

Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels

Du dimanche 2 au vendredi 7 juillet 2006 à La Grande Motte

Cours 2 - Fondements ergonomiques et didactiques

2.4. l'analyse cognitive de l'activité à la représentation informatique pour l'apprentissage

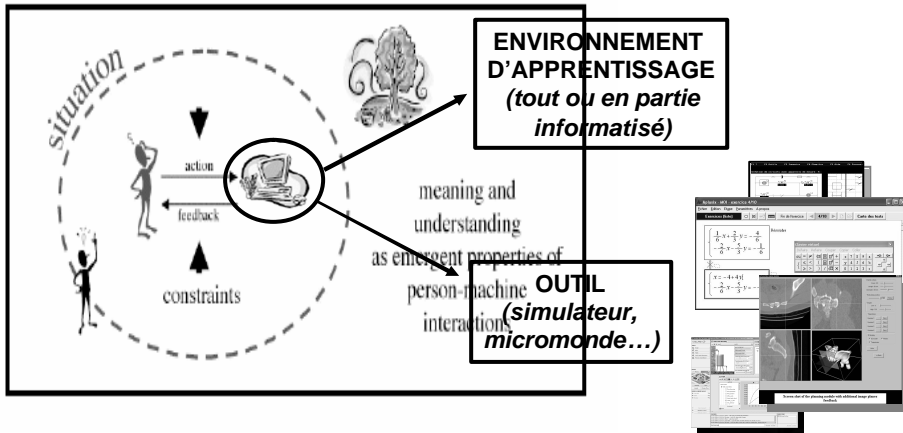
Lucile Vadcard, Vanda Luengo

De l'analyse cognitive de l'activité à la représentation informatique pour l'apprentissage

Lucile Vadcard, Vanda Luengo

Le système d'apprentissage élément du milieu

Outil vs/ système d'apprentissage

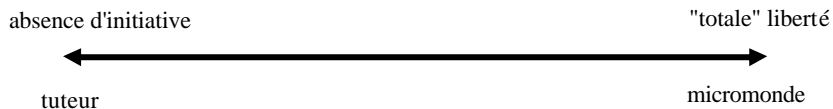


Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

3

Quelques hypothèses

- La problématique est de permettre la production **d'interactions pertinentes**
 - La connaissance émerge de l'interaction
 - Les interactions sont sous contraintes
 - L'utilisateur perçoit, décide et agit / le système représente, vérifie, et réagit (feedback)



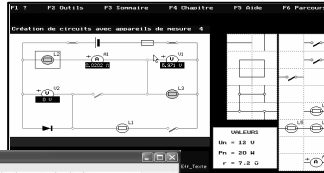
Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

4

Quelques hypothèses

apprenant

**Percevoir
Décider
Agir**



dispositif

**Représentation
Vérification
Action/Feedback**

Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

5

Didactique et EIAH

- Une définition :
 - Un **Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain** est un environnement informatique dont la finalité est de susciter ou d'accompagner un apprentissage
- Des conséquences :
 - Il possède une intention didactique.
 - Il faut donc définir et modéliser cette intention pour la conception d'un EIAH
 - Remarque: selon le type d'EIAH, l'intention didactique a différents niveaux d'intégration dans l'outil informatique

Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

6

Didactique et EIAH

The screenshot displays the Aplusix software interface. At the top, a window titled "DEMONSTRATION exercice n° 2 (10)" contains a "Tuteur" (Tutor) window with a menu (ACTION, ETAPE, RESOLU, AIDE, CONTROLE) and a list of actions: FACTORISER, DEVELOPPER, REDUIRE, and DEVELOPPER-REDUIRE. Below this, a "Graphical Space for Argumentation" window shows a network of concepts: "OMG production" leads to "better quality products", which leads to "sublose product", which leads to "use nutritional value". Other concepts include "car cure diseases", "impair vision in food", "reduction of malnutrition and hunger in the world", "resists antibiotic", "create vaccines and medicines", "heal cancer", "they are contrary to ethics", and "human-curcuma pig".

On the left, a "Participate" window is visible with options like "New Box" and "New Relations". Below it, a "Pro" and "Contra" section is present. On the right, a "Réponse" window shows a virtual keyboard with a numeric keypad and a "Clavier virtuel" window with a standard keyboard layout.

Labels "Tuteur" and "Micromonde" are placed to the right of their respective windows.

Environnement collaboratif

Didactique et EIAH

The screenshot displays the Microsoft Flight Simulator software interface. The main window shows a cockpit view with various instruments and a runway ahead. A "Microsoft Flight Simulator - Un siècle d'aviation" title bar is visible. Below the cockpit, a "SIMULATION INTER" window shows a graph of "Indicateur de situation horizontale" (Horizontal Situation Indicator) with a line graph.

On the right, a "Simulation" window shows parameters for "Situation 1":

- Température: 15 °C
- pression au sol: 3100 m
- brassage volée: 20'
- altitude: 500 m

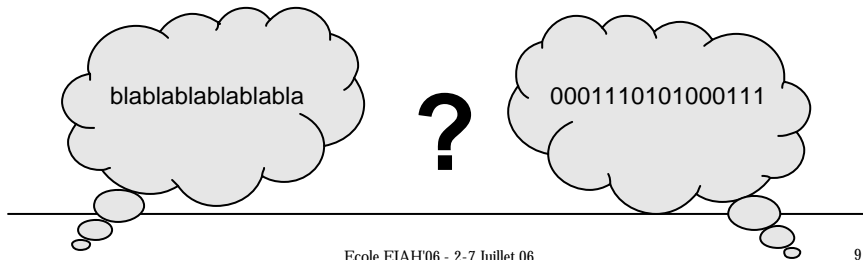
Below the graph, a "Paramètres" window shows various simulation settings:

- recours logiciel en %: 4.00
- logement final en %: 5.00
- recours matériel au décollage: 20000 kg
- masse croûte: 10000 kg
- masse avion: 10000 kg
- masse charge: 10000 kg

Labels "Indicateur de situation horizontale" and "Simulation" are placed below their respective windows.

