

MARTIAL VIVET

**La prise en compte du contexte avec les tuteurs intelligents**

*Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes*, 1988-1989, fascicule 5  
« Didactique des mathématiques », , exp. n° 5, p. 1-11

[http://www.numdam.org/item?id=PSMIR\\_1988-1989\\_\\_5\\_A5\\_0](http://www.numdam.org/item?id=PSMIR_1988-1989__5_A5_0)

© Département de mathématiques et informatique, université de Rennes,  
1988-1989, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la série « Publications mathématiques et informatiques de Rennes » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

**LA PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE  
AVEC LES TUTEURS INTELLIGENTS**

**TAKING ACCOUNT OF THE CONTEXT WITH I.T.S.**

VIVET Martial  
CRIC laboratoire d'informatique  
Université du Maine BP 535  
F72017 LE MANS cedex  
-----

**Résumé :**

Le développement des tuteurs intelligents est souvent justifié par la recherche d'une flexibilité pédagogique impossible à trouver sans la prise en compte de l'apprenant. Cette démarche qui explique tout le travail fait autour de la modélisation de l'élève est nécessaire mais n'est pas suffisante. Le texte met en évidence que le contexte d'apprentissage avec de tels outils doit être soigneusement étudié : en particulier le type de pratique pédagogique mise en œuvre lors de l'usage d'un tuteur intelligent doit être précisé. Il y a lieu de savoir par exemple si «Tuteur intelligent» renvoie toujours à apprentissage isolé (ce qui diffère d'individualisé !) ou bien si le professeur et/ou les manipulations (souvent utiles dans l'enseignement des sciences expérimentales) restent accessibles pendant l'activité de l'apprenant. La présentation faite pose quelques questions à propos de la logique d'usage des tuteurs intelligents et évoque des pistes de solutions pour approcher ces problèmes.

**LA PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE  
AVEC LES TUTEURS INTELLIGENTS**

**TAKING ACCOUNT OF THE CONTEXT WITH I.T.S.**

VIVET Martial  
CRIC laboratoire d'informatique  
Université du Maine BP 535  
F 72017 LE MANS cedex  
-----

**Abstract :**

The work around ITS is justified by the search for a high pedagogical flexibility which cannot be reached without taking account of the student. This remark explains the major role of the work done on student modeling (cognitive diagnosis, roles of the student's model,...). This approach is useful and necessary but not sufficient. We show that the context of the learning process with such tools needs to be carefully studied and the kind of pedagogical practice used when using ITS must be given precisely. We have to decide if the concept of ITS is linked with the concept of «isolated learner» or with the concept of «individualised learning». In the second approach, where are the teacher and/or the practical manipulations (often useful when training people in experimental sciences) ? Are they available during the learning process ? What are their roles ? The text presented raises such questions dealing with the scenario of usage of ITS and shows some ways to approach these problems.

## INTRODUCTION

### OBJECTIF :

flexibilité, individualisation, personnalisation dans l'interaction

### NÉCESSITÉ :

- modèle élève (ME)

rôles du ME ?

J. SELF (1987) distingue 6 fonctions :

- corrective
- élaborative
- stratégique
- diagnostique
- prédictive
- évaluative

difficultés ==> REJET ?

- besoin de ME détaillés ? (Sandberg, 1987)
- possibilités pratiques de les construire ?

approches pour les dépasser : pragmatisme !  
(cf J. SELF 1988)

- DIDACTIQUE ==> connaissances du contexte

l'environnement d'apprentissage ?

c'est l'apprenant dans son contexte d'apprentissage qu'il importe de prendre en compte

## A : POINTS DE VUES

### I - CONNAITRE L'ÉLÈVE

être pragmatique :

- ne pas exiger d'un système plus qu'on exige d'un professeur :  
combien de professeurs font effectivement un diagnostic cognitif précis et complet de leurs élèves ?
- ne pas élaborer des éléments de diagnostic que le système ne peut utiliser
- insister sur la compréhension des croyances de l'élève plutôt que sur l'identification de bugs
- accepter de fournir «à la main» ce que l'on ne sait pas calculer !
- cesser de deviner ; demander à l'élève de dire ce dont on a besoin
- accepter de travailler avec des catégories bien cernées d'élèves

## II - CONNAITRE LE CONTEXTE d'APPRENTISSAGE pour l'ELEVE

### Le contexte ?

- TI est-il synonyme d'apprentissage isolé ?  
à distance ?
- ou TI est-il synonyme d'apprentissage individualisé ?

