



**HAL**  
open science

# Problématisation d'une évaluation didactique d'un module de formation innovant en génie mécanique

Michaël Huchette

## ► To cite this version:

Michaël Huchette. Problématisation d'une évaluation didactique d'un module de formation innovant en génie mécanique. Problématiser en didactique des sciences et des techniques – Séminaire de didactique des disciplines technologiques Cachan 2002-2003, 2002, Cachan, France. hal-03349786

**HAL Id: hal-03349786**

**<https://hal.science/hal-03349786>**

Submitted on 20 Sep 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **PROBLÉMATISATION D'UNE ÉVALUATION DIDACTIQUE D'UN MODULE DE FORMATION INNOVANT EN GÉNIE MÉCANIQUE**

Michaël Huchette

Ce texte a pour objectif d'explicitier la démarche de problématisation développée pour ma thèse de doctorat, soutenue en septembre 2002.

Mon travail consistait à évaluer un nouveau module de formation en licence de technologie mécanique à Cachan, qui vise des capacités de conception distribuée de machines industrielles.

## **1. ENJEUX**

Nous nous intéressons aux formations technologiques de concepteurs de produits industriels, techniciens et ingénieurs spécialisés dans le génie mécanique. Les contenus des enseignements technologiques sont définis en références aux réalités industrielles et les pratiques de référence sont pour nous les pratiques de conception dans les bureaux d'études des entreprises de production de machines ayant une partie opérative.

Or ces pratiques changent, parce que l'organisation du travail dans les entreprises industrielles évolue vers un modèle d'ingénierie concurrente, parce que les postes de travail s'informatisent et parce que de nouvelles méthodes formalisées sont appliquées.

Pour assurer la pertinence des contenus d'enseignement par rapport à ces pratiques professionnelles prises comme référence, il est nécessaire de prendre en compte ces évolutions dans les formations à la conception.

Dans ce contexte, notre travail a pour objectif de mieux connaître et d'accompagner les possibilités d'évolution de l'enseignement de la conception mécanique. Plus précisément, nous centrons notre analyse sur les activités réelles des étudiants dans un nouveau dispositif de formation que nous présentons ci-dessous.

## **2. TERRAIN D'EXPÉRIMENTATION : LE MODULE CODIMI**

Le module de formation Codimi que nous avons contribué à mettre en place constitue, depuis l'année universitaire 1998-1999, un module de vingt heures de la licence de technologie mécanique de l'École Normale Supérieure de Cachan. Il est construit comme la simulation d'activités professionnelles de **Conception Distribuée de Machines Industrielles**, qui vise l'apprentissage de capacités correspondant aux trois évolutions des pratiques professionnelles énoncées précédemment. Les étudiants y effectuent des activités nouvelles par rapport aux travaux pratiques de bureau d'études mécaniques antérieurs.

Pour ce module de formation, les quatre-vingt étudiants d'une promotion sont groupés par deux ou trois.

Le travail qui leur est demandé est de concevoir l'avant-projet d'une pompe doseuse qui permet d'envoyer du méthanol en fond de puits de pétrole à partir d'une plate-forme pétrolière. Le méthanol sert en effet d'antigel et permet d'éviter les bouchons lors de la remontée en surface du pétrole, qui gèle à cause de la détente des gaz qu'il contient. La pompe devra assurer un débit réglable de 20 litres par heure maximum sous une pression de refoulement de 400 bars.

Chaque groupe est jumelé avec un autre groupe, et travaille avec lui simultanément, mais à distance (dans un autre bâtiment). Les deux groupes constituant une telle unité de travail peuvent communiquer par messagerie électronique (chat) et par visioconférence (voir figure 1). Les postes de visioconférence sont munis d'un banc-titre qui permet de retransmettre l'image d'un document disposé sur la table. Ils disposent de plus du logiciel de calcul Mathcad et d'une base de données en réseau sur les pompes doseuses existantes.

