultiMédia Interactive (AMMI), soit le photocopie – permet d'apprendre à faire fonctionner les appareils. Il s'éloigne en disant qu'il "lance" le travail des autres groupes et qu'ensuite il reviendra. Il revient au bout de cinquante minutes, comptées depuis le début de la séance.

4.5. Méthodes d'observation et d'analyse

observation
vidéo
systématique

Nous avons filmé en vidéo les 18 séances de T.P. de trois heures in extenso. Le caméscope était monté sur un pied fixe pendant toute la durée du T.P. Les étudiants étaient deux ou trois par poste de travail. La caméra était installée

de telle sorte que son "champ visuel" couvre en permanence la zone de travail.

**Document 2. Résultats d'un questionnaire sur les acquis
des étudiants en micro-informatique**

ÉTUDIANTS ISSUS DE DEUG		ÉTUDIANTS ISSUS DE CPGE	
41 sujets		36 sujets	
ayant déjà fait un T.P. de frottement 4,9 %	n'ayant pas fait de T.P. de frottement 95,1 %	ayant déjà fait un T.P. de frottement 0 %	n'ayant pas fait de T.P. de frottement 100 %
ayant un micro-ordinateur chez eux 65,85 %	n'ayant pas de micro-ordinateur chez eux 34,15 %	ayant un micro-ordinateur chez eux 44,4 %	n'ayant pas de micro-ordinateur chez eux 55,6 %
ont utilisé un micro-ordinateur pendant leurs études 87,8 %	n'ont pas utilisé un micro-ordinateur pendant leurs études 13,2 %	ont utilisé un micro-ordinateur pendant leurs études 94,4 %	n'ont pas utilisé un micro-ordinateur pendant leurs études 5,6 %
Type de logiciels : jeux : 22 % math : 3 % multimédia : 15 % bureautique : 15 % DAO/CAO : 9 % programmation : 23 % physique ExAO : 0 %		Type de logiciels : jeux : 13 % math : 13 % multimédia : 6 % bureautique : 14 % DAO/CAO : 20 % programmation : 22 % physique ExAO : 12 %	
ont un e-mail 85,4 % (il suffit de le demander)	n'ont pas de e-mail 14,6 %	ont un e-mail 100 %	n'ont pas de e-mail 0 %
ont utilisé Internet 92,7 %	n'ont pas utilisé Internet 7,3 %	ont utilisé Internet 97,2 %	n'ont pas utilisé Internet 2,8 %

et
dépouillement
par
actigramme

Ensuite, pour établir l'actigramme de chaque vidéo [Cartonnet, Durey, 1996], nous portons en ordonnée les types d'activités (prise d'information, discussion entre étudiants, appel à l'enseignant, discussion avec l'enseignant, action sur le matériel) repérées par le dépouillement d'une première cassette vidéo. Puis, le temps étant en abscisse, nous traçons un segment en face de l'activité concernée, dont la longueur est proportionnelle à la durée de l'activité. Comme les étudiants étaient plusieurs par groupe, parfois ils agissaient simultanément. Nous avons pris le principe de noter l'activité

qui concernait l'avancement du travail expérimental, en particulier de la prise de mesure. Dans les cas, rares, où deux étudiants agissaient dans ce sens simultanément, nous notions les deux activités sur l'actigramme.

Comment interpréter ce recueil de données relativement à l'élaboration des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée ?

deux phases
de tests
des capacités
des étudiants

Résumons les données recueillies. Nous avons distingué deux moments de recueil de données : pendant la séance de T.P. et cinq mois après l'examen, lors d'un post-test. Les tâches ont été données à effectuer : soit à des groupes de deux ou trois étudiants, pendant la séance de T.P., soit à chaque étudiant, seul, pendant le post-test.