Isolé ? Comment résoudre le problème de la nécessaire socialisation des connaissances construites et des significations qui s'y rattachent ?  
Comment faire jouer positivement les conflits sociaux cognitifs facilitant la construction des connaissances ? (Doise 81)

Quelles places pour :

- le professeur ?  
son rôle : où, quand intervient-il ?  
Quelles pratiques pédagogiques avec les tuteurs intelligents ?
- les expérimentations ?  
en chimie, physique, biologie ...  
simulation (modèle+ monde réel)
- les illustrations multi-media ?
- le groupe d'élèves (co-apprenants) - son rôle ?  
co-opération ?  
élève <-> tuteur  
+ élève <-> expérimentation (vérification, induction,...)  
+ élève <-> ressources (biblio, Professeur,...)
- le TI : quelle image de la connaissance renvoie le TI à l'élève ?  
Faut-il feindre l'omniscience ? adopter un rôle de collaborateur faillible ?

## III - TENIR COMPTE DE L'ÉLÈVE ET DU CONTEXTE

. Structure CONTEXTE plus riche que modèle élève  
. niveaux d'intervention ?

- domaine enseigné : tuteurs «compétents»  
solutions individualisées (rés. de problèmes)
- explications : explications contextualisées  
individualisation des explications liées au domaine enseigné :  
**COMMENTER - EXPLIQUER - JUSTIFIER**  
individualisation des explications liées à la session
- attitude pédagogique :  
. contextualisation de la session  
plan de session : choix ? élaboration ?

. TECHNIQUES :

==> élaborer, calculer le plan de session en fonction des éléments disponibles

==> rester pragmatique : partir de plans pédagogiques pré-codés et effectuer le choix le plus adapté avec des méta-règles ayant des parties <cond> prenant leurs valeurs dans CONTEXTE

. COMMENT ?

- systèmes à base de connaissances
- rôle prépondérant de la méta-connaissance (Vivet / COGNITIVA 87)
- exécution du contrôle des moteurs d'inférence par des méta-connaissances données de façon déclarative
- l'écriture de méta-règles ayant des parties conditions prenant leurs valeurs dans la structure CONTEXTE

## B : VOIES D'APPROCHE : un exemple AMALIA

### BUT : EXAMEN DU RÔLE DES MÉTACONNAISSANCES DANS LES TUTEURS INTELLIGENTS

#### I. - DESCRIPTION GÉNÉRALE

- générateur de tuteurs intelligents (maquette en cours de développement)
- moteur unique KEPLER : moteur exécutant de l'expertise donnée sous forme de plans choisis à l'aide de métaconnaissances explicitées dans des méta-règles (coquille extraite de CAMELIA)
- même langage de représentation de connaissances pour l'expertise du domaine et l'expertise pédagogique
- essais :
  - analyse mathématique :  
enseignement de manipulations algébriques en calcul intégral
  - utilisation de traitement de textes

La représentation des connaissances dans KEPLER

i) règles de réécriture = «connaissances sûres»

Exemples : "primitive de  $\cos(x)$ "  
SE RÉECRIT " $\sin(x)$ "

"faire la sélection d'un mot"  
SE RÉECRIT "appuyer sur les touches F7 - F8"

ii) plans = savoir-faire sous forme de scénarios types utilisés par des experts pour atteindre la solution d'un type de problèmes.