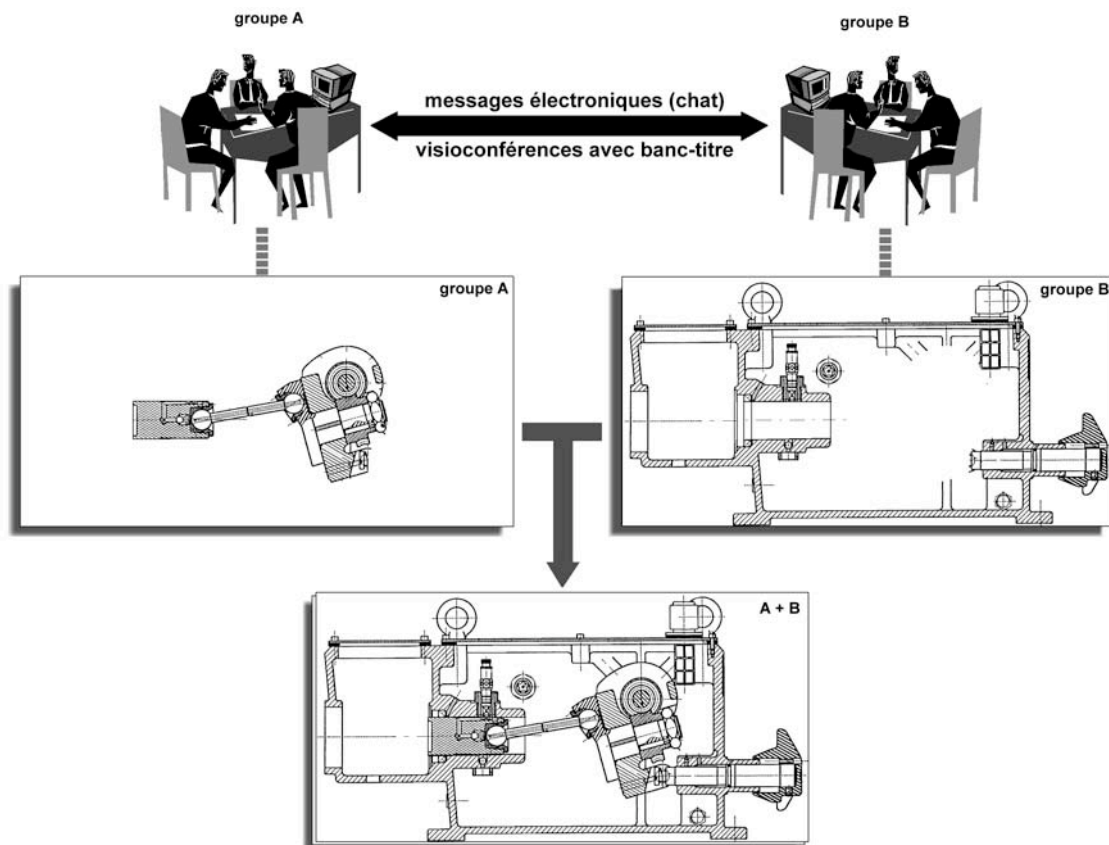


Figure 1 : Deux groupes de 2 ou 3 étudiants travaillent ensemble, à distance. Ils constituent une « unité de travail ». Ils peuvent communiquer par messages électroniques ou lors de visioconférences.  
La production attendue de chaque groupe est un plan partiel de la machine à concevoir, qui doit compléter celui du groupe jumelé.

Chaque groupe travaille d'abord quatre heures à une recherche documentaire des pompes doseuses existantes, hors coopération. Ensuite, pendant seize heures (deux fois huit heures consécutives), deux trinômes jumelés travaillent selon un protocole de conception distribuée. L'un s'occupe de la chaîne de transformation de puissance, constituée des sous-structures suivantes : le moteur électrique, l'accouplement élastique, le réducteur, le système de transformation de mouvement, le coulisseau et la cellule de dosage. L'autre s'occupe de la conception du carter et du système de réglage du débit avec blocage. Chaque trinôme produit le plan d'avant-projet de la partie de la pompe doseuse dont il a la responsabilité, sur une feuille de calque millimétrée (voir figure 1). Excepté à la pause de midi, où ils peuvent se voir à l'extérieur des salles de classe, les étudiants ne peuvent communiquer que par visioconférence ou par messages électroniques synchrones (ou chat).

### 3. PROBLÉMATISATION

De ce module de formation, qu'allons nous évaluer exactement ? Quel est notre objet de recherche ? Dans le panorama des recherches sur l'innovation en éducation et formation, dressé par Françoise Cros (Cros, 1998, p. 19), notre questionnement ne porte ni sur le « processus d'innovation » qui a consisté à concevoir cette formation par des acteurs particuliers dans un contexte particulier, ni sur le « transfert d'une innovation » à un système éducatif, ni sur « l'origine » de cette innovation, autrement dit la naissance de l'idée première de faire cette formation. Il porte sur « le nouveau et ses qualités » dans cette formation Codimi, c'est-à-dire sur les nouvelles tâches prescrites aux étudiants, par rapport aux travaux pratiques de bureau d'études mécaniques antérieurs. Notre objet de recherche est l'ensemble des difficultés auxquelles sont confrontés les étudiants lorsqu'ils effectuent ces nouvelles tâches.

Ainsi, notre but est de répondre, de manière empirique, à la question suivante : quelles sont les difficultés rencontrées par les étudiants dans les nouvelles activités de conception ? Nous avons choisi de nous limiter à trois tâches de conception particulièrement nouvelles de la formation Codimi : la recherche de produits concurrents dans une base de données hypertexte, la conception collective d'une sous-structure de machine, et la conception à distance des interfaces entre deux sous-structures d'une machine, à la charge de deux groupes différents.

Pour caractériser cet objet, « les difficultés des étudiants », qu'allons nous observer, et quels points de vue, quels cadres théoriques allons nous adopter ?

Avant de répondre à ces questions, notons d'abord que nous posons comme postulat qu'il existe une relation de causalité réciproque entre réussite dans l'action et apprentissage. En effet, la réussite dans l'action est à l'origine d'une « conceptualisation » par « prises de conscience ultérieures » (Piaget, 1974, p. 232). Elle est donc cause d'apprentissages. Réciproquement, évidemment, l'apprentissage mène vers une efficacité de l'action, donc la réussite. Notamment, « la conceptualisation fournit à l'action [...] un renforcement de ses capacités de prévision et la possibilité, en présence d'une situation donnée, de se donner un plan d'utilisation immédiate » (Piaget, 1974, p. 234).

Partant de ce postulat, l'accès le plus direct à notre objet « difficultés des étudiants » est l'observation des activités des étudiants et de leurs productions, autrement dit ce qu'ils font pour effectuer ces tâches.

