

UTILISATION DE LA MÉTHODE A.P.P. DANS UN ENSEIGNEMENT D'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE.

E.Duquenoy
CUEEP-ULCO

Juin 2005

1. Introduction

Nous présentons la mise en place d'une méthode de **pédagogie inductive**, appelée

apprentissage par le problème,

dans le cadre d'enseignements dans le domaine de l'informatique industrielle à l'IESP¹ et en master professionnel EIM².



Les cours d'informatique industrielle s'appuient sur l'étude de notices techniques qui sont :

- relativement volumineuses,

¹Ingénieur d'Exploitation des Systèmes de Production

²Electronique, Instrumentation et Mesures

- assez peu didactiques
- rédigées avec un vocabulaire très technique,
- et souvent en anglais,



...étude qui rebute de nombreux étudiants.

Nous remarquons tous les ans une baisse d'attention de nos étudiants au fil des séances de cours et de travaux dirigés dont le contenu semble rester beaucoup trop abstrait pour eux.



Seuls les **travaux pratiques** remontent le degré de motivation d'apprenants découvrant alors enfin, quoique tardivement, l'intérêt des cours et des travaux dirigés !

De manière à susciter la motivation de nos étudiants tout au long du processus d'apprentissage, nous avons donc décidé **d'inverser** en quelque sorte ce processus :

- en abordant dès le départ des problèmes pratiques
- en amenant l'étudiant à se poser la question des connaissances théoriques ou techniques anciennes à **réactiver** et des nouvelles connaissances à **acquérir**,



dans le but, non pas de résoudre à tout prix ces problèmes, mais plutôt de les **comprendre**.



Nous avons donc mis en place une **pédagogie d'apprentissage par le problème (APP)** où nous présentons aux étudiants des problèmes ou des mises en situations ayant pour objectif de faire naître le questionnement.

2. Méthode de travail

2.1. Pourquoi changer de méthode de travail ?

- Que l'on soit **ingénieur** ou **chercheur**, l'éventail des compétences demandées par les entreprises ou les laboratoires est de plus en plus large.

- Dans les deux cas, ingénieur ou chercheur, il est très souvent exigé des **compétences non-techniques** dans les domaines de la **communication** ou du **travail d'équipe** pour ne citer que celles-là (voir [1]).
- Or le contexte d'un **cours magistral** offre à l'étudiant assez peu de place pour exploiter ces compétences plus personnelles.

⇒ Ceci est dû au fait que dans les méthodes d'enseignements traditionnelles, *l'apprentissage est centré sur l'enseignant* qui dispense son savoir à des étudiants placés dans une situation de passivité.

Remarques :

- Il existe bien sûr des situations pédagogiques où le professeur attend de l'étudiant une **participation active** comme les travaux dirigés ou les travaux pratiques.
- Cependant, ces exercices ou ces manipulations, placés par l'enseignant dans l'axe du cours, ne fournissent aux apprenants qu'un très faible degré de liberté.
- Dans ces situations nous attendons des étudiants qu'ils restituent un savoir acquis pendant le cours, sans obligatoirement l'avoir compris, et qu'ils soient, tout au plus, capables de l'utiliser au bon moment.

2.2. Quelle méthode ?

- Nous proposons donc de mettre œuvre une méthode **centrée sur l'étudiant**.
- Nous avons choisi l'**Apprentissage Par le Problème** ou **Problem Based Learning** (voir [2])
- Il s'agit d'une démarche d'apprentissage axée sur le **raisonnement** dans le contexte d'une **situation** présentée sous forme de **problèmes**.

Face à un public d'étudiants issus de formations aux contenus qui peuvent être très différents³, il est assez difficile de proposer un cours magistral qui satisfasse tout le monde :

- ou bien le niveau commence très bas de manière à s'adapter à ceux qui n'ont aucune connaissance dans le domaine, et dans ce cas les étudiants déjà initiés s'ennuient et ont l'impression de perdre leur temps,

³et dans le contexte du LMD cet état de fait risque de s'intensifier...