L'élaboration des schèmes d'usage sera évaluée, pour les groupes, par la mesure du nombre de mesures correctes réalisées pendant le T.P., et les difficultés d'élaboration par le nombre de questions posées à l'enseignant à propos du matériel. Individuellement, la performance réalisée lors du post-test (voir 4.1) – ne rien faire ou réaliser une mesure incorrecte – a également été retenue comme descripteur d'un manque d'élaboration des schèmes d'usage.

Le descripteur de l'élaboration des schèmes d'action instrumentée est la capacité à réutiliser un des appareils de mesure dans un contexte différent de celui de l'apprentissage, lors du post-test, cinq mois après la formation.

Document 3. Descripteurs observés pour évaluer la construction des schèmes d'usage, et d'action instrumentée par les étudiants, et les difficultés à cette construction

Moment \ Acquis visés	Pendant la séance de T.P.	Pendant le post-test, cinq mois après l'examen
Schèmes d'usage	<ul style="list-style-type: none"> – nombre de mesures effectuées – nombre de requêtes auprès de l'enseignant 	<ul style="list-style-type: none"> – nombre d'étudiants ne sachant rien faire – nombre d'étudiants ayant su faire une mesure mais de valeur incorrecte
Schème d'action instrumentée		<ul style="list-style-type: none"> – nombre d'étudiants ayant su faire une mesure et de valeur correcte

5. RÉSULTATS

Le travail expérimental présenté maintenant a été réalisé avec l'aide de Pierre-Emmanuel Vinand [1997].

5.1. Élaboration des schèmes d'usage

• Conduite des groupes pendant les séances de T.P.

Nous nous intéressons ici aux résultats obtenus par les binômes, ou trinômes, d'étudiants, formant un groupe de travail sur le poste de T.P.

Variation du nombre de mesures

Nous avons retenu le nombre de mesures réalisées comme descripteur de l'élaboration des schèmes d'usage. Nous avons donc compté le nombre de mesures correctes réalisées par chaque groupe de T.P. (2 ou 3 étudiants dans un groupe) au bout de deux heures de T.P. et au bout de trois heures, durée de la séance de T.P.

Au bout de deux heures, on constate que les étudiants issus de CPGE ont des scores doubles de ceux obtenus par les étudiants de DEUG et que par contre, l'accès, médiatisé ou non par ordinateur, ne modifie pas le nombre de mesure, réalisées (cf. tableau 1).

Tableau 1. Moyenne des nombres de mesures obtenus par groupe au bout de deux heures

	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	13	20	17
Mode d'emploi photocopié	10	26	19
Moyenne	11,5	23	

différences dues aux populations, pas aux modes d'accès aux modes d'emploi

Au bout de trois heures, on observe encore une différence importante liée aux origines des deux populations d'étudiants. Ceux issus de DEUG réalisent 26 mesures contre 49 pour ceux issus de CPGE. Le mode d'accès aux modes d'emploi ne différencie pas beaucoup, comme précédemment, le nombre de mesures : 32 mesures avec une médiation par l'ordinateur contre 45 sans (cf. tableau 2).

Tableau 2. Moyenne des nombres de mesures obtenus par groupe au bout de trois heures

	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	26,5	37,6	32,6
Mode d'emploi photocopié	26,2	60,2	45,1
Moyenne	26,4	48,9	38,9

Variation du nombre des requêtes à l'enseignant au cours du déroulement de la séance

Nous avons retenu le nombre de requêtes comme descripteur des difficultés à élaborer des schèmes d'usage. Nous avons compté le nombre de requêtes que les étudiants ont adressées à l'enseignant au sujet du fonctionnement du matériel.

deux fois plus de questions à l'enseignant selon les populations

Les étudiants de DEUG appellent deux fois plus l'enseignant. Ils formulent 5,6 requêtes alors que ceux de CPGE en formulent 3,2, après les cinquante premières minutes (cf. tableau 3).

