

- **Logiciels éducatifs: codage des décisions**
 - **transfert des décisions pédagogiques dans un programme (facilité par les langages auteurs)**
- **intelligence artificielle: codage des connaissances**
 - **responsabilité des programmes de composer dynamiquement des instructions éducatives à l'aide des connaissances (autonomes)**
 - **génération d'exercices**
 - **adaptation au niveau de difficulté selon les performances de l'apprenant**
- **différences importantes: possibilité que le système prenne des décisions non prévues par les experts éducatifs (styles des STI différents des enseignants humains.**

152

Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur

- **Naissance de l'EIAO au début des années 80 (convergence de plusieurs disciplines (intelligence artificielle, éducation, psychologie cognitive)**
- **But : simuler l'enseignant dans ses capacités d'expert pédagogue et d'expert du domaine**
- **Systemes résultants : systèmes tutoriels intelligents (STI), intelligent tutoring systems**
- **Expérience dérivée de l'IA : essai de transformation d'un système expert en système tutoriel GUIDON (Clancey, 1981)**

153

• **Travaux de Carbonell = > introduction de composantes intelligentes reliées à l'enseignement de la géographie en Amérique du Sud.**

• **Deux domaines ont été principalement étudiés les mathématiques et la programmation.**

• **Naissances des environnements interactifs d'apprentissage (STI et environnements d'apprentissage**

• **Intérêt d'une construction de la connaissance par l'étudiant lui-même (hypertextes, environnement d'apprentissage, micro-mondes)**

154

Micro-mondes

• **Les micro-mondes permettent à l'apprenant de développer et simuler ses propres modèles du monde réel**

- Seymour Papert fortement inspiré des travaux de Piaget, suggère qu'il est plus important de permettre aux enfants d'apprendre à développer et à corriger leur propres théories que de leur enseigner des théories considérées correctes
- LOGO: les apprenants programment une « tortue » pour construire et explorer des micro-mondes
- MEMOLAB: système destiné à l'apprentissage de la psychologie expérimentale qui propose à l'apprenant d'interagir avec plusieurs micro-mondes. Au sein de chacun d'entre-eux, l'apprenant construit une expérience, la simule puis analyse les résultats obtenus

155

Environnement d'apprentissage

- **Dans les environnements d'apprentissage, l'accent est davantage mis sur la simulation d'un modèle que sur sa construction. L'élève apprend en modifiant des paramètres et en observant les conséquences de ses actions dans l'environnement simulé**
 - **Steamer est l'un des premiers systèmes de ce type (formation d'ingénieurs au maniement du système de propulsion de grands navires). Un apprentissage par cœur est impossible (nombre considérable de procédures de plus, une nouvelle situation requière l'élaboration d'une procédure entièrement nouvelle.**
 - **Steamer vise à faire acquérir aux ingénieurs un modèle mental du système de propulsion.**
- **La simulation s'impose dans des domaines à forte composante évolutive, surtout lorsque cette évolution peut-être perturbée par des événements extérieurs**

156

Limites de l'approche

Besoin d'assistance

- **Pour être efficace, l'utilisation d'un environnement d'apprentissage, d'un micro-monde ou d'un hypertexte doit être finalisée. L'objectif visé est généralement fixé par l'instructeur**
- **Le succès des systèmes est fonction de la qualité de l'instructeur qui doit soumettre les bons problèmes**
- **Les apprenants ont tendance à réclamer très souvent de l'assistance, l'enseignant a donc un important rôle d'assistant**

157

Hypertexte

Un hypertexte consiste en un réseau de nœuds et de liens, où les nœuds sont des contenants d'information (documents) et les liens des relations entre des nœuds ou portions de nœuds (régions).

Le concept d'hypertexte regroupe deux aspects complémentaires,

la représentation et la manipulation de connaissances selon un processus associatif et

un aspect fortement interactif permettant « l'immersion » dans la « mer d'information ».

La philosophie des hypertextes les destine à être consultés, modifiés, restructurés et complétés par leurs différents utilisateurs.

