

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**

### ***2.1. Rôle de l'analyse de l'activité dans la conception de situations de simulation***

Jean-Michel Boucheix

# L'exploitation de l'analyse de l'activité pour la conception de situations de simulation

Jean-Michel Boucheix

UMR-CNRS 5022

Université de Bourgogne Dijon

26/06/2006

1

## Objectif du cours

- L'Analyse l'activité pour la conception de situation de simulation
- *Objectif : introduire les principales notion et méthodes d'analyse de l'activité en vue de la conception de situation de simulation,*
  - *à partir d'exemples tirés de différents types de simulateurs .*

26/06/2006

2

## I- L'analyse de l'activité préalable à la Conception de la simulation

- Concepts
  - i. Tâche et activité
  - ii. La prise d'information et les indices : les besoins en information
  - iii. Les représentations fonctionnelles et l'action
- L'opérativité : schèmes pragmatiques, concepts pragmatiques: un exemple

26/06/2006

3

### 1- tâche et activité

Analyse des tâches et de l'activité  
(Leplat, 1986, Guillevic, 1993)

Travail décrit	Niveau de la tâche	Modèle général des conduites
<b>Travail Formel</b>	<i>Tâche prescrite</i>	Situation
<b>Travail « mental »</b>	<i>Tâche induite</i> <i>Tâche spécifiée</i>	Activité mentale et cognitive
<b>Travail réel</b>	<i>Tâche réalisée</i>	Réponses et comportement

26/06/2006

4

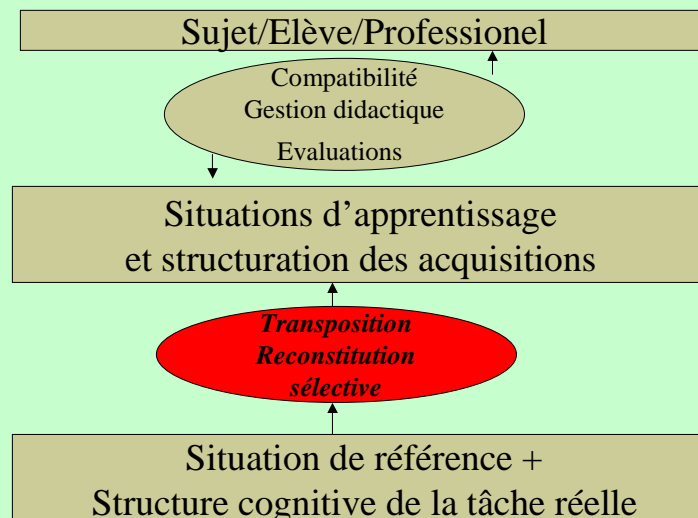
## Ergonomie cognitive de l'apprentissage et didactique professionnelle: un « modèle de démarche »