Quand dirons-nous qu'ils ont des difficultés ? Nous utilisons deux ensembles d'indicateurs. D'abord ceux qui nous permettent de vérifier si les

étudiants font ce qui est prescrit, c'est-à-dire ce qui était prévu par les concepteurs de la formation Codimi, de manière plus ou moins implicite, lorsqu'ils ont construit les tâches, en définissant les consignes et les moyens mis à la disposition des étudiants.

Le deuxième ensemble d'indicateurs nous permet d'identifier les difficultés, causes des écarts mesurés par rapport au prescrit (*i.e.* des erreurs). Ces indicateurs seront choisis en caractérisant au préalable les capacités théoriquement nécessaires pour réaliser les tâches prescrites. Des concepts issus des champs de recherche de psychologie cognitive, de pédagogie, de psychosociologie, de didactique et d'épistémologie nous aideront à prévoir ces capacités nécessaires, en particulier en ce qui concerne le travail en groupe, l'utilisation de l'ordinateur, et la conception mécanique. Une difficulté sera pour nous une capacité non ou mal mise en œuvre, qui a causé une erreur.

#### **4. MÉTHODE DE CONSTRUCTION DES DONNÉES**

Quelle sera donc la forme de notre réponse à la question : « quelles sont les difficultés des étudiants dans les nouvelles tâches » ? Comment allons nous parvenir à une telle réponse ?

Conformément au développement de notre problématique, nous avons établi une méthode et nous l'avons appliquée à trois tâches particulièrement nouvelles prescrites aux étudiants.

- T1. La recherche de produits concurrents dans une base de données hypertexte ;
- T2. La conception collective d'une sous-structure de machine ;
- T3. La conception à distance des interfaces entre deux sous-structures d'une machine, à la charge de deux groupes différents.

Cette méthode se décline en trois étapes :

##### *1<sup>re</sup> étape : Caractériser le prescrit*

Il s'agit d'abord de préciser et de caractériser ce qui est prescrit aux étudiants. Pour cela, il est nécessaire d'analyser les consignes et les moyens donnés aux étudiants, et d'identifier les positions épistémologiques qui y sont adoptées et les pratiques professionnelles qui y sont prises comme références.

On décompose ainsi la tâche prescrite en une production attendue et une méthode de référence. La méthode de référence est un ensemble cohérent d'actions, plutôt qu'une procédure, qu'il faut savoir faire pour effectuer la tâche « correctement ». Elle est à la fois une méthode attendue et une méthode à apprendre.

## 2<sup>e</sup> étape : Caractériser les capacités nécessaires

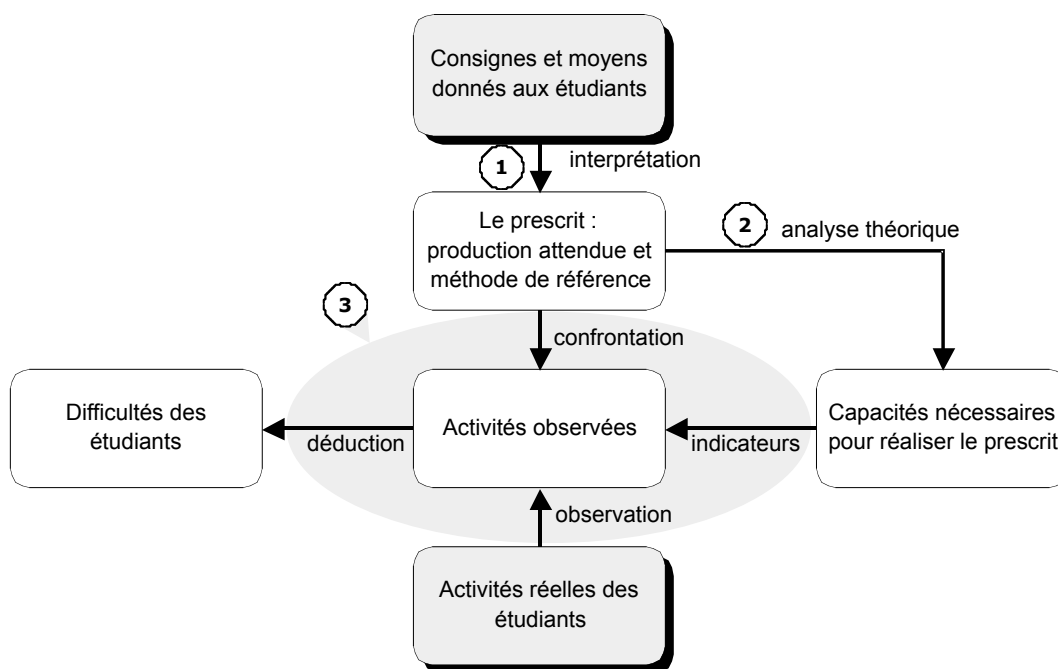
Dans un deuxième temps, nous précisons les capacités que les étudiants doivent mettre en œuvre pour réaliser la tâche prescrite. Nous étudions en priorité les champs de compétences qui ont trait au travail en groupe, à l'utilisation de l'ordinateur comme outil, et à la conception mécanique. Pour chaque capacité identifiée, on choisit des indicateurs permettant de vérifier par l'observation que les étudiants ont effectivement mis en œuvre cette capacité.

## 3<sup>e</sup> étape : Observer et analyser les activités des élèves

L'observation consiste à filmer les étudiants et à enregistrer leur discours. Les films sont retranscrits.