Exemple : **POUR** vérifier qu'un thème est connu  
**ESSAYER SUCCESSIVEMENT**  
questionner sur les formules du thème  
proposer un exercice dirigé  
en cas d'échec à l'exercice

- mettre à jour le modèle de l'élève (thème mal su)
- affecter tâche dans l'agenda

«faire réviser ce thème»

iii) métarègles

Exemple : **SI** l'élève est un enfant  
**ALORS** ne garder que les plans pédagogiques écrits dans un style familier.

Le contrôle du moteur

- la gestion des conflits

KEPLER, sélection en deux étapes :

- une sélection «grossière» :  
élimination de ce qui ne mérite pas attention  
DESCRIPTEURS associés aux plans

- une sélection «fine» :  
réalisée par une manipulation effective de métaconnaissances données formellement au système :  
  
==> métarègles permettant d'apprécier l'intérêt d'un plan pour aborder un problème.  
==> forme : **SI** <cond> **ALORS** <recommandation>
- principe retenu :
  - . évaluation de NOTE par estimation COÛT et d'ESPOIR
  - . <recommandation> peut être une variation de COÛT ou d' ESPOIR

## II MÉTACONNAISSANCE DANS UN RÉSOLVEUR DE PROBLÈMES

Résoudre un problème non trivial nécessite trois types de connaissances :

- des «granules» de savoirs élémentaires du domaine.
- des procédures de résolution pour disposer d'un (ou plusieurs) plan(s) à partir des savoirs élémentaires.
- des stratégies pour choisir parmi les plans possibles, le plus prometteur en vue de résoudre le problème posé.

Exemples de règles de stratégie :

MÉTA-REGLE-1 :

**SI** un plan impose un opérateur rare **ET**  
cet opérateur figure dans le problème  
**ALORS** augmenter fortement l'intérêt de ce plan

MÉTA-REGLE-2 :

**SI** le problème est d'insérer un fragment dans le texte **ET**  
cette insertion sera souvent répétée ultérieurement  
**ALORS** sélectionner le plan qui place le fragment à insérer dans le glossaire.

**Intérêt pédagogique des métarègles de contrôle du solveur**

### 1- CHOIX DE LA TÂCHE

- ==> apprentissage de stratégies
- ==> guidage en exploitant les métarègles qui s'appliquent et /ou celles qui ne s'appliquent pas.
- ==> aide élaborée à partir d'une analyse des parties conditions des métarègles.
- ==> Entraînement à faire des choix parmi les méthodes connues
- ==> conscience que l'important n'est sans doute pas de «trouver du premier coup le bon plan» : des choix sont à faire et parfois à remettre en cause.

**EXEMPLE :**

Par observation de résolutions différentes suivant les cas.

MÉTARÈGLE-2 insertion dans un texte

- un débutant découvre qu'il existe plusieurs méthodes d'insertion
- l'utilisateur confirmé découvre, grâce à cette métarègle que pour résoudre une tâche donnée le choix du bon plan n'est pas lié seulement au problème courant mais également à l'intention future de l'utilisateur et plus généralement au contexte de la session, passé et/ou à venir.

## 2 - Adaptation de la solution à l'élève

Dans un résolveur de problèmes, les métarègles classent les plans suivant leur intérêt intrinsèque au sens du domaine sans prise en compte de l'utilisateur.

Si l'objectif est d'enseigner :

J.F NICAUD parle de «résolution pédagogique d'exercices»

Il faut pouvoir

- adapter la solution aux connaissances de l'élève.
- éliminer parmi les plans candidats pour résoudre un problème ceux qui font appel à des connaissances marquées comme inconnues dans le modèle élève.

Exemple :

**SI** l'objectif est d'apprendre à factoriser ET  
l'élève ne connaît pas les nombres complexes  
**ALORS** enlever les plans qui utilisent les nombres complexes.

- focaliser l'attention de l'élève sur une méthode particulière. (le plan l'utilisant doit être prioritaire : dans KEPLER augmenter l'intérêt du plan concerné).