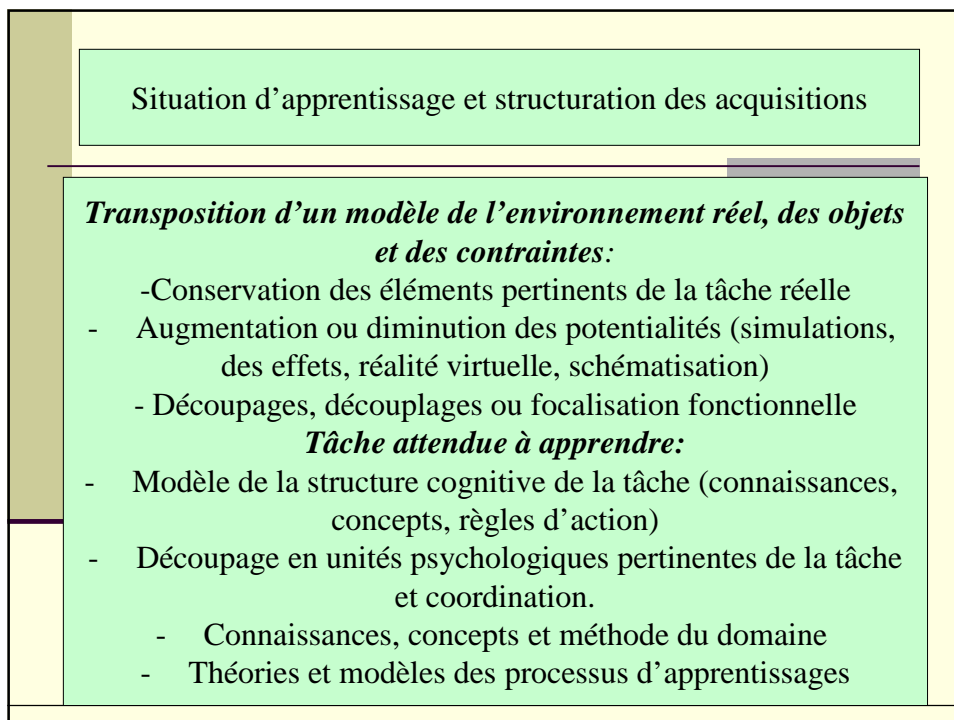
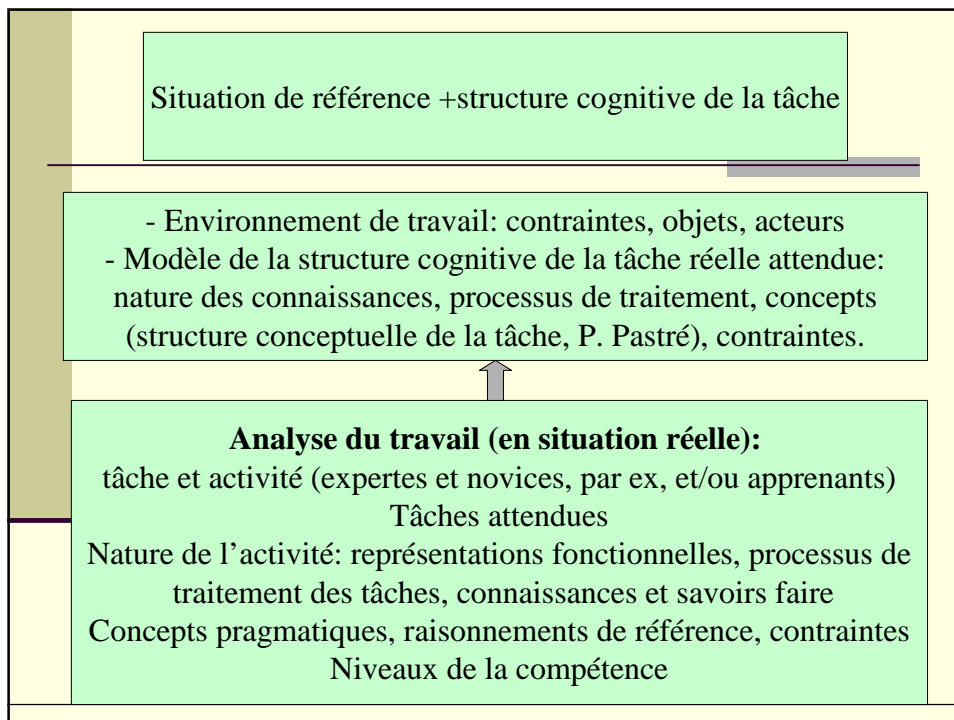
- Utiliser l'analyse cognitive du travail comme outil de formation,
- Mise en évidence des représentations fonctionnelles (structures conceptuelles des tâches), des stratégies, des traitements,
- Transposition « didactique », (Pastré, 1995): problème de compatibilité en ergonomie cognitive.
- Construction de situations d'apprentissage suivies de leur évaluation expérimentale.