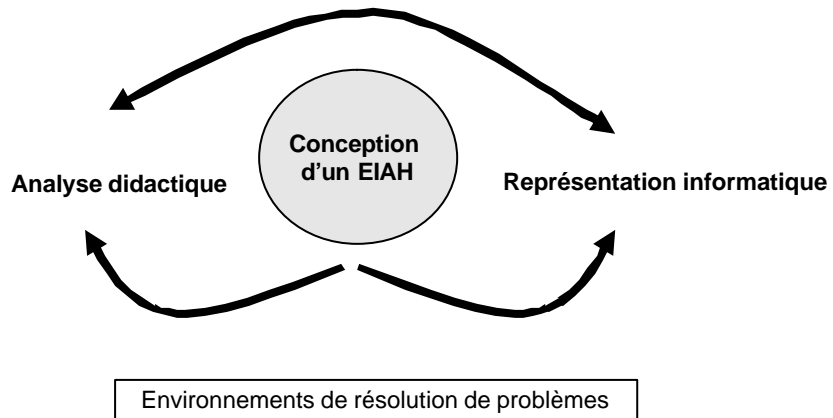
Didactique et EIAH

- Un constat :
 - Les théories de l'apprentissage (théorie de l'activité, théorie des situations didactiques, théorie de l'étaillage Brunerien, « approche » constructiviste, etc.) n'ont pas été élaborées en prenant en compte les spécificités du milieu informatique
- Une difficulté : leur mise en œuvre informatique



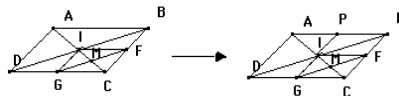
Des choix de conception

Un système de contraintes



Des choix d'interaction

- Limites des systèmes basés sur le principe que la machine détermine a priori les solutions satisfaisantes vis-à-vis du travail de l'utilisateur dans une situation de résolution de problèmes :
 - problèmes de compréhension de la tâche de l'apprenant
 - difficultés sur la communication entre l'apprenant et le système.



L'ajout d'un point qui n'était prévu ni dans l'énoncé ni dans la solution perturbe l'interaction entre l'élève et la machine

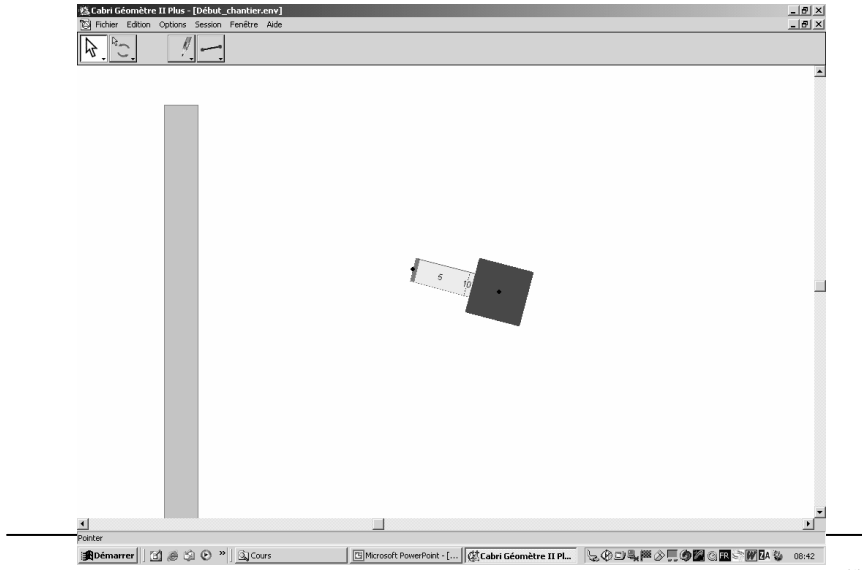
Des choix didactiques

- Système dont la tâche soit centrée sur le suivi du travail de l'apprenant
 - Évaluation de la cohérence interne de la solution amenée par l'apprenant (solutions « nouvelles »)
 - Dans le cas de contradictions au cours de la résolution, prise en charge d'une négociation de façon à faire évoluer la connaissance.
- ⇒ **Se baser sur analyse didactique de l'objet de connaissance en jeu**

Des contraintes informatiques

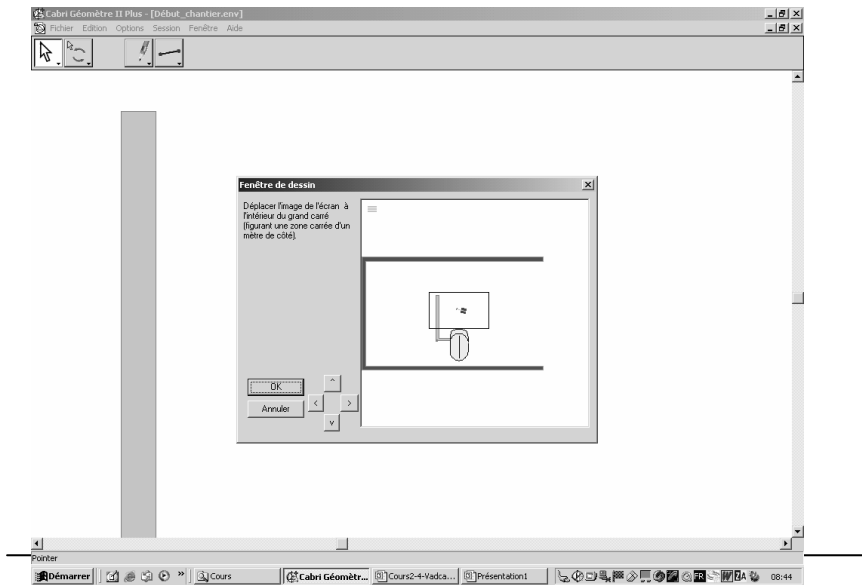
- Permettre la représentation de l'analyse didactique
 - La représentation de l'objet de connaissance :
 - la façon dont l'utilisateur manipulera et construira les objets pour les différentes phases de résolution de problème (domaine de phénoménologie)
 - la représentation interne à la machine (système formel)
 - Son organisation dans une situation de résolution de problèmes
- Rester conforme à l'analyse épistémologique
 - Permettre l'émergence de la connaissance dans l'interaction