Exemple :

**SI** l'élève étudie une nouvelle notion  
**ALORS** favoriser les plans qui utilisent la définition de cette notion.

- écarter certains plans jugés inadaptés à la circonstance présente .

## 3- problème des explications fournies par un système à base de connaissances

- . trace : révélateur
- . commenter : abrégé de raisonnement
- . expliquer : contenu des règles
- . justifier : explications des choix

justifier impose stratégies sous forme déclarative (Vivet 87a).

Dans le résolveur d'un tuteur :

méta-connaissances sous forme déclarative

- ==> trace de règles amène enseignement de **contenus**
- ==> trace de méta-règles amène enseignement de **stratégies**

## III MÉTACONNAISSANCE DANS LA COMPOSANTE PÉDAGOGIQUE

rôle spécifique lié à la notion de tuteur

usage des métarègles <=> trois catégories de tâches.

- Choix de la tâche
- Choix du plan pédagogique
- Corriger le modèle élève

avantages de l'aspect déclaratif :

les stratégies pédagogiques sont transparentes à l'enseignant  
modifications à son gré par ajout ou suppression de métarègles.

### III.1 CHOIX DE LA TÂCHE

En résolution de problèmes :  
l'utilisateur soumet un problème au système.

En activité d'enseignement,  
l'utilisateur ne peut pas toujours déterminer lui-même la tâche à accomplir :

- > Métarègles pour déterminer, inscrire dans l'agenda une tâche adaptée au niveau et aux connaissances de l'élève ( initialisation d'une session).
- > Métarègles pour faire des vérifications de cohérence dans le déroulement de la session par rapport à l'élève.

#### EXEMPLE :

**SI** : les dérivées ne figurent pas dans les connaissances de l'élève  
**ALORS** refuser toute tâche concernant l'intégration.

- > Métaconnaissance intervenant dans le processus de mise à jour du modèle de l'élève.

Correction d'une erreur matérielle : l'étudiant connaît peut-être les dérivées mais le TI ne le sait pas encore dans le modèle de l'élève.

### III.2 CHOIX DU PLAN PÉDAGOGIQUE

La tâche étant déterminée, choisir un plan (le Bon !) parmi tous les plans pédagogiques possibles.

Rôle usuel de la métaconnaissance : résoudre l'ensemble des conflits dans un ensemble de règles (ici pédagogiques), c'est une particularité importante pour les tuteurs intelligents.

- Généralement : métarègles souhaitables pour éviter trop d'essais infructueux. Même une stratégie faible permet d'atteindre le but (retour arrière).
- En pédagogie : proposer un plan qui n'est pas adapté à l'élève ==> échec du point de vue pédagogique.  
(retour arrière à écarter le plus souvent possible). Les métarègles doivent focaliser au mieux sur le bon plan.  
L'élève peut se décourager, devenir inattentif ou même abandonner complètement si les tâches et les exercices proposés sont trop difficiles.  
Un bon élève peut aussi être ennuyé par une série d'exercices répétitifs qu'il résoud trop aisément.

Cette métaconnaissance utilise les informations suivantes :

- composante statique
  - la composante psychologique de l'élève : fournie «à la main» lors de la première rencontre avec l'élève.
- composantes dynamiques
  - composante de niveau général de l'élève dans le domaine enseigné. Cette composante peut faire intervenir des éléments liés à l'historique des sessions précédentes et aux concepts abordés.

- contexte de la session : tenir compte :
  - . des échecs et des réussites de l'élève pendant la session,
  - . de l'environnement
    - temps restant ,
    - préparation d'un examen,
    - professeur disponible en ressource,
    - expérimentations accessibles ...)
  - . des goûts de l'élève :
    - expérimentations,
    - travail en binôme,
    - aide en bibliothèque...