26/06/2006

5

### Schéma de l'ergonomie de la conception d'une situation d'apprentissage professionnel





## 2- L'analyse de l'activité: un exemple

---

- a. Méthodes (outils et techniques)
- b. Le découpage de l'activité
  - i. Les unités de la tâche, les unités psychologiques
  - ii. Utilité d'un modèle de l'activité

26/06/2006

9

### Un exemple:

Conception et expérimentation d'un simulateur multimédia pour l'apprentissage des tableaux de charges chez des grutiers faiblement lettrés

---



26/06/2006

Jean-Michel Boucheix  
Université de Bourgogne

LEAD/CNRS

## Problème d'ergonomie cognitive de la formation

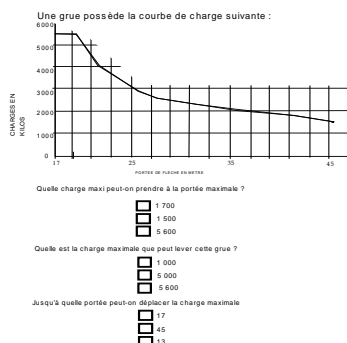
- Lecture-compréhension et manipulation de documents techniques: tableaux, graphes.
- Obstacle pour des professionnels « expérimentés », « faiblement lettrés »;
- Connaissances pragmatiques d'action (« fonction pragmatique » de la relation poids-portée, Pastré, 1995), mais
- non familiers des représentations symboliques (Fayol, 1992, Gombert, 1995).
- Compatibilité entre formats de représentations
- Obligation de certification (CACES).

26/06/2006

11



Figure 2  
Exercice de lecture d'une courbe de charge simplifiée



La fonction poids- portée:  
notion de moment

12

## Exemple de tableaux de charges de l'examen (et du post-test de l'étude)

S.M.		Portée (Distance) (m)					Maxi- Max (Kg/m)
	/	30	35	40	45	50	/
	50	4000	4000	3200	2500	2000	4000/35
	45	4000	4000	3400	2650		4000/35
<b>Flèche</b>	40	4000	4000	3600			4000/35
	35	4000	4000				4000/35
	30	4000					4000/35

26/06/2006

13

## Objectifs: outils d'aide à la compréhension

- ▶ **Aider les grutiers (faiblement lettrés) à traiter, comprendre** et utiliser les documents techniques portant sur le fonctionnement des grues: tableaux et courbes de charge.
- ▶ **Aider ces professionnels à relier la représentation symbolique (courbe) et leur représentation fonctionnelle interne,** (conceptualisation de l'action, Pastré, 1995).

26/06/2006

14



## Contraintes et contexte

- ▶ Professionnels: 30 à 70% des 7 à 9000 grutiers peu lettrés (ou illettrés).
- ▶ Ancienneté et expérimentation élevées: connaissances procédurales de la conduite et du fonctionnement de la grue.
- ▶ Formation (avant examen) courte (1 à 3 W): « ré-apprentissage » ou « remédiation » fondamentale en lecture impossible.
- ▶ Adaptation possible des interfaces pour la formation, mais maintien de tableaux et courbes à l'examen (R 377).

## Méthodologie

- ▶ 1- Représentation fonctionnelle de l'équilibre: analyse cognitive du travail et diagnostic des connaissances: enregistrements audio-vidéo (regards, Cellier 1980) en situation; explicitations; tests formats de présentation (N:10 grutiers).
- ▶ 2- Construction d'un simulateur d'apprentissage: combinaison intégrée de deux formats de présentation à l'écran: analogique avec effets de l'action et symbolique écrite (tableaux et courbes).
- ▶ 3- Évaluation de l'apprentissage avec le logiciel:
  - Expérience 1: effet sur le traitement des courbes (N:31)
  - Expérience 2: comparaison/formation (N: 39)

## Les tâches

- Rotation de banches
- Coulage de béton
- Transports d'objets lourds préfabriqués (dalles, escaliers, poutres...)
- Déplacement de matériels du chantiers
- La grue

26/06/2006

17

### La grue

- *Sticks*, qui permettent le contrôle des mouvements de la grue :
  - mouvement latéral droit et gauche de la flèche, déplacements du chariot le long de la flèche, descente et montée du crochet sous le chariot,
  - klaxon et coupe-circuit,
  - déplacements de la grue quand elle est montée sur voie.
  - boutons commandant le frein de flèche et simple/double mouflage.
  - Tous les transports impliquent la coordination des mouvements à exécuter et le contrôle du ballant.
  - Chaque mouvement de chaque élément de la grue peut être réalisé selon plusieurs vitesses.
  - L'opérateur dispose d'indicateurs sur cadrans
    - distance verticale du crochet au chariot (en m), la charge levée (en milliers de kg ou t.) de la portée de la charge sur la flèche
    - Indicateur de moment, se présentant sous la forme d'une courbe avec des zones de couleur indiquant les limites de levage de la grue pour une distance et un poids donnés.
    - La grue possède un système de « bridage » automatique : lorsque la charge transportée approche de la limite, la vitesse lente se déclenche, puis un klaxon retentit juste avant l'arrivée à la portée limite de la charge; enfin, quand la limite est atteinte, un coupe-circuit bloque les possibilités de mouvement de la charge.