Exemple – Domaine de phénoménologie



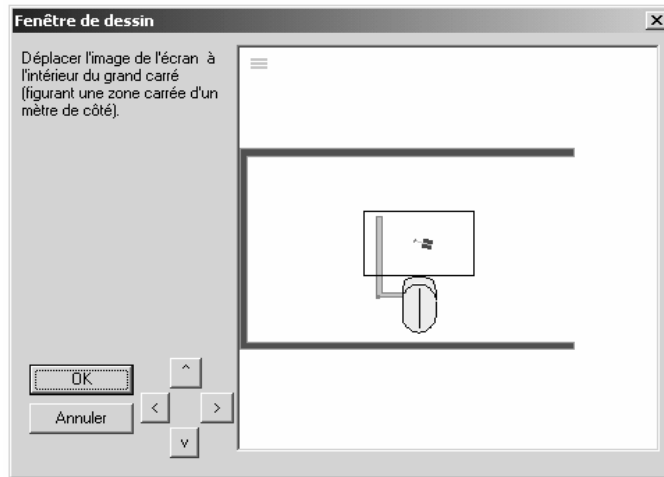
15

Exemple – Domaine de phénoménologie

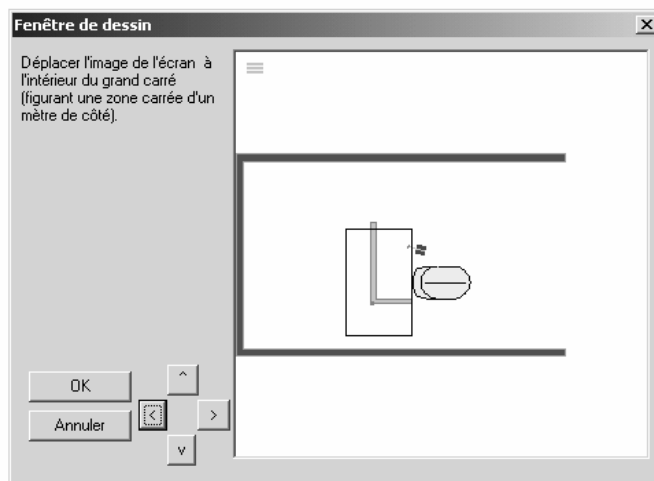


16

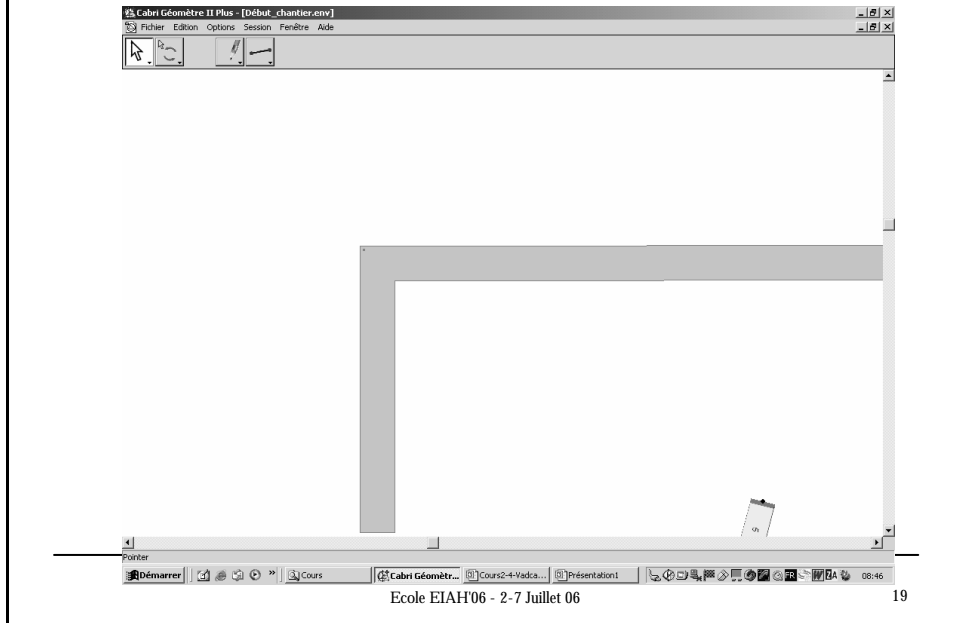
Exemple – Domaine de phénoménologie



Exemple – Domaine de phénoménologie



Exemple – Domaine de phénoménologie



Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

19

Exemple – Système formel

Pas de trace des actions

```

<action>prendre_profil</action>
_ <trace>
<id>distance_broche_et_ligne_condensée_os_coxal_sur_
profil</id>
<valeur>37</valeur>
_ <trace>
<id>distance_broche_et_corps_S1_sur_profil</id>
<valeur>21</valeur>
_ <trace>
<id>pointe_dans_corps_S1_sur_profil</id>

```

Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

20

La notion de cadre épistémologique

- Détermine les caractéristiques de la connaissance dans le système informatique :
 - Ensemble des problèmes que le système permet de poser, relativement à la connaissances enjeu de l'apprentissage
 - Ensembles des actions envisageables et non envisageables dans le système en fonction des outils disponibles
 - Nature des contrôles que l'utilisateur peut avoir sur ses actions, types de validation proposés par le système