158

Hypertextes (suite)

Distinction entre mode **auteur** et mode **lecteur**:

Mode lecteur

=> l'utilisateur a la liberté de donner un sens au chemin qu'il construit

= > apprentissage par découverte (accord avec l'approche cognitive).

Problèmes:

Désorientation de l'utilisateur: ignorance de la structure réseau, de la position courante ou encore à l'absence de stratégie de parcours (navigation).

Surcharge cognitive: lié à l'exploration de plusieurs pistes qui diminue l'attention accordée à la tâche principale.

Solution: pour maximiser l'efficacité éducative des hypertextes, la navigation doit être finalisée, voire assistée.

159

Exemple des livres

Version prédéterminée : différents niveaux de lecture, conseils sur les chapitres à lire, liens entre les sections ... (établis par l'auteur)

Version active : interaction avec le lecteur, communication de connaissance adaptée au niveau éclairage des liens, rappels des informations adéquates, explication des zones complexes, saut des information connues...

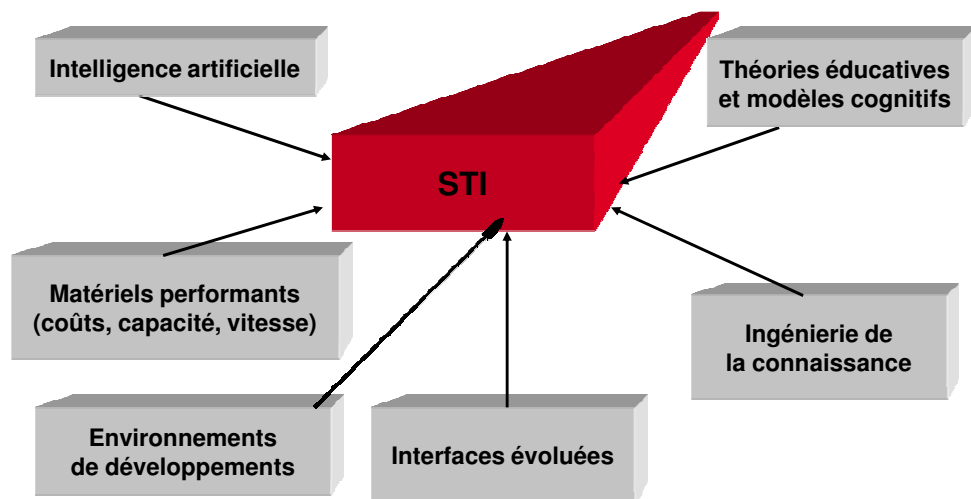
=> *système de communication de connaissances intelligents*

=> *compréhension des processus de communication*

Notion de modèles : modèle du domaine, modèle de l'étudiant, modèle pédagogique, modèle du processus de communication.