Leur analyse permet ensuite de repérer grâce aux indicateurs précédents :

- les moments passés par les étudiants à réaliser la tâche étudiée,
- dans quelle mesure la tâche a été réalisée conformément à la prescription,
- les capacités mises en œuvre par les étudiants.



### Étapes de la méthode :

- 1 Caractériser le prescrit
- 2 Caractériser les capacités nécessaires
- 3 Observer et analyser les activités des élèves

Figure 2 : Objets de recherche manipulés lors de la problématisation et étapes de la méthode de construction de données

La réponse à la question initiale sera donc, pour chacune des trois tâches étudiées, une liste de difficultés et les conséquences qu'elles ont eu sur la production effectivement obtenue par les étudiants et la méthode qu'ils ont utilisée, par rapport au prescrit.

Nous avons appliqué cette méthode à trois tâches prescrites aux étudiants lors du module de formations Codimi. Nous développons l'exemple d'une tâche ci-dessous.

#### **4.1. Caractérisation du prescrit (étape 1)**

##### *»» Consignes données aux étudiants*

Ensemble, deux groupes jumelés doivent concevoir une pompe doseuse : en partant du schéma cinématique qui a été dessiné à la séance précédente, ils doivent dessiner un plan d'avant-projet. Plus précisément, chaque groupe doit dessiner sur une feuille de calque, à l'échelle 1, la partie de la machine dont il a la charge. Ils travaillent à distance, et, lors du rassemblement final des étudiants, les dessins ainsi produits par les deux groupes doivent se compléter par superposition des feuilles.

Cette feuille de consigne (figure 3) propose une méthode de conception des interfaces en prévoyant l'encombrement des sous-structures, puis précise la répartition des sous-structures entre deux groupes jumelés. Elle propose aussi une organisation des visioconférences autour de la notion de « contrainte d'un groupe sur l'autre ».

##### *»» Moyens donnés aux étudiants*

Deux groupes jumelés travaillent à distance dans deux salles différentes. Ils disposent pour communiquer d'une part d'un logiciel de messagerie électronique synchrone (dialogue électronique ou *chat*), utilisable sur l'ordinateur de chaque groupe et d'autre part d'un poste de visioconférence avec un banc-titre, dont l'utilisation est partagée entre les cinq groupes qui suivent la formation simultanément.

Le logiciel de dialogue électronique est le logiciel ICQ. Il permet d'afficher dans une fenêtre, à l'écran d'ordinateur, ce que l'interlocuteur tape au clavier, de manière quasi-simultanée. Il permet de répondre par un texte, de manière aussi rapide.

Le poste de visioconférence avec banc-titre permet de communiquer de manière synchrone avec le groupe distant, oralement et visuellement. En effet, un haut-parleur retransmet en direct le discours des interlocuteurs, et un téléviseur retransmet l'image de leur buste et l'image des documents qu'ils ont posés sur le banc-titre, sur une table.



## CONSTRUCTION DES DIFFÉRENTES ENTITÉS, PAR GROUPE

1°) Donnez les limites d'encombrement des sous-structures, dont vous êtes responsables,  
groupe distant avec lequel vous êtes jumelé.

2°) Vous êtes responsables du dessin fini des entité suivantes :

Moteur, sa bride, son axe	formes carter/moteur
Accouplement	formes carter/cellule de dosage
Vis-roue	formes carter/coulisseau
Plateau inclinable	formes carter/sol
Liaison pivot manivelle-plateau	formes carter/pivot de vis
Liaison pivot plateau-carter	formes carter/système de réglage
Liaison complète roue-manivelle	formes carter/plateau
Liaison pivot vis-carter	système de réglage
Deux liaisons rotules bielle	blocage du système de réglage
Liaison coulisseau piston	liaison plateau inclinable/système de réglage
Liaison coulisseau-carter	les nervures
	formes du carter/lubrification par barbotage
	formes carter/crochet de manutention

3°) Préparez une revue de projet, qui aura lieu par visio-conférence, à partir de 10 heures,

pour 10' au maximum et dont le but est de fixer :

- les contraintes d'un groupe sur l'autre
- les décisions déjà acquises sur ces contraintes
- l'heure du prochain rendez-vous de visio-conférence ainsi que le travail qui devra être fini pour ce rendez-vous (vous vous inscrirez au tableau pour votre passage)

Figure 3 : Feuille de consigne n° 29 donnée aux étudiants au début de la séance 4

### ►► Production attendue

D'après la consigne, le but de cette tâche est donc de dessiner le plan d'avant-projet de la pompe doseuse, en deux parties sur deux feuilles de calques différentes. Sur une feuille de calque, chacun des deux groupes jumelés représente la partie de la machine qu'il a en charge. Le plan complet est constitué des deux feuilles de calque qui doivent donc être complémentaires.

En quoi doivent-ils être complémentaires ?

Lors de la conception de la machine, des moments doivent être consacrés par chaque équipe à régler les problèmes de compatibilité de leur sous-structure avec celles des autres. Ces problèmes concernent uniquement certaines caractéristiques de la sous-structure, à savoir des éléments d'architecture, des composants ou/et certaines dimensions. C'est l'ensemble de ces caractéristiques que nous appelons "interface" entre deux sous-structures.