L'analyse didactique et sa formalisation

Analyse de l'activité

- Activités de l'expert, du formateur, de l'apprenant
 - Documents
 - Observations
 - Entretiens d'explicitations
- Mise à jour de différentes formes de connaissances
 - Connaissances révisables, évolutives, non monotones

Une problématique de formation professionnelle

- Caractéristiques du compagnonnage:
 - Séparation théorie / pratique
 - Situations non didactiques : situations réelles utilisées en partie à des fins d'apprentissage
 - Expert / formateur : double problématique d'efficacité et d'enseignement

Une problématique de formation professionnelle

- Le professionnel n'est pas toujours capable d'exprimer les connaissances qui lui permettent d'agir et de valider ses actions (« le savoir caché dans l'agir », Schön)
- Le novice n'est jamais confronté à une situation problématique qu'il puisse résoudre
- L'enseignement / apprentissage d'une partie des connaissances nécessaires à la réalisation de l'activité n'est pas pris en charge

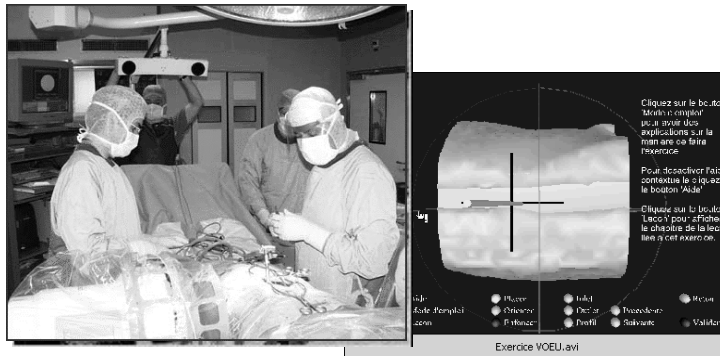
Une problématique de formation professionnelle

Concevoir des EIAH qui permette de

- ... favoriser l'apprentissage de connaissances empiriques
- ... réduire l'écart entre théorie et pratique
- ... développer une valeur d'usage des connaissances déclaratives

Exemple : description de deux activités

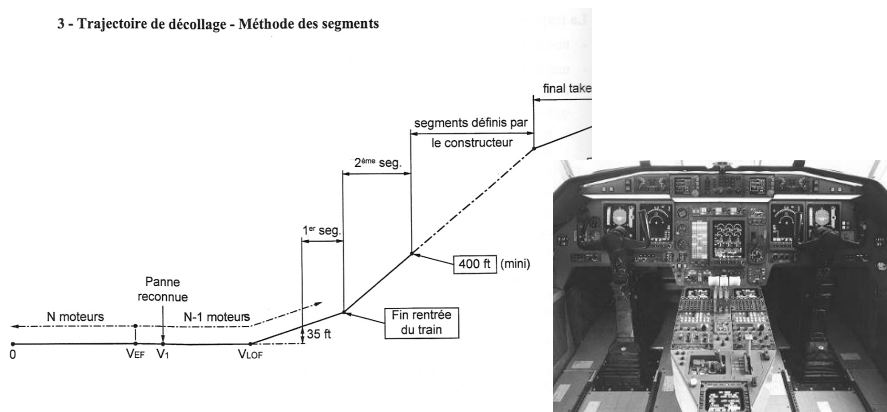
- Chirugiens – vissage percutané de la hanche



Exemple : description de deux activités

- Pilotes – calcul des limitations au décollage

3 - Trajectoire de décollage - Méthode des segments



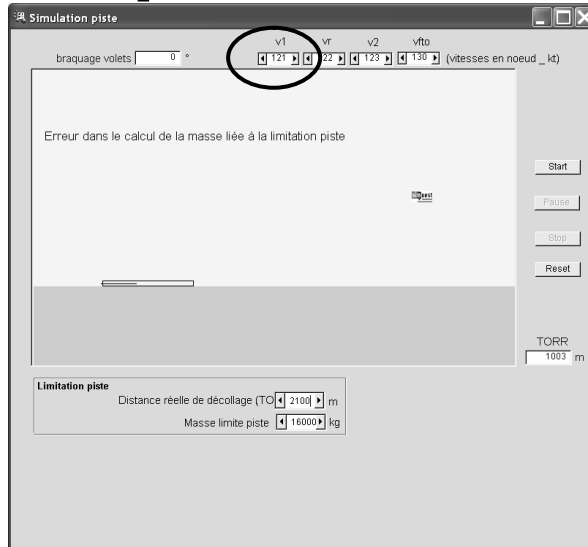
Un modèle d'analyse

- Permet de décrire l'activité de résolution de problème
 - P: le problème, ou la classe des problèmes
 - R: les opérateurs, ou actions possibles
 - S: les contrôles exercés sur l'action
 - L: les registres de représentation en jeu
- ⇒ $S(R(P)) = \text{Vrai ou Faux}$
- ⇒ Le problème P peut être résolu si il existe une suite valides de transformations de P par R