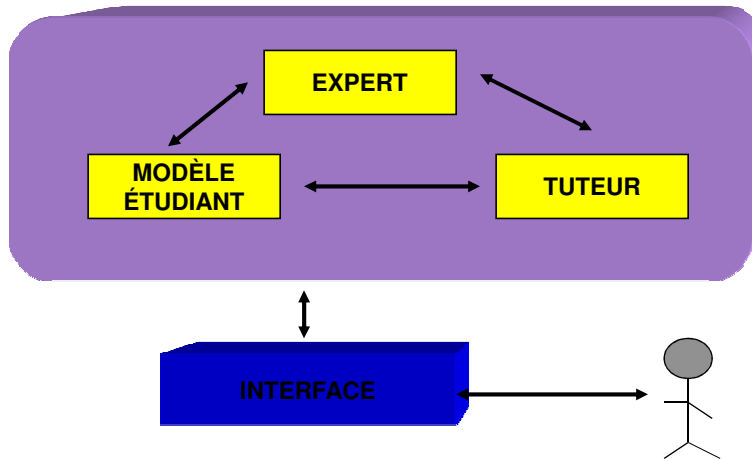
160

Développement récents



161

Architecture générale d'un STI



162

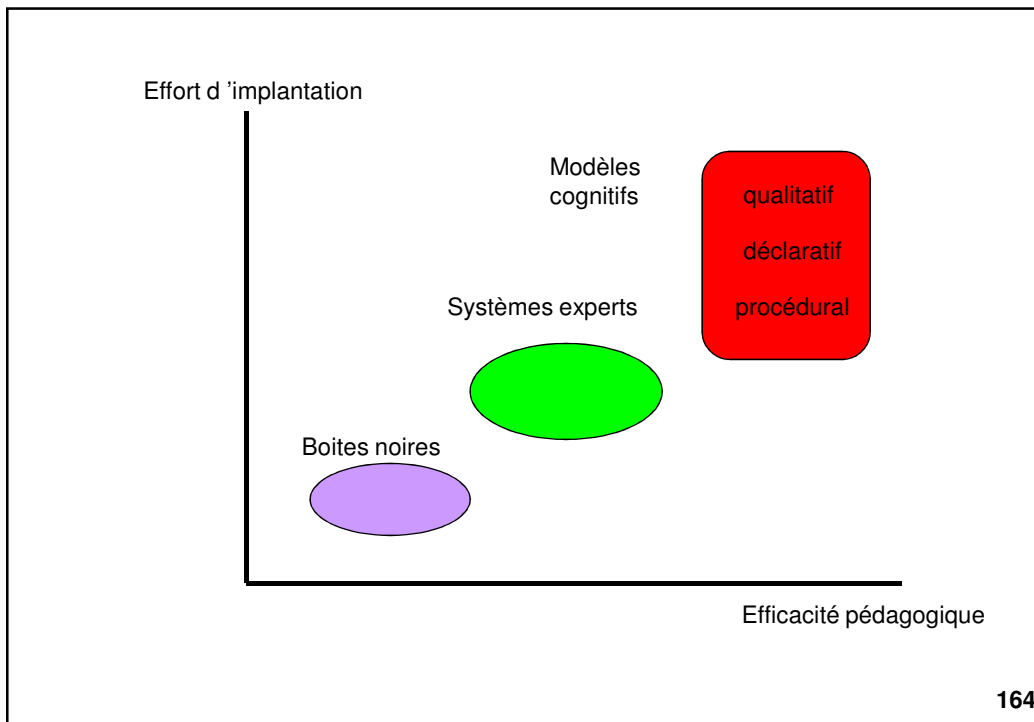
Le module expert

•Connaissances de la matière

•représente souvent 50% de l'effort de développement. Trois possibilités:

- trouver une méthode de raisonnement sur le domaine (approche « boîte noire »)
- développer un système expert
- simuler la façon dont l'humain utilise les connaissances (modèle cognitif)

163



Modèle de boîte noire

données

problème

Réponse de l'apprenant

Réponse correcte

On dispose des entrées, des sorties mais pas des explications, aucun accès à la structure de raisonnement de l'expert.

- **Exemple: système SOPHIE (Brown, Burton) qui utilise le simulateur SPICE de circuits électroniques à l'aide d'un modèle mathématique. Travaille sur un ensemble d'équations mais pas possible d'expliquer ses décisions**
- **Jeux d'échecs: tuteurs réactifs (vrai, faux, faire ceci)**
variante: interrompre l'apprenant, expliquer

Mais il est nécessaire d'accéder au raisonnement interne pour expliquer les erreurs

165

Systèmes de boîtes de verre

- **Systèmes experts**
- **Construction par cognition et expert du domaine**
Formalisation des concepts, tests, raffinements
- **Représentation articulée de la connaissance à la base de l'expertise**
- **Possibilité d'incorporer expertise pédagogique si deux experts réunis.**
- **Peu d'exemples réalisés avec les deux experts.**
- **GUIDON (Clancey, 1982) base sur Mycin diagnostic des maladies infectieuses (450 règles)**
- **règles définies sur les différences entre l'expert et l'étudiant.**

166

SI

- l'infection qui nécessite des soins est une méningite
- des organismes n'ont pas été vus dans les cultures
- le patient n'a pas de blessures à la tête
- l'âge du patient est entre 15 et 55 ans

ALORS

- les organismes susceptibles de causer l'infection sont des pneumonias-diplococcus (.75) et méningite-neisserria (.74)