Type d'interface	Incompatibilités éventuelles	Paramètres déterminants
Jeux de fonctionnement	Interférence de position de deux pièces statiques	Positions et volumes des pièces
	Écart de forme des surfaces théoriques de contact* de deux pièces en mouvement relatif	Les formes (type de forme géométrique et dimensions) des surfaces théoriques de contact et jeu.
	Écart de position des surfaces théoriques de contact* de deux pièces en mouvement relatif	La position des surfaces théoriques de contact par rapport au reste de la machine.
	Interférence cinématique (collisions)	Surface enveloppe des trajectoires des points d'une pièce mobile.
Jeux de montage	Interférence de montage	Surface enveloppe des trajectoires des points d'une pièce au cours de son montage. Dimensions des orifices de passage.
Surfaces fictives de jonction (qui séparent une pièce en deux parties au sein de la matière)	Écart de forme des surfaces fictives de jonction	Les formes (type de forme géométrique et dimensions) des surfaces théoriques de contact.
	Écart de position des surfaces fictives de jonction	La position des surfaces théoriques de contact par rapport au reste de la machine.
Surfaces d'assemblage (entre deux pièces en liaison complète)	Écart de forme des surfaces de contact de deux pièces assemblées	Les formes (type de forme géométrique et dimensions) des surfaces théoriques de contact.
	Écart de position des surfaces de contact de deux pièces assemblées	La position des surfaces théoriques de contact par rapport au reste de la machine.
Le milieu intérieur	Milieu intérieur incohérent	Les solutions techniques dessinées pour assurer la lubrification et l'étanchéité.

Figure 4 : proposition d'une typologie des interfaces possibles entre deux sous-structures d'une partie opérative de machine, incompatibilités éventuelles et paramètres déterminants associés.

Pour que ces interfaces soient conçues, c'est-à-dire que les problèmes d'incompatibilités soient réglés, il est nécessaire que les équipes de concepteurs prennent des décisions définissant les paramètres déterminant l'interface et se les communiquent. Ce sont ces informations qui définissent entièrement l'interface.

Nous proposons en figure 4 une typologie des interfaces possibles entre deux sous-structures d'une partie opérative de machine, en indiquant les incompatibilités éventuelles ou potentielles à éviter et les paramètres déterminant ces interfaces.

Les « jeux » (de fonctionnement et de montage) sont des espaces qu'il est nécessaire que l'une ou l'autre des équipes de concepteurs laisse libre pour placer une pièce ou un ensemble de pièces que l'autre équipe a en charge. Les « surfaces de jonction » séparent deux parties de la machine conçues par deux équipes différentes. Enfin, il faut que le « milieu intérieur » de la machine (conditions de lubrification, de température...) soit choisi de manière cohérente par les différents concepteurs, et que toutes les solutions techniques retenues soient compatibles avec ce milieu intérieur.

#### ➡ *Méthode de référence*

Deux sous-tâches semblent alors fondamentales pour concevoir les interfaces : décider les paramètres déterminant l'interface et communiquer ces paramètres au groupe jumelé.

Nous considérons une autre sous-tâche prescrite par la feuille de consigne 29 : anticiper les interfaces et adopter une stratégie de coordination explicite.

Ce que nous avons désigné par « méthode de référence » se compose donc de ces trois sous-tâches.

## **4.2. Caractérisation des capacités nécessaires**

Pour analyser cette activité de conception des interfaces, nous avons distingué 4 champs de compétences, correspondant à 4 aspects de la tâche.

### ① *La coordination entre les deux groupes jumelés.*

Un étudiant-concepteur ne connaît pas, à un moment donné, les solutions adoptées sur une autre partie de la machine par un autre étudiant-concepteur (parce qu'elles n'ont pas encore été conçues ou sont en cours de conception), alors qu'il en a besoin pour avancer son travail. Il y a donc nécessité de coordination. Nous avons abordé cet aspect de l'activité grâce à des notions issues d'analyses des pratiques professionnelles de conception. Ainsi, en entreprise, deux stratégies de coordination existent.

La première consiste à attendre qu'un concepteur ait entièrement conçu une partie de la machine, avant de concevoir celles qui en dépendent. Elle s'accompagne d'une planification de la conception de toutes les sous-structures de la machine, en fonction des besoins d'informations à leurs interfaces. La deuxième stratégie de coordination consiste à faire des hypothèses *a priori* sur les interfaces entre les sous-structures à la charge de différents concepteurs en définissant par exemple une « surface enveloppe » (Nicquevert, p. 9-11). Chacun de leur côté, les concepteurs partent de cette décision, quitte à négocier cette « surface enveloppe » par la suite. Nos indicateurs de difficultés concernant la coordination devront nous permettre de vérifier si les étudiants ont ou pas une stratégie de coordination commune, parmi les deux précédentes, et si cela a eu des conséquences sur leur production.

② *La prise en compte du travail du groupe jumelé.*

Pour analyser cet aspect, nous avons utilisé des notions développées par Yves Cartonnet dans sa « boucle d'actualisation ». La prise en compte des solutions techniques du groupe jumelé intervient à deux moments de la conception locale des sous-structures que l'étudiant a en charge : l'anticipation d'un problème technique, en particulier une incompatibilité potentielle ou éventuelle avec une sous-structure conçue par le groupe jumelé, et la simulation, dans le but de vérifier qu'une solution technique proposée est compatible avec celle du groupe jumelé.