Tableau 3. Moyenne des nombres de requêtes des étudiants, par groupe, à l'enseignant relativement au matériel

	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	6	3	4,5
Mode d'emploi photocopie	5,3	3,4	4,2
Moyenne	5,6	3,2	4,3

Nous présentons ici les résultats en distinguant le moment auquel les requêtes ont eu lieu, avant de mesurer ou pendant les mesures, afin de mettre à jour d'éventuelles différences de comportement vis-à-vis du matériel, entre les deux populations.

surtout des questions sur le matériel avant de commencer à mesurer

Voyons donc d'abord la différence du nombre d'appels à l'enseignant avant que les étudiants ne commencent à mesurer. Ceux issus de DEUG appellent 4,25 fois et ceux de CPGE 1,9 fois. Les étudiants issus de DEUG posent donc beaucoup de questions avant de commencer à mesurer (cf. tableau 4).

Tableau 4. Moyenne des nombres de requêtes des étudiants à l'enseignant relativement au matériel (questions posées avant que les étudiants ne mesurent)

	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	5	1,8	3,2
Mode d'emploi photocopie	3,5	2	2,7
Moyenne	4,25	1,9	2,9

En comptant le nombre d'appels des étudiants pendant leur période de mesure, on constate que les questions ont été

posées principalement avant le début des mesures. Les étudiants issus de DEUG posent le même nombre de questions que ceux issus de CPGE (cf. tableau 5).

Tableau 5. Moyenne des nombres de requêtes des étudiants à l'enseignant relativement au matériel (questions posées pendant la période de mesure)

	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	1	1,2	1,1
Mode d'emploi photocopié	1,5	1,4	1,4
Moyenne	1,2	1,3	1,3

• Conduites individuelles : difficultés ou non lors du post-test

Nous relatons ici les résultats relatifs à la capacité ou l'incapacité de chaque étudiant, à réussir à utiliser la chaîne de mesure d'efforts lors du post-test.

Les résultats au post-test montrent que l'on peut distinguer trois niveaux acquis par les étudiants. Le premier niveau signifie que l'étudiant ne sait plus rien faire. Le niveau 2 signifie que l'étudiant sait obtenir une mesure, mais incorrecte car il ne règle pas la sensibilité et le calibre de l'amplificateur. Enfin, le niveau 3 est celui de l'étudiant qui obtient une mesure correcte.

Le niveau 2 correspond donc pour nous à l'élaboration et la réutilisation des schèmes d'usage et le niveau 3 aux schèmes d'action instrumentée. Nous donnons ici la répartition des étudiants ayant atteint les niveaux 1 et 2 selon les deux variables.

Pour l'absence de schèmes d'usage, la proportion d'étudiants de niveau 1 dans chaque population (70 % issus de DEUG et 33 % issus de CPGE) est bien contrastée. Par contre, 55 % des étudiants ayant eu accès aux modes d'emploi par ordinateur et 47 % de ceux ayant utilisé le photocopié sont de niveau 1. Le mode d'accès a donc peu d'influence globalement. Mais il n'a pas le même effet sur les deux populations. 90 % des étudiants issus de DEUG n'arrivent à rien faire lors du post-test s'ils ont eu accès aux modes d'emploi par ordinateur contre 20 % d'échec parmi ceux issus de CPGE. Le photocopié, par contre, donne le même taux d'échec quelle que soit l'origine des étudiants (cf. tableau 6).

En ce qui concerne la construction de schèmes d'usage relatifs à l'acquisition d'une mesure sans réglage (atteinte du niveau 2, i.e. oubli de l'étalonnage et du réglage des calibre), on remarque une différence selon l'origine des étudiants

les acquis cinq mois après la formation diffèrent surtout selon les populations...

... et peu selon le mode d'accès aux modes d'emploi

mais pas selon le mode d'accès aux modes d'emploi. On constate également que pour ce niveau d'apprentissage le type de support de mode d'emploi n'a pas le même effet sur les deux populations. C'est le multimédia qui handicape le plus les étudiants issus de DEUG alors que c'est le photocopié qui handicape le plus ceux issus de CPGE (cf. tableau 7).