- ou bien au contraire, le niveau du cours suppose des pré-requis dont l'absence va gravement handicaper les étudiants qui ne les posséderont pas !

⇒ En cela, la méthode de travail proposée permet à chacun de travailler selon **ses** connaissances de base en les réutilisant pour analyser le problème et en les enrichissant par un **échange avec les autres étudiants**.

- Dans le cas particulier de l'alternance, s'ajoute que les séances sont très étalées sur l'année, (par exemple 3 heures à chaque retour d'alternance). Il est donc très difficile de travailler classiquement en cours et travaux dirigés sans devoir faire un rappel de la séance précédente à chaque retour !

2.3. Comment ça fonctionne ?

Comme nous le verrons dans la section 3.1, la méthode repose sur un découpage en trois phases :

- la première et la dernière phase seront réalisées **collectivement**, pendant les séances en salle de cours et auront pour support essentiel un problème, appelé également **prosit**⁴.
- la deuxième phase consiste en un travail **individuel** de lectures, à partir d'une bibliographie que l'étudiant aura constitué, à partir de documents ou de références fournis par l'enseignant ou qu'il aura trouvé lui-même.

3. Le déroulement des séances

3.1. Les phases

Le déroulement de l'étude du problème se décompose en trois phases :

- **Phase 1** : étapes 1 à 5 → une séance (1h30)
- **Phase 2** : étape 6 → travail personnel
- **Phase 3** : étapes 7 et 8 → une séance (1h30)

A l'issue des phases 1 et 3, les étudiants repartent avec les notes prises par le scribe (voir 4.3).

Cet enchaînement de phases se décompose en 8 étapes :

⁴pour **problème** ou **situation réelle**

3.2. Les étapes :

1. **Clarifier les termes inconnus ou ambigus** (vocabulaire) dans l'énoncé du problème ($\approx 5mn$).
2. **Définir le problème** : dresser une liste des éléments, des phénomènes ou des mécanismes à expliquer ($\approx 10mn$)
3. **Expliquer le problème** (c'est-à-dire les éléments et les phénomènes soulevés à l'étape précédente) et proposer des hypothèses ($\approx 30mn$). *A partir de cette étape, il est possible de préparer l'étape 5 en inscrivant sur une partie du tableau les besoins en nouvelles informations et nouvelles connaissances.*
4. **Discuter et organiser les explications** et les hypothèses proposées ($\approx 30mn$).
5. **Formuler les objectifs d'apprentissage** ($\approx 15mn$).
6. **Etude individuelle**. Il s'agira également de préparer une synthèse des lectures pour une utilisation efficace dans l'étape suivante.
7. **Mettre en commun les connaissances acquises** pendant l'étape précédente, et les appliquer au problème pour en tirer des explications (≈ 70 à $80mn$). Cette étape sera **validée par le tuteur**.
8. **Faire un bilan** (≈ 10 à $20mn$). Les objectifs d'apprentissage ont-ils été atteints, auto-évaluation de l'efficacité et de la qualité du travail de chacun, dynamique du groupe, points à améliorer dans le fonctionnement du groupe...

3.3. Les lectures

La phase 2 est **exclusivement individuelle** :

- Il s'agit pour l'étudiant de **réaliser les objectifs d'apprentissage** fixés à l'étape 5.
- Pour cela il doit **recueillir et maîtriser les informations** pour expliquer le problème.
- Il peut utiliser les références proposées par le tuteur mais **doit également en rechercher d'autres**.

- L'étudiant établira **une synthèse de ces lectures** organisée de manière à pouvoir être utilisée efficacement lors de la phase suivante.

Remarque : Lorsque les étudiants découvrent la méthode de travail, une question revient souvent : est-il possible de travailler en groupe, chaque membre du groupe travaillant dans une direction donnée ?