SI

- Le nombre de facteurs apparaissant dans le domaine des réponses de l'étudiant est zéro
- le nombre de sous-buts restant à déterminer avant que la règle soit appliquée est égal à 1

ALORS

- dire : suggestion du sous-but
- discuter le sous-but avec l'étudiant dans un mode directif
- ouvrir la discussion sur le domaine

167

Modèles cognitifs

- Buts : **simuler la résolution d'un problème pour un domaine ou la connaissance est décomposée de manière communicable par un tuteur.**
- Mais : **demandent du temps à réaliser et des ressources d'ordinateurs importantes.**
- Positif : **beaucoup de progrès en science cognitives, machines plus puissantes**
- **Quels détails, quels composants psychologiques sont nécessaires ?**
 - Différents types de connaissances à considérer :
 - » **procédural**
 - » **déclarative**
 - » **modèles qualitatifs**

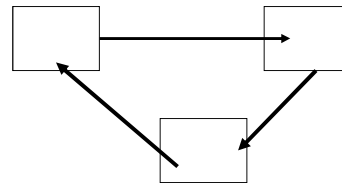
168

Connaissances procédurales

- **Dérive de l'usage des systèmes experts**
- **si ... => basé sur des règles**
alors ...
- **Faits : un angle droit vaut 90°**
- **Morceaux indépendants de connaissance => modularité**
- **Il est possible de représenter l'état des connaissances de l'étudiant par l'analyse des règles ou séquences de règles sélectionnées.**

Connaissances déclaratives

- **Sous forme de faits**
- **Faits reliés par des réseaux sémantiques de liens**



169

- Applications dans le domaine de la géographie (SCHOLAR, Carbonell, météo, ...)
- => nécessite de clarifier le dialogue
 - tuteur pose une question
 - étudiant pose une question, etc.
 - => dialogue socratique
- Permet aussi de vérifier comment l'instruction a été reçue.

170

- **WHY:** Pensez-vous que la jungle d'Amazonie a des pluies fortes ou légères ?
(demande de prédiction d'un cas particulier)
- **Étudiant:** des pluies fortes.
- **WHY:** Pourquoi l'Amazonie a-t-elle de fortes pluies ?
- **Étudiant:** Parce que c'est près de l'Atlantique.
- **WHY:** Oui, l'Amazonie est près de l'Atlantique équatoriale. Comment cela affecte-t-il les pluies dans la jungle d'Amazonie ?
(demande de la cause)
- **Étudiant:** L'eau des courants est chaude.
-
- **WHY:** Pensez-vous que tous les endroits avec montagnes ont de fortes pluies ?
(former une règle générale)
- **Étudiant:** Oui.
- **WHY:** la Californie du sud a des montagnes. Pourquoi n'a-t-elle pas de fortes pluies ?
(choisir un contre-exemple pour une cause insuffisante)

171

Exemple de règle tutorielle socratique

SI

L'étudiant donne une explication d'un ou plusieurs facteurs qui est insuffisante

ALORS

Formuler une règle générale pour démontrer que les facteurs sont suffisants.

Demander à l'étudiant si la règle est vraie.

172

Modélisation de l'apprenant

- **Inférence de la compréhension (état des connaissances) de l'apprenant**

==> diagnostic

- Il représente l'état courant des connaissances de l'apprenant et la recherche de cet état s'apparente à un processus de diagnostic médical. Ce module est consulté périodiquement par le tuteur et l'expert pour choisir de présenter les prochaines connaissances.
 - Modèle cognitif
 - Modèle affectif
 - Modèle inférentiel

Souvent ce modèle est de type expertise partielle : modèle overlay

(les connaissances de l'apprenant sont considérées comme formant un sous ensemble de celles de l'expert.)