26/06/2006

## Déroulement de l'activité

- L'unité de traitement:
- 1109 actions de transports

26/06/2006

19

Temps	T0	t1	T2	t3	t4	t5	Structure De L'activité: Coulage de béton
Sous-objectifs tâche	faire remplir la benne		Transpo benne site coul	transport benne site coul	viser entre les banches	présente gaine à équipe	
Regards	équipe (en bas)	équipe	Charge	Gauche/droite/c	charge/équipe	équipe	
Comportement équipe	Remplit benne camion	geste fin remplissage			sur site coulage banche	réception gaine de vidange	
Cinétique grue Actions de conduite	Immobile		Lève Manipulation stick et vit lente	rotation/distribut/descend manipul fine coordonn	descente manipul sticks, vitesse lente	descente + stop manipul fine coord sticks	
Cont rôle levage			lève d'aplomb	maîtrise ballant vise site dépôt	est à l'aplomb/site de coulage	maîtrise du ballant	
Activité (mentale) inférée	Surveillance opération en cours (remplissage)	interprète et comprend le geste	lever d'aplomb traiter des bonnes formes	anticipe site dépôt planifie conduite estime les distances	viser	coordination avec l'équipe	

26/06/2006

Temps	t6	t7	t8	t9	t10
Sous-objectifs	Maintenir benne à la bonne hauteur	suivre l'équipe		Remplir benne	retour à la bétonnière
Regards	Equipe/charge	équipe	équipe	charge	(droite ou gauche)
Comportement de l'équipe	Vide (gaine) benne	se déplace sur la banche	geste fin d'opération vide		
Cinétique grue et actions de conduite	descente manipulation sticks	distribution /rotation manipulation fine et coordonnée ajustement)		lève : distribution rotation et manipul fine des sticks	manipulation fine et coordonnée des sticks ajustement
Contrôle du levage	descente lente au fur et à mesure vidange	maîtrise ballant, vit, micro-mouvement		maîtrise le ballant	positionne ben. sous bétonnière
Activité (mentale) inférée	surveille l'opération en cours, co-ajustement équipier	Observer l'équipe coordonner avec l'équipe	interprète le geste et comprend l'équipe		estime distances (co-ajustements)

Suite...

26/06/2006 21

## Deux compétences

Conduire	Distribuer
<i>Gérer la grue</i>	<i>Service</i> <i>Activité collaborative</i>
Habilitéte « automatisée »	Vigilance, surveillance
Manipulation sticks	Connaissances chantier
Connaissance grue (rapport masse/distance)	Anticipation: « être là avant »
Coordination gestes	Coordination équipe/individu
Réactions grue, sécurité	Sécurité équipe

## Maîtrise de la charge Orientation des regards (n et %)

Champ de regard	Champ de travail présent	Champ de travail futur	Charge	Autres Cadrans	Somme
Somme	<b>159</b>	<b>108</b>	<b>61</b>	<b>8</b>	<b>336</b>
	<b>47%</b>	<b>32%</b>	<b>18%</b>	<b>3%</b>	<b>100%</b>

26/06/2006

23

## Maîtrise de la charge commentaires spontanés concomitants à l'activité

- « il faut des réflexes pour le ballant »
- « ça va bien quand y a pas de vent »
- « tu vois, je suis au milieu, comme ça quand ça monte ça monte droit »
- « ce qui compte c'est le coup d'œil pour être d'aplomb »
- « quand ils poussent la charge, le grutier ne voit plus son aplomb ».
- « je moule parce que, quand ils vident la benne ça remonte »
- « il veut lever la dalle, elle est lourde, mais comme on est près de la tour ça va, sinon ça coupe la troisième vitesse »
- « là on est en troisième, je monte pas. la poutre elle fait 3t.5. On est juste mais il faut que j'avance ».