③ *L'utilisation des outils de communication à distance : la messagerie électronique et le poste de visioconférence.*

Nous utilisons ici le concept d'« instrument » développé par Pierre Rabardel [6]. En tant qu'artefacts, au sens de Pierre Rabardel, l'utilisation efficace des outils de communication nécessite que les étudiants aient construit des schèmes d'utilisation. L'auteur distingue deux types de schèmes d'utilisation. Les schèmes d'usage sont les constructions mentales qui permettent la maîtrise des modes opératoires propres à l'utilisation d'un artefact pour lui-même. Les schèmes d'action instrumentée sont celles qui permettent d'incorporer l'utilisation appropriée de l'artefact dans une action plus globale. Des indicateurs sont construits pour chacun des deux types de schèmes, pour savoir s'ils sont mobilisés par les étudiants, et si cela est cause d'erreurs.

④ *L'utilisation d'un vocabulaire compréhensible et univoque pour communiquer à distance.*

C'est une condition pour que les informations communiquées soient bien interprétées et correctement utilisées.

Les indicateurs listés en figure 5 prennent en compte ces 4 aspects.

	<b>Corpus de données</b>	<b>Indicateurs (les étudiants...)</b>	<b>Résultats</b>
Erreurs = écarts par rapport au prescrit	42 paires de dessins (promotions de 1999, 2000 et 2001)	... ont produit des dessins présentant au moins une incompatibilité	31 UT*/42 (74%)**
① Défaut de coordination	14 UT* pendant 8 heures (promotion de 2000) : - Messages électroniques échangés, - Retranscription des visioconférences.	... n'ont pas exprimé ni appliqué une stratégie de coordination ... ont été bloqués en attente d'informations du groupe jumelé ... ont fait une modification dans l'urgence à la cause d'une incompatibilité dessinée	8 UT /14 (57%) 3 UT /14 (21%) 1 UT /14 (7%) (1 erreur /23)
② Défaut de prise en compte du travail du groupe jumelé		... n'ont pas communiqué sur une interface, et ont dessiné une incompatibilité ... ont communiqué et se sont accordés sur les paramètres déterminant une interface, mais ont dessiné une incompatibilité	6 UT /14 (43%) (10 erreurs /23) 4 UT /14 (29%) (4 erreurs /23)
③ Défaut d'utilisation des outils de communication		... ont effectué un mauvais mode opératoire qui a conduit à dessiner une incompatibilité ... ont communiqué une information géométrique sans utiliser le banc-titre, ce qui a conduit à dessiner une incompatibilité	2 UT /14 (14%) (2 erreurs /23) 3 UT /14 (21%) (3 erreurs /23)
④ Défaut d'utilisation d'un langage compréhensible et univoque		... ont utilisé un vocabulaire équivoque, et ont dessiné une incompatibilité	2 UT /14 (14%) (2 erreurs /23)

\* UT = Unité de travail constituée de deux groupes d'étudiants

\*\* Sur la sous-population de la proportion de 2000, 23 incompatibilités ont été dessinées

Figure 5 : Données, indicateurs et résultats d'observation qui ont permis de caractériser les difficultés des étudiants à concevoir les interfaces.

### 4.3. Observation et analyse des activités des étudiants

Le corpus de données utilisé pour repérer les difficultés des étudiants est constitué de l'enregistrement intégral de leurs communications : chat et visioconférences. Les textes échangés par chat et les retranscriptions écrites des visioconférences ont été analysés pour reconstituer les décisions et les échanges concernant les interfaces, précisément là où les élèves ont dessiné des solutions techniques incompatibles. Pour chacune de ces interfaces, on

a d'abord identifié les paramètres déterminants, puis on a repéré, parmi les informations échangées, celles qui concernent ces paramètres.

La fiche de suivi donnée en figure 7, retrace l'historique des décisions et des échanges concernant le jeu de fonctionnement nécessaire entre deux pièces A et B du mécanisme, la pièce A étant conçue par le groupe A3, l'autre par le groupe B3. Cette interface doit être conçue de telle manière que la trajectoire de l'extrémité de la pièce A n'entre pas en collision avec la pièce B (voir figure 6). Ce n'est pas le cas sur le plan d'ensemble produit par les groupes A3 et B3.

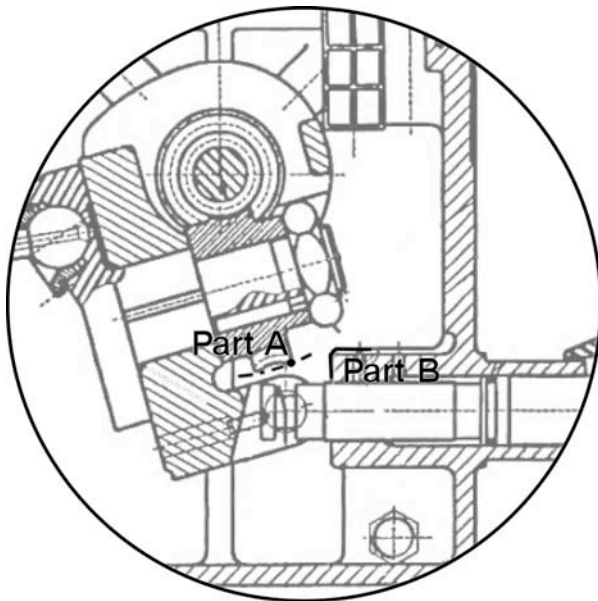


Figure 6 : extrait du plan d'ensemble de la pompe doseuse : la trajectoire de l'extrémité de la pièce A ne coupe pas la surface externe de la pièce B au moment du réglage de la pompe doseuse