- **Parfois 2 modules**

» **modèle apprenant**

» **module diagnostic**

173

Type de connaissance

- Procédural linéaire (modélisation la plus facile)
- Procédural hiérarchique
Ex: BUGGY: procédures de soustraction représentées comme des hiérarchies de buts (soustraire, soustraire de 0, ...)
- Déclaratif (modélisation la plus complexe)
-> recherche permanente sur **toutes** la base de connaissance.
Ex: GUIDON (déclaratif et procédural)

Diagnostic = interprétation

Base de connaissance interprète -> solution
↑ |
_____ diagnostic <- problème + solution

176

Buggy

- **BUGGY: Welcome to Buggy_ I have chosen a bug_ Here is an example of the bug**
- 17
- +5
- 13
- **Now you can give me problems to determine the bug.**
- **Student :** 18 43
 +6 +79
- **Buggy :** 15 23
- **Student: Got the bug ! Students add the number to be carried in the last column worked in**

177

- **Buggy :** Here are some problems to test your theory about the bug.

What is:

21

+39

Student: 51

Buggy : That's not the bug I have. Using my bug:

21

+ 39

15

Try giving me more examples.

178

Student: 51 99 68

+1707 +99 +9

Buggy: 21 36 23

Student: Got the bug! The student is adding all the digits together.

Buggy: Here are some problems to test your theory about the bug. What are:

33 1091 8 28 90

+99 +60 +34 +70 +6

Student: 24 17 15 17 15

Buggy: Very good. My description of the bug is: the student always sums up all the digits, with no regards to the columns.

179

Techniques pour différencier expert et étudiant

- Souvent 2 bases de connaissances : expert et apprenant.
 - Conceptions manquantes
 - Fausses conceptions
- Modèles de recouvrement
- Librairie d'erreurs (des 2 types)
 - Diagnostic par recherche d'erreurs dans la librairie
- Librairie partielle
 - erreurs construites durant le diagnostic plutôt que prédéfinies
 - P prédicat , A actions => $A \times 2^p$ erreurs



180

Philosophie Pédagogique (Nickerson, 1986)

- **Constructivisme** : l'apprentissage est une construction de la connaissance, non son absorption.
- Apprenant doit être actif et relier les nouvelles connaissances aux anciennes.
- Importance de la compréhension des concepts.
- Préconceptions
 - identification des conceptions fausses.
- Apprentissage scolaire et réel
 - apprentissage non intégré
- Techniques de contrôle
- Apprentissage permanent
- Environnement et outils d'apprentissage
 - Lego Logo (Papert)
 - Geometry Tutor (Anderson)
 - BUGGY (Brown)

181

Environnement avec aide

- **Différents degrés et systèmes d'aide**
- **Systèmes avec aide simple : la plupart**
- **Assistance** : simplifient des parties de résolution du problème.
- **Outils de réflexion** : encourage l'étudiant à réfléchir sur ses activités de résolution.
- **Environnement réactifs** : système répond aux actions de l'étudiant (SOPHIE I)
- **Systèmes de modélisation** : modélise pour l'étudiant l'activité d'un expert (SOPHIE I)
- **Systèmes de surveillance** : surveille et interrompt l'étudiant s'il s'écarte de la solution.

182

Le module tuteur

- Il contient les stratégies pédagogiques.
- Son but est de choisir et de planifier les activités à présenter à l'étudiant, de lui fournir des explications adaptées et de déterminer **quand et comment** intervenir.
- Plusieurs stratégies possibles : compagnon, perturbateur

183

Un modèle d'éducation

Méthodologie qui consiste à procéder à l'éducation selon une échelle à 6 niveaux:

- Démonstration
- Surveillance
- Scaffolding

=> aider l'apprenant à acquérir un ensemble d'habiletés

- Explicitation
- Réflexion

=> donner à l'apprenant le contrôle sur ses propres stratégies de résolution

- Exploration

=> pousse l'apprenant vers une autonomie d'apprentissage

184

Interfaces de communications

- **Interfaces de manipulation directe** : graphique et icônes (Steamer)
- **Langages de commandes**
- **Menus**
- **Langage naturel** (Scholar, Guidon, Sophie)

185

Comparaison EAO/EIAO

	EAO	EIAO
Représentation	Aucun	Réseaux sémantiques Schémas Modèle causal Autres
Expert du domaine	Aucun	Boîte noire Boîte vitrée Modèle cognitif Autres
Modèle étudiant	Aucun Résultats Concepts acquis Concepts non-acquis	Résultats Concepts acquis Concepts non-acquis Incompréhensions Autres
Diagnostic	Aucun Évaluer la réponse	Évaluer la réponse Évaluer la solution Évaluer incompréhension Autres

186

Problèmes et résultats

STI cher à développer ?