26/06/2006

24

## Distribution Répartition des actions selon la sollicitation

Actions	Avec sollicitations de l'équipe	Sans sollicitation de l'équipe	Total des actions (transports) observées
Somme	335	774	1109
	30.2%	69.8%	100%

26/06/2006

25

## Distribution Commentaires spontanés

- « ici les maçons il faut les suivre comme ils marchent, ils ne disent jamais rien, ils ne comprennent pas que le grutier ne peut pas savoir ce qu'il a à faire tout seul »
- « s'ils sont là c'est qu'ils veulent déplacer le compresseur, tu vois, ils ne me disent rien, mais je sais »
- « là je ne vois pas les élingues , alors c'est eux qui me dirigent, c'est eux qui sont responsables »
- « si je comprends bien, sans qu'ils me disent rien, ils vont poser l'autre moitié du paquet de plaques à côté »
- « il y a quelque chose qui ne va pas, j'arrête. Il ne faut pas être trop brute parce que des fois il y a encore des tiges dans le sol. »
- « comme ils travaillent par deux , alors j'emmène la charge vers l'autre »
- « je sais où va la panneau après, car c'est un joint de dilatation ».
- « il va monter sur la banche et me dire de « mouler » pour décrocher »
- « je préviens les gens en dessous parce que le grillage dépasse et eux ils travaillent mais ne regardent pas au dessus ».

26/06/2006

26

## Verbalisations explicites de la vidéo

### Arguments produits pour les transports d'objets lourds

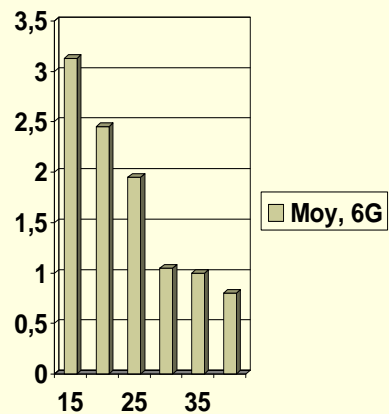
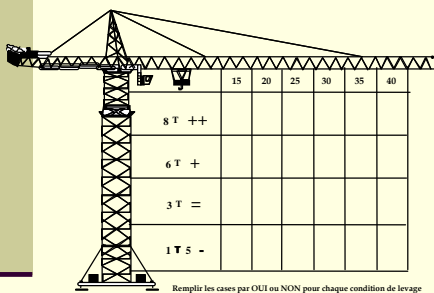
réglage	limites	rapport	accid-ent	Conduit	puis- sance	risque	cadran
Grue	Klaxon Coupe Circuit	Poids/ Portée* (Contre poids)	Tombe	limites		danger	
<b>5/9</b>	<b>8/9</b>	<b>7/9</b>	<b>9/9</b>	<b>3/9</b>	<b>4/9</b>	<b>4/9</b>	<b>5/9</b>

26/06

\*Exemples: « plus qu't'avances moins qu'tu peux porter »  
« Si tu veux porter plus y faut qu'tu recules » etc

7

## Format de présentation favorable



26/06/2006

28

Charges limites choisies (T) par chaque grutier (6 « experts ») selon chaque distance et chaque niveau de charge proposés

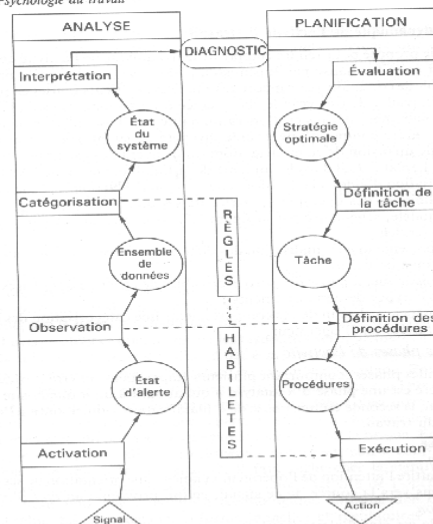
Distance	15 m	20m	25m	30m	35m	40m
Grutier						
G1	8	8	6	3	3	3
G2	3	1.5	1.5	1.5	1.5	<1.5
G3	3	2.5	2.5	2	1.5	1.5
G4	8	6	3	<1.5	<1.5	<1.5
G5	8	6	3	1.5	1.5	<1.5
G6	6	3	3	1.5	1.5	1.5