<p><b>Erreur de compatibilité</b> : La roue, dessinée à 7,5° au bord du carter, rentre en collision avec lui si l'angle d'inclinaison est plus grand</p> <p><b>Interface concernée</b> : Jeu entre la roue et le carter, nécessaire à l'inclinaison de la roue au moment du réglage</p>	
<p><b>Historique des décisions et échanges</b></p>	
<p>A3 énonce la défaillance à éviter : la collision du plateau avec le carter, en haut du carter, quand le plateau tourne. B3 propose une marge de sécurité « en gros ».</p> <p>A3 et B3 définissent le rayon de la roue et la cote du système de réglage pour éviter la collision de la roue avec le système de réglage, lorsque le plateau tourne d'un angle de 15°</p>	<p>VISIO.1[60-65]</p> <p>VISIO.1[86-116]</p>
<p>A3 dessine sur le calque le système de transformation de mouvement et en particulier la roue dentée</p>	<p>VISIO.6[420-425]</p>
<p><u>B3 demande les coordonnées du point extrême de la roue dessinée (elle est dessinée à un angle d'inclinaison de 7,5°), A3 les donne <sup>(1)</sup></u></p>	<p>VISIO.6[420-425]</p>
<p><u>B3 dessine le carter de façon à laisser la place pour la roue à un angle d'inclinaison de 7,5° (mais pas 15°) <sup>(1)</sup></u></p>	<p>VISIO.8[462]</p>

Figure 7 : Fiche de suivi des décisions et des échanges concernant une interface que les groupe A3 et B3 ont dessinée erronée

## 5. RÉSULTATS : DIFFICULTÉS OBSERVÉES

Les figures 5 et 8 mettent en évidence les difficultés rencontrées par les étudiants, spécifiques à la conception des interfaces.

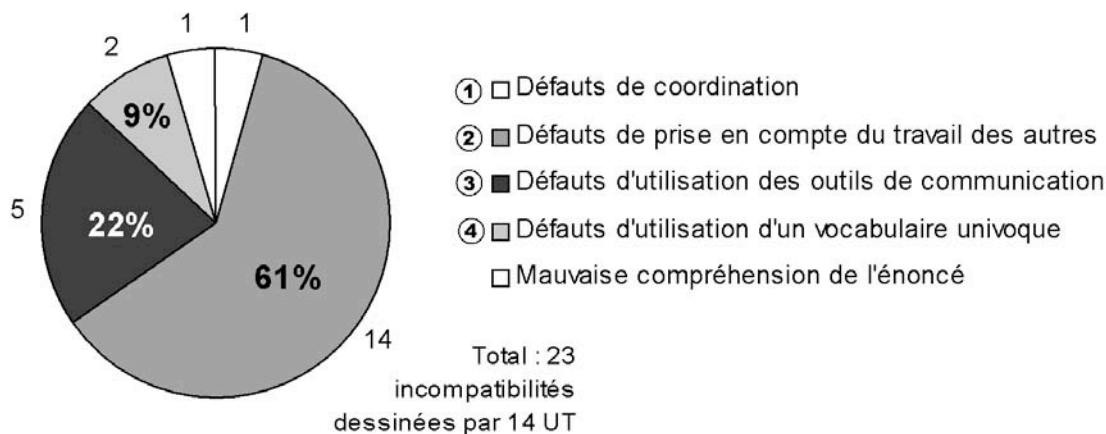


Figure 8 : Synthèse des difficultés observées qui ont amené les étudiants à effectuer une erreur sur les dessins.

① Le premier résultat est que les étudiants organisent peu leur travail de conception en fonction des problèmes de compatibilité aux interfaces. Et, d'après nos indicateurs, cela est la cause d'une erreur pour une unité de travail (1 erreur sur 23).

② Le deuxième résultat est que la grande majorité des erreurs faites par les étudiants sont dues à un défaut de prise en compte du travail du groupe jumelé au cours de la conception de leurs propres sous-structures. Souvent (dans 6 unités de travail sur 14), les étudiants n'ont même pas anticipé la possibilité d'une incompatibilité, et ne l'ont jamais évoquée.

③ En ce qui concerne les défauts d'utilisation des outils de communication, elles sont trois fois moins fréquentes.

On en distingue deux types :

- ceux qui correspondent à un défaut de mobilisation de schèmes d'usage ; qui se traduit par des modes opératoires inefficaces (observé deux fois, voir le figure 5). Par exemple un groupe a déréglé la caméra du banc-titre de la visioconférence et n'a pas pu distinguer nettement le dessin montré par le groupe jumelé, ce qui a conduit à mal interpréter des dimensions et à dessiner des solutions incompatibles.
- le défaut de mobilisation des schèmes d'action instrumentée ; qui se traduit par l'utilisation inadaptée de la messagerie électronique, sans utiliser le banc-titre, pour communiquer des informations de description géométrique d'une solution technique (observé trois fois).

④ Enfin, mais dans une seule unité de travail, nous avons observé que l'utilisation d'un vocabulaire ambiguë, utilisé pour décrire une solution technique, a eu comme conséquence une mauvaise interprétation et conduit à des dessins incompatibles.