Exemples :

**SI** la tâche est : vérifier l'état d'une connaissance  
 et le niveau de l'élève est bon  
 et l'élève a confiance en lui  
**ALORS** éliminer les plans de type «facile» et ceux qui donnent la main à l'élève.

**SI** l'élève est faible  
 et l'élève n'aime pas les mathématiques  
**ALORS** ne retenir que les plans de type «facile»

### III.3 CORRIGER LE MODELE ÉLÈVE

**DIFFICULTÉS :**

**STABILITÉ :**

Certains plans pédagogiques mettent à jour le modèle élève mais stabilité nécessaire : chaque échec ou chaque réussite d'un exercice ne doit pas aboutir à une modification du modèle élève.

**COMPILATION** de ce que l'on sait de l'élève : regroupements des résultats de la session

Exemple :

**SI** il y a au moins 3 échecs sur l'utilisation d'un résultat connu en trigonométrie  
**ALORS** enlever ce thème des sujets bien maîtrisés  
 mettre dans l'agenda : faire réviser la trigonométrie

intérêt pédagogique indirect.

- . Rendre transparents à l'élève les critères utilisés par l'enseignant pour porter un jugement,
- . Expliciter à partir de quand l'enseignant trouve les connaissances de l'élève insuffisantes,

==> recul par rapport au travail,  
 évolution des méthodes d'apprentissage.

avantage de l'aspect déclaratif : il permet une modification des critères d'évaluation.

## CONCLUSION

- Nécessité d'étudier le problème des pratiques pédagogiques avec les tuteurs intelligents,

--> ne pas étudier seulement les stratégies pédagogiques sous-jacentes ou codées explicitement dans le tuteur

--> s'attacher à réfléchir aux usages des tuteurs .

Ces deux types d'études sont intimement liées mais on court à l'échec si on n'oublie le deuxième aspect.

- La souplesse et la flexibilité seront trouvées par l'écriture des tuteurs intelligents avec des architectures de systèmes à base de connaissances

==> IMPOSE une analyse approfondie et une formalisation

. de l'expertise du domaine

. de l'expertise pédagogique.

==> hiérarchie entre les connaissances (Vivet 1987b).

--> l'architecture d'un tuteur intelligent doit reposer sur une analyse de la hiérarchie entre les différentes connaissances qui entrent en jeu.

--> nécessité de communications entre le moteur pédagogique et le moteur résolveur de problèmes.

--> la construction du moteur (des moteurs et de leur articulation) suit la spécification des types de connaissances intervenant.

==> rôle essentiel de la métaconnaissance.

--> résolution pédagogique de problèmes : l'expertise pédagogique intervient aussi dans l'activité du résolveur de problèmes

--> composante tutorielle

. choix de la tâche

. choix du plan

. correction du modèle élève

--> c'est très souvent par la partie <cond> des métarègles que la prise en compte du contexte se fait de façon la plus intéressante