Non, une fois l'environnement de développement construit, plusieurs STI peuvent être produits (exp: Algebra, Geometry Lisp tuteurs à Carnegie-Mellon)

Développement trop long ?

Non, 2 personnes/an en moyenne, temps se réduisant avec l'aide des systèmes experts.

Systèmes non efficaces ?

Non, expérience à Carnegie-Mellon : STI permet une amélioration de la qualité des résultats de 43%, et le temps d'apprentissage réduit de 30%.

187

Problèmes à résoudre

- **Connaissances insuffisantes**
 - du modèle apprenant
 - du raisonnement
 - du processus d'apprentissage
 - utilisation multi-média
- **Manque d'ordinateurs adaptés**
- **Génération d'ordinateurs inutilisables**
- **Résistance des écoles publiques**
- **Besoin d'intégration de STI dans un curriculum existant**

188

Principales implications des recherches en STI

- **Développement de mécanismes d'intelligence artificielle qui modélisent le processus de pensée de :**
 - l'expert du domaine
 - du tuteur
 - de l'étudiant

Communication de connaissances basée sur des modèles
- **Développement d'environnements intelligents (laboratoire d'expérimentation)**

Par exemple pour assurer

 - Reconnaissance des intentions de l'étudiant
 - Aide et conseil à l'étudiant
 - Environnement de découverte

189

STI basés sur la théorie ACT

- **Geometry Tutor et Lisp Tutor découlent de la théorie d 'ACT.**
- **Se comportent comme des guides de résolution de problème.**
- **Utilisation de la technique de traçage (analyse étape par étape du raisonnement de l 'élève à partir de règles de production réparties en deux sous-ensembles (correctes ou erronées)).**
- **Intervention immédiate en cas de problème, car selon les auteurs la correction différée d 'une erreur est beaucoup plus coûteuse en temps.**

190

Principaux Centres de Recherches aux U.S.A.

Canergie-Mellon University

John Anderson
Peter Brusilowsky

LRDC Pittsburgh Uni

J. Bonard
Robert Cunningham
Gary Eggan
Alan Lesgold
Stellan Ohlson
Kurth VanLehn

BBN Lab. Cambridge :

Alan Collins
John Frederiksen
Dan Massey
Frank Ritter
Bruce Roberts
Yvette Tenney
Barbara White
Beverly Woolf

191

Principaux Centres de recherches aux U.S.A. (suite)

Xerox Parc, Palo-Alto :

John Seely Brown
Richard Burton
Daniel Russel
James Greeno
Daniel Jordan
Tom Moran
William Clancey *

Stanford University :

William Clancey *
Ruth Chabay
Marc Lepper
Bruce Buchanan

University of Colorado :

Jeffrey Richardson
Martha Polson
Gerhard Fisher

US Air Force :

Hugh Burns
Charles Capps
Williams Johnson

192

Principaux Centres de recherche au Canada

University of Saskatchewan :

Gordon McCalla
Jim Greer

Université de Montréal :

Claude Frasson
Esma Aïmeur

Alberta Research Council Calgary :

Télé-université G. Paquette

University of Victoria :

Roger Hart
Dave Godfrey

Simon Fraser University :