- Nous expliquons alors que cette phase de recherche bibliographique vise avant tout à combler, pour chaque étudiant, le manque de connaissances qui le sépare de la compréhension du problème.
- Il s'agit donc bien d'un **travail essentiellement individuel**, le travail en classe étant au contraire collectif.
- Nous ajoutons également que le travail en classe doit amener des **débats contradictoires** et, pour ce faire, il est indispensable que chaque étudiant ait acquis des connaissances dans les mêmes domaines que ses camarades de manière à confronter différents avis.

4. Rôles

- Pour étudier un problème, les étudiants travaillent en groupe : 15 étudiants maxi. car au-delà, les discussions en aparté prennent le pas sur la discussion collective...
- L'attribution des rôles changera à chaque nouveau problème.
- Il est également possible, si l'effectif de la formation le permet, de changer la composition des groupes pour chaque problème, de manière :
 - à limiter des phénomènes de leadership
 - à encourager les étudiants à travailler avec des personnes toujours différentes.

Trois étudiants vont jouer les rôles suivants :

4.1. Animateur :

- il gère le **temps** imparti à chaque étape (voir 3.1),
- il veille à ce que **chacun** intervienne de manière équitable en modérant ceux qui interviennent très souvent et en tentant d'impliquer ceux qui se montrent plus réservés,

- il vérifie que les éléments discutés par le groupe soient **notés**,
- il amène le groupe à **clarifier les idées** à mesure qu'elles se développent,
- il suggère des **directions** que doit prendre la discussion, ceci en accord avec les autres participants.

4.2. Secrétaire (debout)

- il **consigne** au tableau les idées émises par les autres membres du groupe, de manière à apporter un support concret à la discussion,
- il doit traduire sous forme compréhensible par l'ensemble du groupe mais également de manière **fidèle**, les idées émises,
- il doit **synthétiser** l'information du groupe.

4.3. Scribe (assis)

- il **consigne** les idées du groupe notées au tableau de manière à libérer les membres du groupe de la prise de notes,
- il contruit les **notes de cours**, une sorte de procès-verbal de l'analyse et de la synthèse,
- ses notes seront **distribuées** à l'ensemble du groupe.

4.4. Tuteur

- Dans le cadre de cette méthode de travail, l'enseignant ne joue plus son rôle habituel de "distributeur" de savoirs.
- Son rôle devient celui d'un facilitateur pour relancer, recadrer ou encourager la discussion.
- Il interviendra également pour aider les étudiants à construire les objectifs d'apprentissage et veiller à ce qu'ils n'oublient rien.
- Dans la troisième phase, il validera ou non les objectifs à atteindre.
- D'une manière générale, il interviendra assez peu pendant les séances, et de moins en moins en avançant dans la formation.

Remarque 1. Le tuteur débutant a tendance à vouloir intervenir souvent, pour, par exemple, corriger une erreur ou compléter un raisonnement. Cependant, le tuteur doit s'imposer les règles suivantes lors de ses interventions :

- ne pas apporter de connaissance lors de l'intervention mais toujours susciter le questionnement chez les étudiants,
- ne pas rompre la dynamique de la discussion et choisir avec soin l'instant de l'intervention.
- ne pas intervenir trop longtemps pour ne pas faire perdre le fil de leur discussion aux étudiants.

Remarque 2. Lorsque le tuteur n'a pas conçu le problème, un «guide du tuteur» sera édité; il contiendra le vocabulaire à expliquer, les objectifs que les étudiants doivent atteindre en fin de prosit, les références bibliographiques et webographiques et, le cas échéant, des recommandations spécifiques.

5. L'évaluation

- L'évaluation permet d'établir si oui ou non l'étudiant a atteint les objectifs fixés au départ. Ces objectifs sont ceux du module.
- Plusieurs modes d'évaluation, complémentaires, sont envisageables :
 - pendant les séances :
 - * participation,
 - * pertinence des interventions,
 - * qualité des compte-rendus, ...,
 - en travaux pratiques,
 - en examen :
 - * traditionnel
 - * adapté : compte tenu du temps imparti, nous sommes partis d'un prosit déjà posé précédemment.