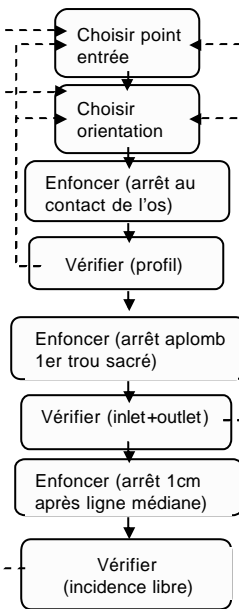
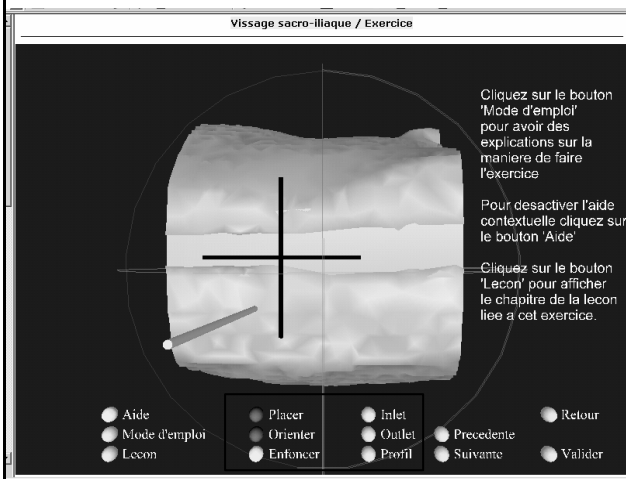
Des exemples : variables didactiques

		C	D	E	F	G	H	I	J										
		Piste								Obstacle									
		Longueur		Prolongement		Etat				Distance	Distance		Limitatif						
		longue	courte	aucun	d'arrêt	dégagé	sèche	mouillée	contaminée		proche	éloigné							
1	A	B																	
2																			
3	Problèmes	Notion																	
4																			
5	PB1	Braquage																	
6	PB2	Braquage																	
7	PV1	V1	X		X				X										
8	PV2	V1																	
9	PC1	Chgt de bretei		X	X				X				X						
10	PC2	Chgt de bretei																X	
11	P0	Limitation		X	X				X					X					
12				X		X			X										
			X		X				X										
			X		X				X										
			X		X				X										

Des exemples : variables de situation



Des exemples : opérateurs



Des exemples : contrôles

Contrôles (S) : éléments de validation des pas de résolution

Contrôle relatif à la position du point d'entrée :

- Le point d'entrée est situé dans le quadrant dorso-caudal déterminé par les projections latérale et longitudinale du sacrum

Contrôles relatifs à la correspondance radio/corps :

- Si la broche est trop basse sur la radio inlet, alors elle est trop antérieure (ventrale) sur le patient couché
- Le décalage entre deux points d'entrée cutanés est plus petit que le décalage correspondant au niveau des points d'entrée osseux (épaisseur des tissus mous)

Contrôles relatifs à la progression de la broche :

- Un mouvement spontané du pied lors de la progression de la broche témoigne d'une irritation neurologique
- Le passage d'une corticale entraîne une progression plus difficile de la broche

Déclaratifs

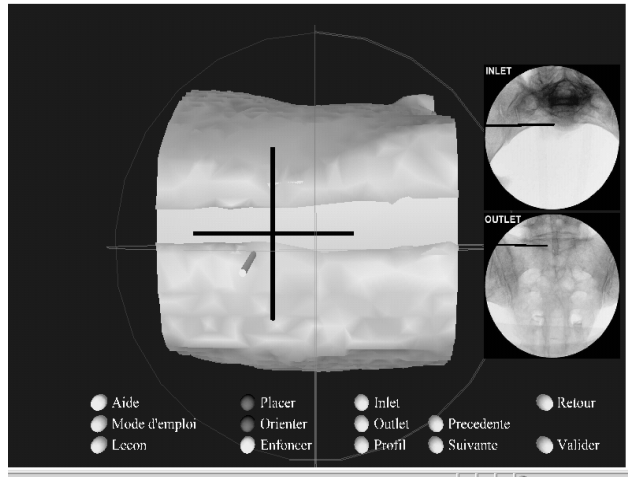
Empiriques

Perceptivo-gestuels

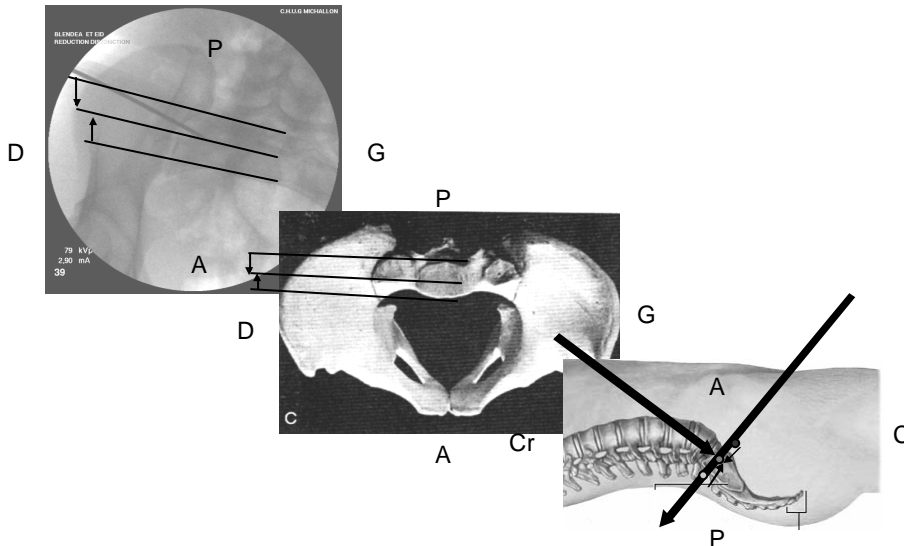
Des exemples : contrôles

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
20	RLP1	P0	déterminer la masse limite piste correspondant à l'altitude et à la température du jour, au braquage de volet choisi, à la longueur								
21	RLP2	P0	S'il y a du vent arrière appliquer un décrement à la masse limite piste								
22	RLP3	P0	Si la piste est contaminée appliquer un décrement à la masse limite piste								
23		P0									
24	RLS1	P0	déterminer la masse limite segment correspondant à l'altitude et à la température du jour, au braquage de volet choisi, aux syst								
25											
26	RLO1	P0	Déterminer la pente requise pour passer au dessus de l'obstacle avec une marge de 35ft								
27	RLO2	P0	Déterminer la masse maximale pour laquelle la performance monomoteur deuxième segment de l'avion correspondant à l'altitu								
28											
29	RL1	P0	La masse de l'avion sera le minimum des masses limites piste, segments et obstacle et de la masse prévue au décollage								
30											
31	RV1	P0	Déterminer les vitesses de décollage en fonction de la masse déterminée et du braquage de volet								
32	RV2	P0	Si la piste est mouillée, appliquer un décrement sur v1								
33	RV3	P0	Si on applique une poussée flex, appliquer un incrément aux vitesses de décollage								
34											
35											