Tableau 6. Pourcentage d'étudiants de chaque groupe expérimental de niveau 1 (n'ayant rien su faire lors du test de rappel)

en %	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	90	20	55
Mode d'emploi photocopié	50	45	47
Moyenne	70	33	

Tableau 7. Pourcentage d'étudiants de chaque groupe expérimental de niveau 2 (ayant su faire une mesure incorrecte, lors du test de rappel)

en %	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	10	60	35
Mode d'emploi photocopié	50	36,4	43
Moyenne	30	47,6	

5.2. Élaboration des schèmes d'action instrumentée

Comme nous l'avons vu plus haut, nous considérons que les schèmes d'action instrumentée sont élaborés par un étudiant s'il parvient à utiliser les appareils pour une autre action que celle apprise pendant la séance de T.P.

Trois niveaux sont atteints selon les étudiants. Ceux du niveau 1 ne savent plus rien faire avec l'appareil de mesure. Ceux du niveau 2 effectuent une mesure incorrecte car ils ne règlent pas le calibre et n'étalonnent pas l'amplificateur. Enfin, ceux du niveau 3 réalisent une mesure correcte.

Nous donnons, dans le tableau 8, les résultats de chaque étudiant et nous reconstituons les binômes, ou trinôme, à partir des résultats obtenus individuellement lors du post-test.

Nous reprenons ces résultats dans le tableau 9. Nous constatons que l'atteinte du niveau 3 (réaliser une mesure

pas
d'élaboration
des schèmes
d'action
instrumentée
pour
la population
issue de DEUG

correcte) n'est pas influencée par le support des modes d'emploi mais l'est par les différences entre populations.

Tableau 8. Niveau des élèves pour chaque groupe de T.P.

	Élève 1	Élève 2	Élève 3
6	1	1	2
3	2	2	
7	1	1	3
1	1	1	
8	1	1	
15	1	1	1
5	2	3	
16	2	3	
4	2	3	
13	1	2	
2	2	2	
18	1	2	
11	1	2	
12	1	1	2
9	1	1	2
14	1	2	
10	1	2	
17	1	2	

peu d'homogénéité des acquis dans les groupes

Tableau 9. Pourcentage d'étudiants de chaque groupe expérimental ayant atteint le niveau 3 (ayant su faire une mesure correcte, lors du test de rappel)

en %	Étudiants issus de DEUG	Étudiants issus de CPGE	Moyenne
Mode d'emploi multimédia	0	20	10
Mode d'emploi photocopié	0	18,1	9,5
Moyenne	0	19	

5.3. Homogénéité des acquis dans les groupes de T.P.

Le post-test nous a également permis d'étudier la question : qu'est-ce que chacun a appris dans un binôme ou trinôme d'étudiants ayant effectué le T.P. ensemble ? En particulier, chacun a-t-il élaboré des schèmes d'action instrumentée, et sinon pourquoi ?

En reportant les résultats individuels des étudiants au sein des groupes de T.P. (cf. tableau 8), on observe que trois types de répartition des acquis entre étudiants apparaissent. Le tableau 8, ci-dessus, montre que, lors du post-test, pour les trois groupes (n^{os} 1, 8 et 15) aucun étudiant ne sait mesurer (tous au niveau 1). Nous nommerons A cette répartition des acquis dans un groupe. Pour les cinq groupes (n^{os} 3, 5, 16, 4 et 2) tous atteignent le niveau 2 ou 3. Nous nommerons B ces groupes dans lesquels tous ont des acquis. Et pour les dix groupes restant, un seul étudiant sait encore mesurer au niveau 2 ou 3. Nous nommerons C ces groupes dans lesquels un seul étudiant a acquis la maîtrise du fonctionnement de l'appareil de mesure.

Nous reportons ici les types de répartition des acquis (A, B ou C) selon les populations et le type d'accès aux modes d'emploi.