Le schéma de la figure 9 synthétise de manière qualitative les résultats empiriques obtenus : les difficultés, leurs conséquences sur la méthode mise en œuvre par les étudiants, et les conséquences sur leur production, par rapport à la prescription.

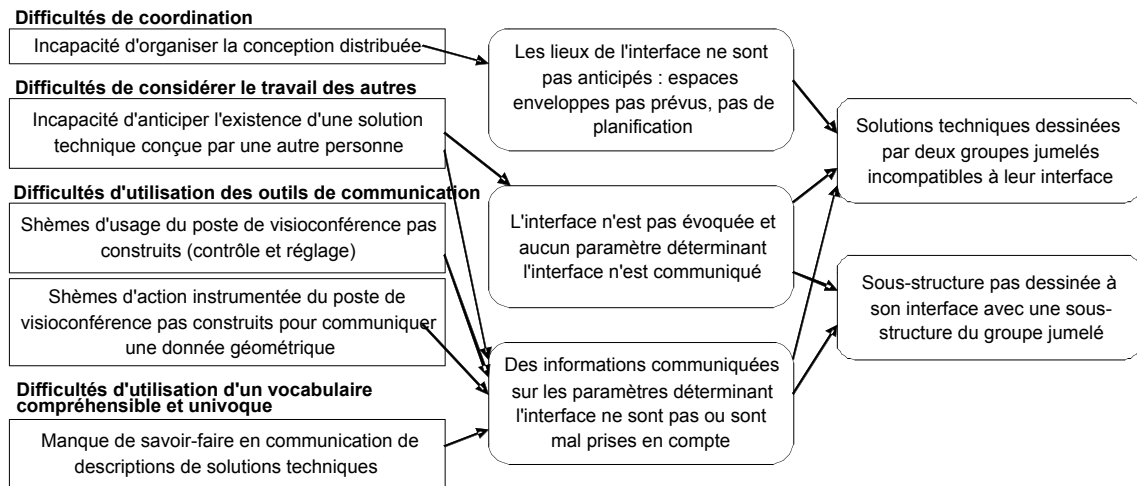


Figure 9 : Schéma synthétique des difficultés des étudiants concernant la conception des interfaces, et leur conséquences sur les écarts par rapport au prescrit (méthode de référence et production attendue). Les flèches représentent les relations de causalité, orientées de la cause vers la conséquence.

## 6. CONCLUSION

Pour conclure, revenons sur l'objectif de cette recherche. Comme nous l'avons annoncé, notre objectif est de fournir des résultats sur les difficultés réelles des étudiants dans de nouvelles activités de travail pratique, qui permettent de mieux connaître et d'accompagner les possibilités d'évolution de l'enseignement de la conception mécanique.

Nous pouvons maintenant préciser que, étant données les conditions d'observation (échantillon non représentatif, faible échantillon), les résultats obtenus ne peuvent pas être généralisés en terme quantitatif : les proportions observées ne seront probablement pas les mêmes avec d'autres étudiants qui réaliseraient les mêmes tâches. Par contre, ces résultats ont un intérêt qualitatif, parce qu'ils donnent un panel des difficultés possibles.

Par ailleurs, afin d'accompagner de nouvelles formations, le schéma synthétique des difficultés des étudiants (figure 9) pourrait servir d'outil de



diagnostic des difficultés des étudiants dans des tâches similaires à celles observées.

## RÉFÉRENCES

- CARTONNET, Y. (2000). L'actualisation de la technologie structurale pour la formation de la technicité d'un concepteur de produits industriels. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Orsay : Université Paris Sud.
- CROS, F. (1998). L'innovation en éducation et en formation : vers la construction d'un objet de recherche ? *Éducation permanente*, 134.
- DARSES, F. (1997). L'ingénierie concourante : un modèle en meilleur adéquation avec les processus cognitifs de conception. In P., Bossard, C., Chanchevrier, et P., Leclair, (Dir.), *Ingénierie concourante : de la technique au social* (pp. 39-55). Paris : Economica.
- HUCHETTE, M., CARTONNET, Y (2001). *CoDiMI : une nouvelle formation d'ingénieurs concepteurs de produits qui intègre l'utilisation des technologies d'information et de communication*, Actes du 7e colloque sur la conception mécanique intégrée, AIP-PRIMECA, 302-309.
- HUCHETTE, M. (2002). Evaluation expérimentale de l'apport, pour une formation d'ingénieurs, d'un simulateur informatique en travaux pratiques de bureau d'études mécaniques. Thèse de doctorat. Cachan : ENS de Cachan.
- LUZI, F. (1997). La prise en compte des fabricants dans le projet : La démarche socio-technique chez Renault. In P., Bossard, C., Chanchevrier, et P., Leclair, (Dir.) *Ingénierie concourante : de la technique au social* (pp. 59-76). Paris : Economica.
- MOISDON, J.-C. & WEIL, B. (1992). L'invention d'une voiture : un exercice de relations sociales. *Gérer et comprendre*, 28 et 29, 30-41 et 50-58.
- NICQUEVERT, B. (2000). Ressources, contraintes et difficultés dans les pratiques de conception d'un grand projet scientifique. In Y. Cartonnet, J. Lebeaume, et P. Vérillon (Dirs.), *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques, LIREST, 1999-2000*.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.