Des exemples : registres de représentation



Des exemples : registres de représentation



Des définitions

- Problème
 - Caractérisé par l'ensemble et la valeur de ses variables didactiques
- Variable didactique
 - Caractéristique du problème qui, si on la change, modifie la façon de résoudre le problème
- Variable de situation
 - Description de l'état du problème à un instant t de la résolution
- Opérateur
 - Action effectuée en vue de la résolution du problème
- Contrôle
 - Élément de validation des différents états du problème au cours de sa résolution
- Registre de représentation

Vers un réseau de connaissances

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
4		R	1er point entrée	choisir point ent	choisir orientatic	choisir orientatic	enfoncer	prendre profil	prendre inlet	prendre outlet	prendre face
5	Σ1	X	X								
6	Σ1bis	H	H								
7	Σ2			X	X						
8	Σ2bis			H	H						
9	Σ12	X	X	X	X						
10	Σ13	X	X	X	X						
11	Σ30	H	H								
12	Σ31	X	X								
13	Σ32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	Σ32bis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Σ32ter					X (e35)		X (e35)	X (e35)	X (e35)	
16	Σ7						X (e20,e21,e22)				
17	Σ8							X (e1,e2,e3)			
18	Σ9							X (e6,e9,e10)			
19	Σ10								X (e14,e15,e16)		
20	Σ11								X (e17,e18,e19)		
21	Σ55						X (e23,e24,e25)				
22	Σ70					H					
23	Σ71					X					
24	Σ86							H			
25	Σ88							X			
26	Σ8bis							X (e2,e5)			
27	Σ8bis							X (e9, e6)			
28	Σ14							X (e1)			
29	Σ14ter							X (e2)			
30	Σ14bis							X (e4)			
31	Σ15							X (e10)			
32	Σ19quater							X (e13)			
33	Σ15bis							X (e7)			
34	Σ15ter							X (e6)			
35	Σ8ter								X (e14)		
36	Σ8quater								X (e19)		
37	Σ20								X (e14)		
38	Σ20bis								X (e19)		
39	Σ8ter								X (e16)		
40	Σ20quater								X (e18)		
41	Σ38						X (e21) (e47)				

Problème PA

Opérateurs

Domaine de validité des contrôles (états de P)

Contrôles

Vers un réseau de connaissances

	A	B	C	D	E	F	G	H		
4		R	1er point entrée	choisir point ent	choisir orientati	choisir orientati	enfonceur	prendre profi	prendre inlet	Prendre inlet
5	E1	X	X							Opérateurs
	E1bis	H	H							
	E2			X	X					
	E2bis			H	H					
9	E12	X	X	X	X					
10	E13	X	X	X	X					
	E80	H	H							
	E81	X	X							
	E82	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	E82bis	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	E82ter	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	E7					X (e35)		X (e35)	X (e35)	X (e35)
16	E7						X (e20,e21,e22)			
17	E8							X (e1,e2,e3)		
18	E9							X (e8,e9,e10)		
19	E10								X (e14,e15,e16)	
20	E11								X (e17,e18,e19)	
21	E55						X (e23,e24,e25)			
22	E70						H			
23	E71						X			
24	E66							H		
25	E68							X		
26	E8bis							X (e2,e5)		distance_broche_et_corticale_anterieure_aileron_sur_inlet <4mm
27	E6bis							X (e6,e9)		
28	E14							X (e1)		
29	E14							X (e1)		
34	E3ter							X (e6)		
35	E3ter								X (e14)	
36	E3quater								X (e19)	
37	E20								X (e14)	
38	E20bis								X (e19)	
39	E3ter								X (e16)	
40	E20quater								X (e18)	
41	E38						X (e21) (e47)			

S14 : si la broche touche corticale antérieure de l'aileron sur l'inlet, alors elle est trop ventrale (antérieure) sur le patient

Domaine de validité des contrôles (états de P)

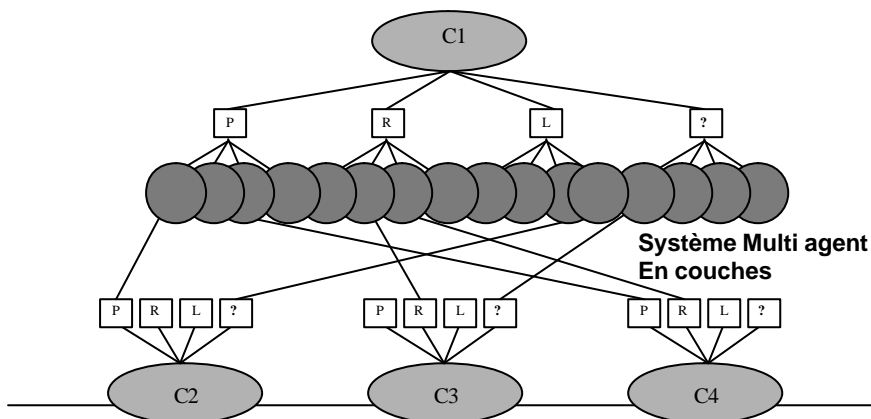
La représentation informatique

L'enjeu de la représentation informatique

- Choisir la représentation adéquate, en fonction de la nature des apprentissages visés et des connaissances manipulées
 - Pouvoir traiter les connaissances qui vont évoluer
- Un même modèle – des représentations différentes
 - Exemple du diagnostic :
 - Système multi-agents (Baghera, Weber 2002)
 - Système à base de règles (KOODS - Knowledge Oriented Operative Diagram, Ploix et al. 2004)
 - Réseaux bayésiens (TELEOS, Vu Minh 2006)