6. Les "prosits"

6.1. Sur le choix des problèmes

Le choix des problèmes ou mises en situation écrits **est crucial** car il s'agit :

- de susciter l'intérêt de l'étudiant,
- de l'encourager à accomplir ses recherches bibliographiques

et ceci dans le but d'atteindre les objectifs pédagogiques fixés lors de l'étape 5 de la phase 1 [2].

Plusieurs critères sont pris en compte pour le choix de ces prosits :

- le **niveau de connaissance** des étudiants,
- la **réactivation** des connaissances antérieures,
- les objectifs **finaux** de l'enseignement,
- la **répétition** des objectifs ou des thèmes à étudier dans chaque prosit,
- la **forme** utilisée (lettre, compte-rendu, cahier des charges, dialogue, etc...)
- la **progression** donnée à l'ensemble de prosits. Il est à noter qu'il est préférable de commencer par des prosits pour lesquels on aura fixé des objectifs simples à atteindre, la difficulté devenant croissante,
- le **sens** ou l'**ancrage** à la **réalité** à donner au problème. Cet aspect doit être prédominant dans les premiers problèmes de manière à faire naître l'intérêt pour la matière le plus rapidement possible.
- lien avec les **travaux pratiques**

6.2. La progression des prosits

Avant de construire notre série de problèmes, nous avons établi une liste des objectifs à atteindre par les étudiants. Les objectifs se répartissent dans 3 catégories :

- **Objectifs primaires** correspondant aux connaissances (**savoir** et **savoir faire**) minimales que chacun se doit d'acquérir à l'issue de la phase 3,

- **Objectifs secondaires** correspondant à des connaissances annexes. Il peut s'agir :
 - de connaissances qui seront approfondies dans les prosits suivants ou
 - de connaissances anciennes que l'on cherche à réactiver,
- **Objectifs tertiaires** correspondant à des connaissances pouvant être en dehors des objectifs généraux de la matière ou n'étant pas indispensables à la compréhension du problème.

6.3. Références bibliographiques

Avec le prosit doit être fournie à l'étudiant une liste de références bibliographiques de base. Il est important alors de contrôler les points suivants :

- La **quantité** de références fournies :
 - un nombre trop important risque **d'égarer** l'étudiant.
 - on veillera **à diminuer** ce nombre au fil des prosits en incitant les étudiants à chercher par eux-mêmes.
- la **qualité**, notamment pour les sites web :
 - la facilité de recherche d'information sur le réseau mondial fait souvent oublier aux étudiants l'utilisation des **ouvrages imprimés**.
 - il est donc capital de les mettre en garde sur l'**absence de contrôle** des publications sur le web.
- la **disponibilité** des références.

7. Questionnaire

7.1. Contenu

- Un questionnaire a été soumis au étudiants, au terme du parcours formatif.
- Il est constitué d'une quarantaine de questions et inspiré du modèle proposé par [3]
- Le but est d'évaluer la perception de la méthode APP par les étudiants et également la qualité des problèmes proposés.

7.2. Résultats

- Pour les étudiants interrogés, **75%** des **prosits** étaient acceptables.
- Les étudiants sont avant tout sensibles **au réalisme** des prosits présentés (figure 1).