Phil Winne

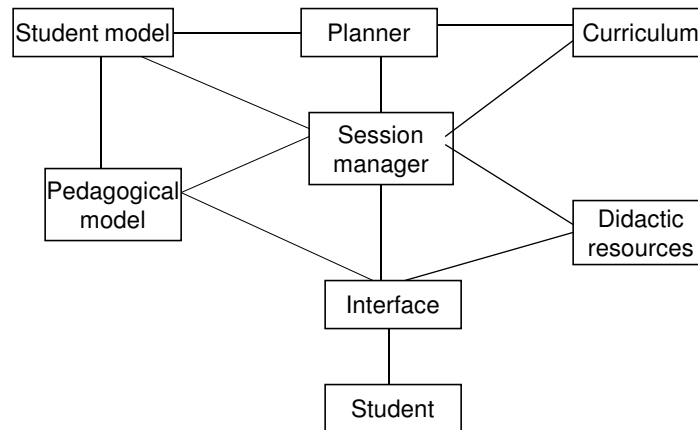
193

Quelques systèmes tutoriels intelligents

- ACM : Automated Cognitive Modeling
- Amalia : enseignement du calcul algébrique
- Buggy : diagnostic des erreurs
- Geo : enseignement de la topologie au Canada
- Geometry tutor : enseignement de la géométrie élémentaire
- Guidon : Diagnostic médical
- IMTS : simulation de pannes d'hélicoptères
- Lisp tutor : enseignement du langage Lisp
- Steamer : simulation d'usines à vapeur
- Sophie : enseignement de pannes électroniques
- West : apprentissage des mathématiques
- WordTutor : apprentissage de traitement de texte

194

Architecture of an ITS



195

Profil d'apprentissage

- Différentes personnes => différentes préférences d'apprentissage
- Définir le profil d'apprentissage = préférences d'apprentissage
- Plusieurs idées; nous allons en choisir une ci-dessous

Personality	Extrovert E	I Introvert	Temperament	Cool T	F Warm ?
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sociable ◆ Outgoing ◆ Animated ◆ Expressive ◆ Acts before thinking ◆ Broad Experience 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Private ◆ Reserved ◆ Quiet ◆ Reflective ◆ Thinks before acting ◆ Deep experience 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Seeks respect ◆ Critical ◆ Thinking ◆ Questions ◆ Independent ◆ Values truth 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Seeks appreciation ◆ Supportive ◆ Feeling ◆ Trusts ◆ Belonging ◆ Values Harmony
Outlook	Practical S	N Imaginative	Lifestyle	Organised J	P Easygoing ?
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Down-to-earth ◆ Eye for detail ◆ Materialistic ◆ Trusts experience ◆ Values security ◆ Broad Experience 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Full of ideas ◆ Sees meaning ◆ Idealistic ◆ Trusts hunches ◆ Thinks before acting ◆ Deep experience 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Planned approach ◆ Makes decision ◆ Disciplined ◆ Sets goals ◆ Good at completing ◆ Controlled 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Flexible approach ◆ Keeps options open ◆ Haphazard ◆ Spots opportunities ◆ Good at exploring ◆ Spontaneous

196

- Un modèle pourrait être :

ESTJ Learning Style

ESTJs learn best by experiencing, analysing and memorising. They prefer to learn in an orderly manner, so enjoy traditional teaching in which tasks and exercises are presented in a structured manner, and in which

As learners, ESTJs:

- ◆ value knowledge that has practical application
- ◆ learn best with others rather than on their own
- ◆ etc...

ESTJs are most comfortable learning when:

- ◆ engrossed in short 'here and now' activities such as business games, competitive teamwork tasks, role-playing exercises
- ◆ involved with other people e.g. discussing ideas, solving problems as part of a team
- ◆ etc...

ESTJs are least comfortable when:

- ◆ involved in a passive role, e.g. listening to lectures, explanations, statements of how things should be done, reading, watching
- ◆ required to assimilate, analyse and interpret lots of data
- ◆ etc...

197

Stratégies pédagogiques

Deux familles de stratégies pédagogiques:

■ Coopératives

– Change le contexte d'une session

- Tuteur-Élève [traditionnel]
- Compagnon [Chan, 1990]
- Apprentissage par perturbation [Aimeur, Frasson, 1996]
- Apprentissage par enseignement
- Apprentissage avec un co-tuteur
- Etc.

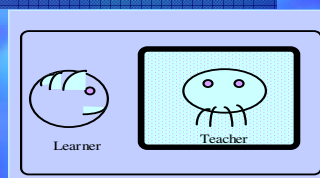
■ Directes

– Habituellement ne change pas le contexte d'une session

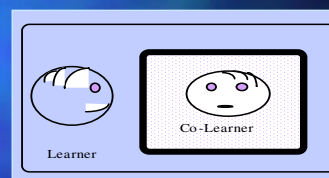
- apprentissage par l'exemple
- apprentissage par histoire (story-telling)
- apprentissage par analogie
- apprentissage par explication
- apprentissage par le jeu
- Etc.