On remarque alors (cf. tableau 10), qu'avec le photocopié, la répartition des acquis de type C, selon lequel un seul étudiant sait encore mesurer, est majoritaire (78 %) alors qu'avec le multimédia ce n'est pas le cas (33 %).

Pour la répartition des acquis de type A, selon lequel aucun étudiant ne sait encore mesurer, les différences sur les deux variables sont également importantes : 38 % de type A pour les étudiants issus de DEUG contre 0 % pour ceux issus de CPGE et 33 % avec le multimédia contre 0 % avec le photocopié.

un effet du mode d'accès aux modes d'emploi sur l'homogénéité des acquis dans les binômes

Tableau 10. Pourcentage des groupes de T.P. par type de comportement de groupe de T.P., relativement à la population de cette situation expérimentale

en %	Étudiants issus de DEUG			Étudiants issus de CPGE			Moyenne		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Mode d'emploi multimédia	75	0	25	0	60	40	33	33	33
Mode d'emploi photocopié	0	25	75	0	20	80	0	22	78
Moyenne	38	13	50	0	40	60			

6. BILAN ET DISCUSSION

6.1. Différences entre les deux populations

Un premier résultat provient du questionnaire préalable. Il apparaît que l'expérience d'utilisation d'un micro-ordinateur n'est pas très différente d'une population à l'autre. On relèvera également le peu d'ExAO mentionné par les élèves issus de CPGE, malgré les prescriptions officielles.

En ce qui concerne l'élaboration des schèmes d'usage, les différences de populations ont un effet toujours important :

- moitié moins de mesures pour les étudiants issus de DEUG ;
- le double de questions avant de commencer à mesurer pour ces mêmes étudiants ;
- et les groupes dans lesquels aucun étudiant ne sait mesurer lors du post-test sont tous issus de la population issus de DEUG.

Ce résultat peut permettre de gérer le passage de l'enseignant auprès des différents groupes. Il semble nécessaire d'aider notablement les étudiants issus de DEUG. En effet, 26 mesures en moyenne pour ce T.P. ne suffisent pas pour répondre correctement à la suite des questions relatives au phénomène de frottement et à l'utilisation de sa quantification pour concevoir des machines. On ne peut donc pas négliger la maîtrise, même procédurale, des appareils de mesure.

Une constitution des groupes de T.P. mélangeant des étudiants d'origines différentes pourrait peut-être permettre un tutorat favorable à l'apprentissage de tous.

Relativement à l'élaboration des schèmes d'action instrumentée, les deux populations se distinguent également : aucun étudiant issu de DEUG ne parvient à réutiliser l'appareil de mesure d'effort. Mais ce ne sont seulement que 20 % des étudiants issus de CPGE qui y arrivent.

6.2. Différence d'accès aux modes d'emploi

Le support des modes d'emploi – multimédia ou polycopié – n'a pas d'influence, en moyenne, sur la construction des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée relatifs à l'appareil de mesure d'effort.

Néanmoins, le mode d'emploi multimédia semble créer des difficultés pour les étudiants issus de DEUG pour l'apprentissage à long terme. En effet, 90 % des étudiants et 75 % des groupes issus de DEUG, ayant utilisé le mode d'emploi sur ordinateur multimédia, n'arrivent plus à rien mesurer lors du post-test, contre 50 % des étudiants, et 0 % des groupes, également issus de DEUG et ayant utilisé le polycopié. On notera également que ces étudiants posent plus

l'enseignant
peut gérer
son premier
passage auprès
des groupes
selon
leur histoire

l'ordinateur multimédia est un nouvel appareil à instrumenter également

de questions avant de mesurer lorsqu'ils utilisent le multimédia que lorsqu'ils utilisent le polycopié.

Par contre, pour la mise en œuvre à court terme, concernant les étudiants issus de DEUG, le type de support n'a pas d'effet (26 mesures dans les deux cas).