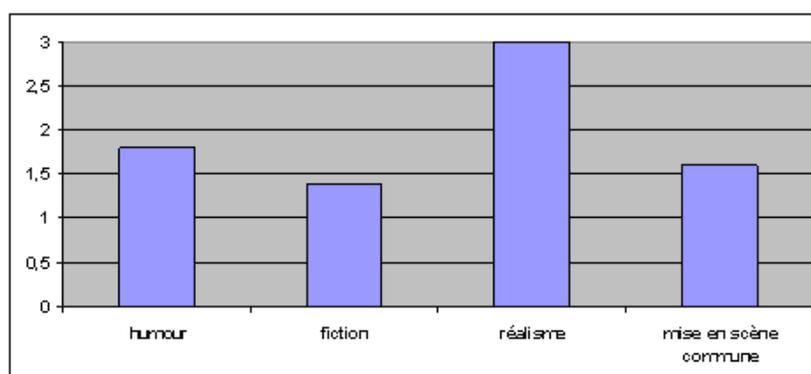


Figure 1: Moyens narratifs

- Les étudiants souhaitent des prosits ni trop ouverts, ni trop directifs (figure 2).
- Ils souhaitent également un **accroissement** des documents annexes et des références bibliographiques fournis (figure 3). Nous pensons que l'avis des étudiants sur ces deux aspects, est lié leur démarrage dans la méthode de travail.
- La totalité des étudiants déclarent consacrer **au moins une heure** par semaine à la phase 2 (recherche bibliographique) et **56%** d'entre eux vont jusqu'à trois heures en moyenne : par rapport à l'analyse faite dans [3], ces valeurs sont très inférieures. Nous pensons que cela tient au fait que dans notre formation, l'emploi du temps hebdomadaire n'est pas adapté à l'APP.
- Enfin, environ **65%** des étudiants pensent que les prosits sont utiles également lors de la phase 3 (mise en commun des connaissances acquises lors de l'étude bibliographique).