198

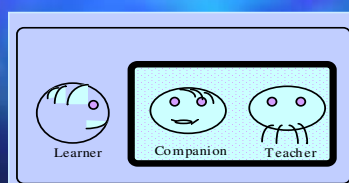
Stratégies d'apprentissage



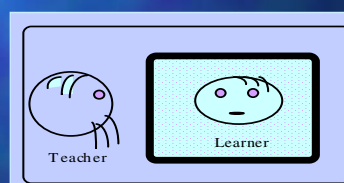
Tuteur



Co-apprenant



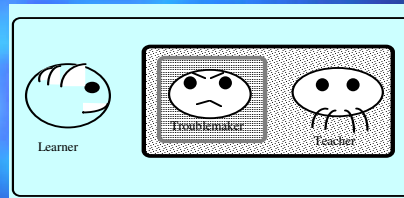
Compagnon



Apprentissage par explication

Apprentissage par contradiction

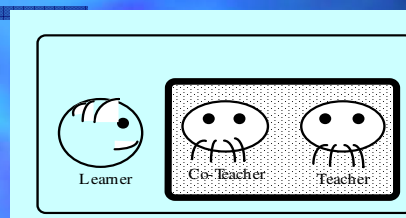
Utilisant un perturbateur



Même niveau d'expertise pédagogique que le tuteur

Renforcement de la confiance

Apprentissage avec un co-tuteur

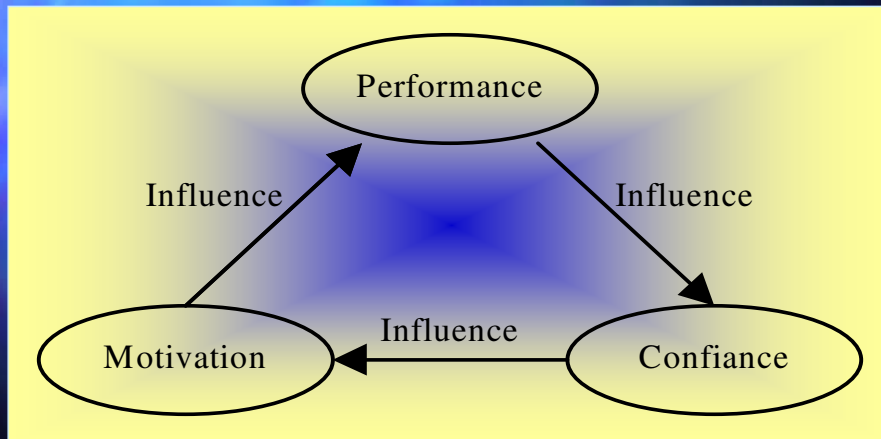


Exemples de guidage par le tuteur

Information d'un point de vue différent

Entraînement à la synthèse de la connaissance

Cycle pour l'apprenant



202

Interface utilisateur

The screenshot shows a software interface titled 'NoneWindow Application'. On the left, there is a user profile section for 'Apprenant' (John) with a dropdown menu for 'ESTJ' and a list of skill levels: '1- NOVICE', '2- DEBUTANT', '3- INTERMEDIA', and '4- EXPERT'. Below this is a 'MODELE DE L'APPRENANT' section with radio buttons for 'Modele par choix' and 'Operation manual'. In the center, a text box displays a dialogue with 'JOHN' about calculating the derivative of a polynomial, showing the formula $f(x) = ax^n$ and the result $f'(x) = nax^{n-1}$ for $a=5$ and $n=4$. To the right of the text box are navigation icons (OK, back, forward, search, etc.) and a 'CONTINUER' button. On the far right, there is a 'STRATEGIES' section with dropdown menus for 'Story Telling' and 'Perturbateur', and radio buttons for 'Operation avec AST' and 'Operation manuel'.

203