L'utilisation de tel ou tel support de mode d'emploi n'a pas la même influence selon les populations d'étudiants. Les scores des tableaux 6, 7 et 10-colonne A (étudiants ne sachant plus mesurer) montrent que le multimédia désavantage les étudiants issus de DEUG alors qu'il favorise ceux issus de CPGE. La nécessité d'instrumenter le dispositif multimédia fournissant le mode d'emploi accroît sans doute la difficulté d'élaboration des schèmes d'usage, pour les étudiants issus de DEUG ayant sans doute été moins entraînés à des épreuves de T.P. en temps limité.

6.3. Homogénéité des acquis dans les groupes

l'utilisation d'un ordinateur multimédia pour accéder aux modes d'emploi modifie la communication au sein des binômes et favorise donc l'apprentissage de chaque étudiant

Un autre point de vue est l'évaluation des apprentissages individuels plutôt que des acquis par groupe de T.P. On constate alors que l'utilisation d'un polycopié ou d'un ordinateur et son logiciel multimédia a une influence importante sur la répartition des apprentissages au sein des groupes de T.P. Avec le polycopié, dans 78 % des groupes, un seul étudiant sait encore utiliser l'appareil lors du post-test. Avec le multimédia, il y a autant de groupes où un seul étudiant atteint un niveau acceptable que de cas où tous les étudiants atteignent le même score. Le mode d'emploi sur polycopié semble favoriser un étudiant du groupe dans l'apprentissage des modes opératoires. L'observation des vidéos permet en effet de constater une dissymétrie des rôles dans le cas de l'usage du polycopié. Le polycopié ne peut être pris que par un seul étudiant. Ce dernier le tient à côté de l'appareil de mesure et ainsi il peut lire le mode d'emploi et agir sur l'appareil. Alors qu'avec le mode d'emploi sur ordinateur, un étudiant se poste devant l'appareil de mesure, un autre devant l'ordinateur donnant le mode d'emploi, situé à environ 1,5 mètres, et ainsi ils communiquent pour effectuer le réglage.

On a vu que pour plus de la moitié des groupes, un seul étudiant sait mesurer lors du post-test. En regardant les séquences vidéos des T.P., on constate que l'unique étudiant qui sait encore mesurer est celui qui a pris l'initiative, la responsabilité d'effectuer la première mesure. Parfois d'autres étudiants de son groupe ont également mesuré, mais seulement après lui. Cela nous renvoie aux distinctions entre connaissances et compétences. Il ne s'agit pas seulement de présenter les modes d'emploi de façon à mettre en jeu des constructions cognitives plus ou moins simples. L'apprentissage de l'utilisation des appareils de mesure réclame que

l'étudiant ose agir et ose risquer de casser quelque chose. Cette capacité à décider d'agir est évidemment plus essentielle en T.P.

Yves CARTONNET
LIREST-ENS de Cachan

Remerciements : cette recherche a bénéficié d'une subvention de l'IUFM de Créteil dans le cadre d'une convention de recherche de trois ans.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHELARD, G. (1938). *Formation de l'esprit scientifique*. Paris : J. Vrin.
- BISSERET, A., ENARD, C. (1969). Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe. *Bulletin de Psychologie*, 23, 632-648.
- CARTONNET, Y., DUREY, A. (1996). Une assistance multimédia interactive pour les séances de travaux pratiques? *Évaluation. Sciences et Techniques Éducatives*, 3, 4.
- LEGOUX, Y. (1972). *Du compagnon au technicien*. Paris : Technique et vulgarisation.
- POITOU, J.-P. (1989). *30 de CAO en France*. Paris : Hermès.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies*. Paris : Armand Colin.
- RICHARD, J.-F. (1983). *Rapport de recherche interne*. INRIA.
- VERMERSCH, P. (1976). Apprentissage du fonctionnement de l'oscilloscope. *Travail humain*, 39, 2, 357-368.
- VINAND, P.-E. (1997). *Comparaison de deux protocoles d'enseignement en séances de travaux pratiques*, mémoire de D.E.A. de didactique, LIREST.