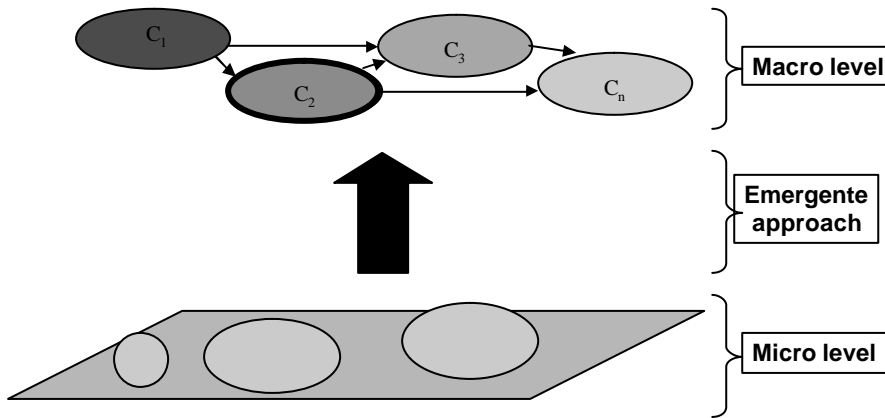
Diagnostic et SMA

Modélisation du diagnostic de conceptions dans Baghera, Webber 2002



Diagnostic et SMA

Modélisation du diagnostic de conceptions dans Baghera, Webber 2002



Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

45

Diagnostic et ensemble de règles logiques

- KOOD : Knowledge Oriented Operative Diagram - Ploix et al 2004
- Expressions logiques sous forme de relations et opérations.
 - Les **relations** représentent des relations de cause à effet entre *faits*.
 - Les **opérations** vont associer des *relations*, ayant des valeurs particulières de faits, à des *aptitudes*.

Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

46

Diagnostic et ensemble de règles logiques

- *Ex: Soit l'opération associée à l'aptitude « choisir le point d'entrée ». L'opération est réussie si la relation suivante est satisfaite:
« si le repère cutané est la projection du sacrum, choisir le quadrant dorso-cranial. »*

L'opération se présentera sous la forme:

Oi : {[repère*]='projection sacrum', [quadrant choisi*]='dorso-cranial'} **SI** <savoir choisir le point d'entrée>

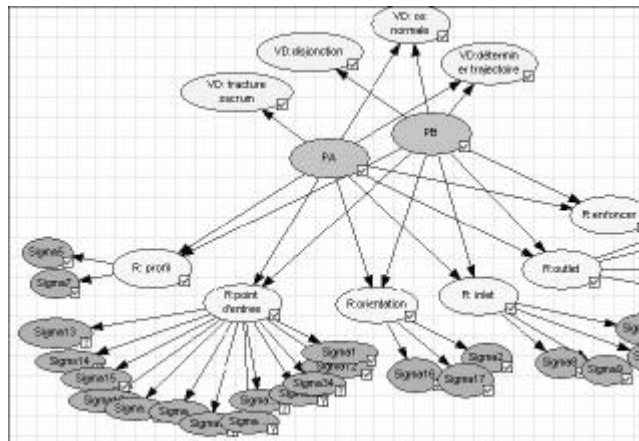
Diagnostic et ensemble de règles logiques

Conception	Contrôles associés	Opérations	Aptitudes	Indices (observables) associés
C4 : placement de la vis dans le cas d'une fracture	S66: Si la lésion est une fracture du sacrum, alors la vis doit être positionnée de manière horizontale dans le plan transversal [visible sur inlet]	[lésion] = sacrum ET [position_vis] = horizontale	Savoir placer la vis dans le cas d'une fracture	[lésion] [position_vis]
		[bouton radio inlet] = cliqué	Savoir prendre radio inlet	[bouton radio inlet]
		[énoncé] = affiché	Savoir interpréter l'énoncé	[énoncé]
	S70 : Si la broche est bien positionnée, alors elle doit être réduite à un point sur le profil [pour fracture]	[position_broche] = ok ET [aspect_profil] = point	Savoir placer la vis dans le cas d'une fracture	[position_broche] [aspect_profil]
	

Diagnostic et RB

- Les Réseaux Bayésiens permettent de :
 - Représenter des connaissances,
 - Calculer des probabilités conditionnelles.
- Description :
 - Graphe (constitué de nœuds et d'arcs) associé à un ensemble de tables de probabilités de nœuds (TPN).
 - Les nœuds représentent des variables, et les arcs des relations de cause à effet entre variables
 - Les relations ne sont pas déterministes mais probabilistes : l'observation d'une ou de plusieurs causes n'entraîne pas systématiquement l'effet ou les effets qui en dépendent, mais modifie seulement la probabilité de les observer.
- Conséquences :
 - Relations de dépendance et de causalité entre Problème, Contrôles et Opérateurs
 - Un problème P est résolu si les opérateurs R associés sont appliqués d'une manière valide. Un opérateur R est appliqué d'une manière valide si les contrôles S associés et utilisés lors de la résolution de problème P sont valides.

Diagnostic et RB



Utiliser les réseaux bayésiens pour représenter la connaissance sous forme d'éléments autonomes et les lier par des relations de causalité et de dépendance.