## RÉFÉRENCES

- Baron M., (1984). D'un SE à un SEIAO, les enseignements d'un cas intéressant : GUIDON. notes de lectures, colloque CNRS-GR22, Aix-en-Provence.
- Baron M., Vivet M. (1988). Systèmes experts et tuteurs intelligents, Congrès AFCET - RF/IA, ANTIBES, 16 au 20 nov 1988.
- Chevallard Y. (1985) La transposition didactique. Grenoble, La pensée sauvage.
- Clancey W.J. (1983). The epistemology of a rule based expert system - A framework for explanations, Artificial Intelligence 20, p. 215-251.
- Doise W., Mugny G. (1981), Le développement social de l'intelligence, PARIS, INTERÉDITIONS.
- Ferret E., Jimenez C.(1987). A la découverte des méthodes algébriques. Congrès francophone EAO87, Cap d'Agde, ADI, mars 1987, p.389-398.
- Genesereth (1982). The role of plans in intelligent teaching systems. In Intelligent tutoring systems, Academic press, D.Sleeman-J.S.Brown eds., p.134-155.
- Kassel G. (1986). Expliquer, c'est raisonner sur le raisonnement: le système CQFE, VIèmes journées internationales Systèmes experts et Applications, Avignon 1986, vol 2, p.973-990.
- Kassel G., Parchemal Y., Pitrat J., Safar B. : Pourquoi utiliser des métaconnaissances?. Journées nationales sur l'intelligence artificielle, PRC-IA, GRECO-CNRS, Aix-les-bains, 20/21 nov 1986, Cepadues éditions, pp.79 88.
- Kodratoff Y. (1986). Is AI a sub-field of computer science? or is AI the science of explanations?, Rapport de recherche 312, LRI, ORSAY.
- Nicaud J.F., (1987). APLUSIX, congrès francophone EAO87, Cap d'Agde, ADI, mars 1987, p.399-416.
- Nicaud J.F., Vivet M. (1988). Les tuteurs intelligents: réalisations et tendances de recherche, synthèse sur les TI, revue TSI, vol 7, n° 1, janv 1988.
- O'Shea T., Bornat R., Du Boulay B., Eisenstadt M., Page I. (1984). Tools for creating intelligent computer tutors. In Human and, eds Eliithor & Banerjii, North Holland.
- Pitrat J. (1985). MACISTE ou comment utiliser un ordinateur sans utiliser de programme. Colloque Intelligence Artificielle de Toulouse, publication 58, CNRS-LAFORIA, Université de Paris VI, p.223-240.
- Pitrat J.(1986). Connaissances et métaconnaissances. In intelligence des mécanismes et mécanismes de l'intelligence. Fondation DIDEROT. FAYARD (ed. : J.L.Lemoigne), p,75-113
- Ross P. (1988). Plan recognition for intelligent tutoring systems, Workshop IFIP-TC3, Frascati, mai 1987, in Artificial intelligence tools in education, Eds. North Holland.
- Sandberg J.A.C. (1987). The third international conference on Artificial intelligence and education, AICOM, Nb 0, pp 51-53.
- Safar B. (1985). Explications dans les systèmes experts, Journées systèmes experts, Avignon 1985.
- Self J. (1986). Artificial intelligence, Its potential in education and training, 5ème symposium canadien sur la technologie pédagogique, OTTAWA, 5-7 mai 1986, p.69-77.
- Self J. (1988). STUDENT MODELS : WHAT USE ARE THEY?, Workshop IFIP-TC3, Frascati, mai 1987, in Artificial intelligence tools in education, Eds. North Holland.
- Self J. (1988). Bypassing the intractable problem of student modelling, Congrès international ITS 88, MONTRÉAL, juin 1988, p.18-24.

- Sleeman D. and Brown J.S. (1982). Intelligent tutoring systems , ACADEMIC PRESS, London.
- Vivet M. (1984a). CAMELIA: a knowledge based mathematical system, ECAI, sept 1984, PISE, p. 603-612.
- Vivet M. (1984b). Expertise mathématique et informatique, CAMELIA: un logiciel pour raisonner et calculer, thèse état, université Paris VI, 25 juin 1984.
- Vivet M. (1987a). Systèmes experts pour enseigner : méta-connaissances et explications, MARI-COGNITIVE 87, PARIS, 18/22 mai 1987.
- Vivet M. (1987b). Hierarchy of knowledges in an intelligent tutoring system; how to take account of the student, note interne CRIC, Presented during the European seminar on Intelligent tutoring systems, TUBINGEN, 1987 October 25-31.
- Vivet M. (1988). Reasoned explanations need reasoning on reasoning and reasoning on the student, Workshop IFIP-TC3, Frascati, mai 1987, in Artificial intelligence tools in education, Eds. North Holland.
- Vivet M, Futersack M, LABAT J.M., Métaconnaissances dans les tuteurs intelligents, Intelligent tutoring systems ITS-88, Montréal, june 1-3, 1988, p.430-434.
- Yazdani (1986). Intelligent tutoring systems survey, AI review 1, p. 43-52.