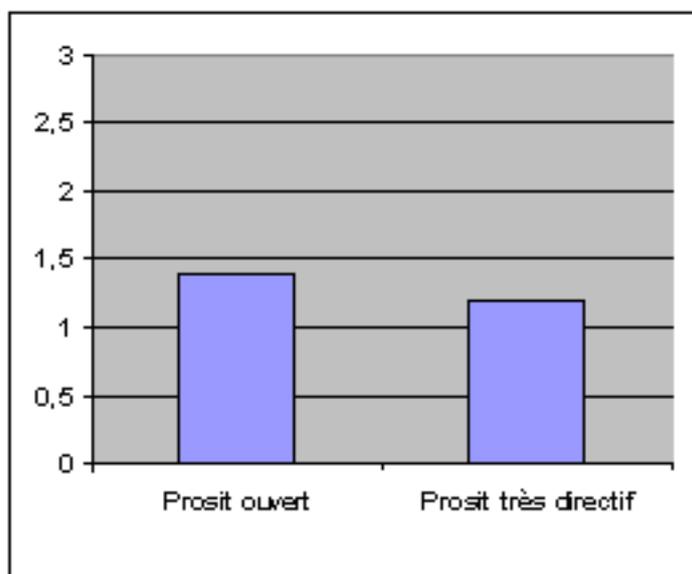


Figure 2: Directivité des prosits

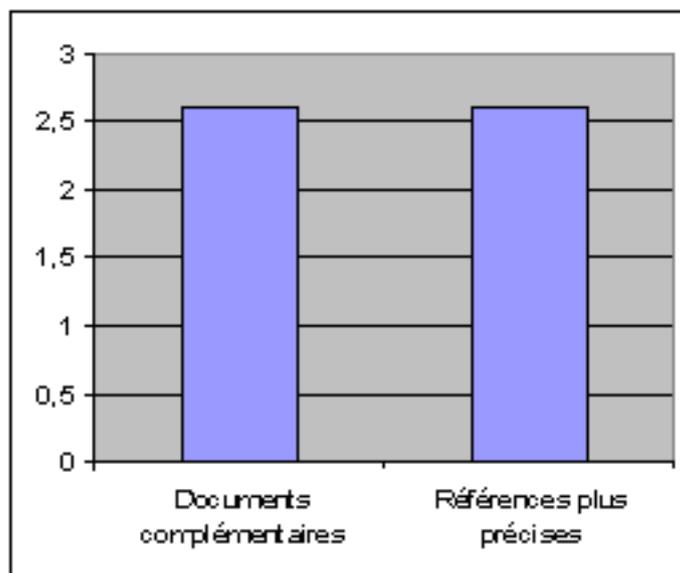


Figure 3: quantité de documents et références

8. Exemple

8.1. Prosit

Philidor doit concevoir, pour son entreprise, un système de visualisation d'informations alphanumériques à cristaux liquides. Il s'agit d'afficher des nombres entiers ou réels représentant des grandeurs physiques issues de capteurs numériques, et qui lui parviendront par l'intermédiaire d'une liaison série. Un petit clavier à 16 touches sera également nécessaire pour effectuer quelques réglages, comme le choix d'échelle ou d'unité par exemple ou la mise à l'heure de l'horloge interne du système d'affichage. Les contraintes les plus importantes pour ce système, sont l'encombrement réduit que doit présenter le système et sa consommation en énergie qui doit être la plus faible possible pour pouvoir être alimentée par une batterie ou des piles en cas de coupure de secteur. Philidor s'interroge sur la solution à employer, microprocesseur ou microcontrôleur. Il souhaite également élaborer un schéma général de principe de manière à pouvoir établir une liste des périphériques nécessaires à la réalisation de son projet.

Le guide du tuteur associé à ce prosit comportait les éléments suivants :

8.2. Vocabulaire à éclaircir

- cristaux liquides,
- liaison série,
- microprocesseur,
- microcontrôleur,
- périphérique,
- alphanumérique,
- ...

8.3. Objectifs

Objectifs primaires :

- fonctionnement et différences entre les microprocesseurs et les micro-contrôleurs,

- spécificités du microcontrôleur,
- notions d'entrées/sorties,
- ...

Objectifs secondaires :

- facilité de maintenance des systèmes à microcontrôleurs,
- puissance de calcul plus réduite des microcontrôleurs par rapport aux microprocesseurs,
- volume réduit des microcontrôleurs,
- fiabilité des microcontrôleurs,
- notions de consommation d'énergie,
- ...

Objectifs tertiaires :

- liaisons séries, réseaux, IC2, ...
- gestion d'un clavier,
- horloge temps réel,
- CMS et BGA (pour les problèmes d'encombrements),
- systèmes de développement, fournisseurs,
- ...

8.4. Références

La liste des documents incluait des références bibliographiques ainsi que des références de sites web.

8.5. Autres outils

- Des **outils en ligne** (simulateur de microprocesseur et simulateurs logiques notamment) sont également disponibles par l'intermédiaire du campus numérique.
- Le **campus numérique** nous permet également de mettre plus facilement à disposition des étudiants les diverses références webographiques ainsi que certains documents électroniques.
- De plus avec les étudiants en alternance, cette plateforme pédagogique permet également de **garder le contact** (forum messagerie et échange de documents comme le compte-rendu rédigé par le scribe).

9. Conclusion et perspectives

- Nous avons présenté une expérience de mise en oeuvre de la méthode d'apprentissage par le problème à des enseignements d'informatique industrielle.
- Intérêt certain des étudiants pour la méthode de travail : au fil des séances, dans le questionnaire et également lors de commissions pédagogiques paritaires.
- Formule pédagogique qui ne permet pas d'apprendre plus, mais d'**apprendre mieux** : les apprenants deviennent conscients de leur rôle dans le processus d'apprentissage.
- Nous espérons :
 - renouveler cette expérience l'an prochain
 - l'étendre à d'autres enseignements,
 - attirer d'autres collègues dans cette aventure.

References

- [1] G. Lachiver, D. Dalle, N. Boutin, A. Clavet, F. Michaud, and J-M. Dirand. Programmes de génie électrique et de génie informatique axés sur le développement de compétences et des projets à l'université de sherbrooke. *IEEE Canadian Review*, 41, Été 2002. Available from World Wide Web: http://ieee.ca/canrev/cr41/41_5_fr.htm.

-
- [2] Stéphan Giroux. Apprentissage par problèmes. *Le saut quantique*, 2002. Available from World Wide Web: <http://www.apsq.org/sautquantique/doss/d-app.html>.
- [3] A. Souciss, Y. Mauffette, and P. Kandlbinder. Les problèmes : pivots de l'apprentissage par problèmes (app) et de la motivation ? *RES ACADEMICA*, 21 no. 1:129–150, 2003.