Exemple

Variable didactique VD

VD1: Type de fracture

Problème P

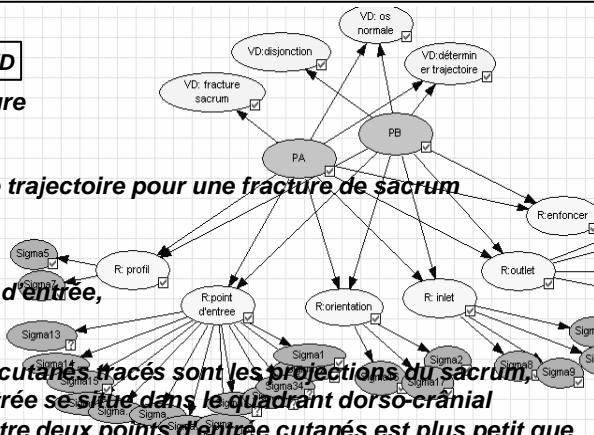
pa : déterminer une trajectoire pour une fracture de sacrum dans os normale

Opérateur R

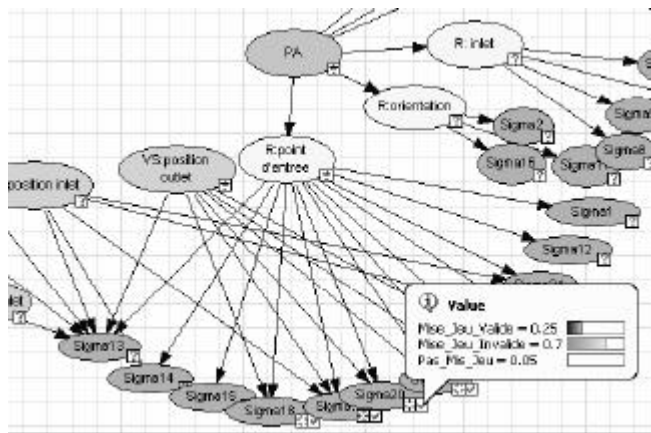
r1 : Choisir le point d'entrée,

Contrôle S

S1 : si les repères cutanés tracés sont les projections du sacrum, alors le point d'entrée se situe dans le quadrant dorso-cranial
S13 le décalage entre deux points d'entrée cutanés est plus petit que celui qu'il engendre au niveau des points de contact osseux



Diagnostic et RB



En bref

- Baghera (SMA) :
 - Place l'utilisateur dans des possibilités déterminées a priori mais sans règles déterminées
 - Evolutif
- Teleos (KOODS)
 - Place l'utilisateur dans des possibilités déterminées a priori
 - Peu évolutif
- Teleos (RB)
 - Modèle évolutif
 - Probabiliste

En bref

- Baghera (SMA) :

Domaines déclaratifs, bien explorés par la didactique
- Teleos (KOODS)

Domaines déclaratifs, décrits par des règles
- Teleos (RB)

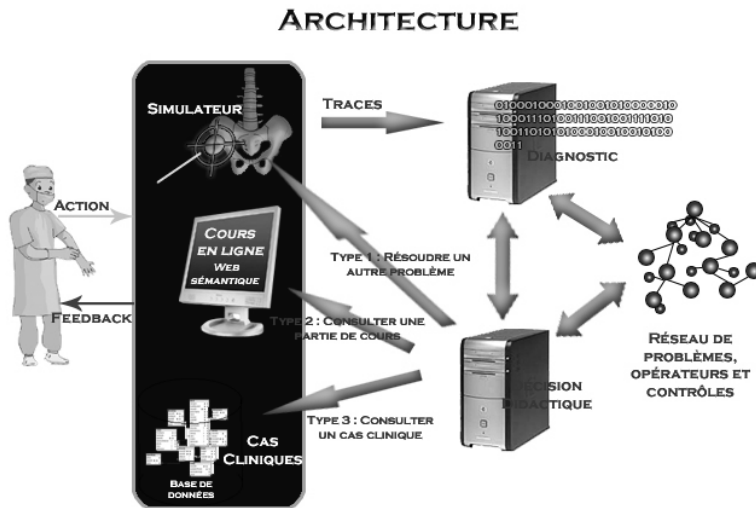
Domaines de connaissances évolutifs, non complètement décrits

Conclusion

Conclusion

- Fidélité épistémique vis-à-vis de la situation d'apprentissage
 - Reproduire le problème et non le réel
 - Les choix de conception guident la conceptualisation
 - Séparation outil / environnement d'apprentissage
 - Séparation n'est pas Indépendance
 - Souplesse d'évolution et de compatibilité
-

Un exemple



Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

57

Références principales

- **Brousseau G.**, La théorie des situations didactiques, Grenoble, La Pensée Sauvage Editions, 1998.
- **Balacheff N.**, Conception, propriété du système sujet/milieu, Actes de la VIIème école d'été de didactique des mathématiques, Noiralise R., Perrin-Glorian M.-J. (Eds), Clermont-Ferrand : IREM de Clermont-Ferrand, p. 215-229, 1995
- **Luengo V., Vadcard L., Dubois M., Mufti-Alchawafa D. (2006)**, TELEOS – de l'analyse de l'activité professionnelle à la formalisation des connaissances pour un environnement d'apprentissage, 17èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, 28-30 juin 2006, Nantes
- Diagnostic :
 - **Webber C., Pesty S. and Balacheff N. (2002)**, A multi-agent and emergent approach to learner modelling, In F. van Harmelen (ed.), Proceedings of ECAI 2002, Amsterdam, IOS Press
 - **Ploix S., Desinde M., Michau F. (2004)**, Assessment and diagnosis for virtual reality training, In : CALIE04, International Conference on Computer Aided Learning in Engineering education, Grenoble: 16-18 février 2004.
 - **Vu Minh C., Luengo V, Vadcard L. (2006)**, A Bayesian Network Based Approach for Student Diagnosis in Complex and Ill-structured Domains, Conférence TICE 2006, 25-27 Octobre 2006, Toulouse

Ecole EIAH06 - 2-7 Juillet 06

58