26/06/2006 29

### Nécessité d'un modèle

Modèle de la dynamique de l'activité de travail  
Rasmussen, 1983, 1986

Psychologie du travail



1. Dans l'analyse, comme dans la planification Rasmussen distingue le **traitement** du résultat.
2. Pour aller du signal à l'action, l'opérateur peut « emprunter des raccourcis » (habiletés, règles) ou parcourir l'ensemble de la boucle (connaissances).

Pour maîtriser ce schéma, qui va guider l'ensemble de l'analyse des conduites de travail, nous vous demandons de lire *La balade en Gascogne* et d'y repérer les différentes notions proposées par Rasmussen.



## L'importance des situations Hoc et Amalberti, 2003

### Analyse cognitive en situation dynamique

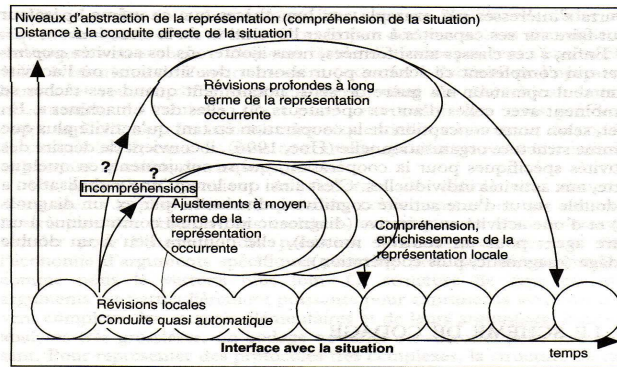


Fig. 1. — Parallélisme des activités de diagnostic et de prise de décision en situation dynamique

*Parallelism between diagnosis and decision-making activities in dynamic situations*

31

## II - La transposition de la situation de travail et l'apprentissage (formation)

- La situation de référence
- La situation simulée
- La situation de simulation

### Situation de simulation: Médiation sujet-situation Samurçay & Rogalski, 1998

- **SUJET**
    - Compétences actuelles et attendues
    - Connaissance des méthodes et des concepts
    - Schèmes d'actions
    - Sensibilité aux variables perceptivo-motrices
    - Réflexivité
  - **SITUATION DE SIMULATION**
    - Modèle de transposition de l'environnement
    - Tâche attendue et contrat didactique
    - Simulation de médiation
    - Acteurs
  - **SITUATION DE REFERENCE**
    - Environnement réel à gérer
    - Système de médiation technique, tâche et acteurs
- 
- didactique  
professionnelle**

26/06/2006

33

## II- La transposition didactique: conception de la simulation : les scénarii et les systèmes de représentation

- a. La sélection des traits pertinents de la tâche et de l'activité et la conception de la réalité simulée, situation de référence
- b. Degré de réalisme et tâche
- c. Degré de réalisme et les traits pertinents de l'activité
- d. Modulation de la réalité et différences inter-individuelles
- e. Les systèmes de représentation réaliste et la réalité de la représentation (3D, haptique etc)

26/06/2006

34

## Principes « cognitifs » de conception du simulateur

- ▶ **Découplage** (Rogalski & Samurçay, 1998)
  - Simulation du principe de fonctionnement.
    - « Didactique professionnelle » (Pastré, 1995)
  - ▶ Conservation de la représentation analogique fonctionnelle et d'une modalité de l'activité (transporter des charges).
  - ▶ Intégration de la représentation symbolique: tableaux et courbes de charge.
  - ▶ Multimodalité des nouvelles technologies: action (Boucheix, 2000); oral (Mayer, 1999); illustrations Gyselinck, 1999); animations (Bétrancourt & Tverski, 2000); écrit.

26/06/2006

35

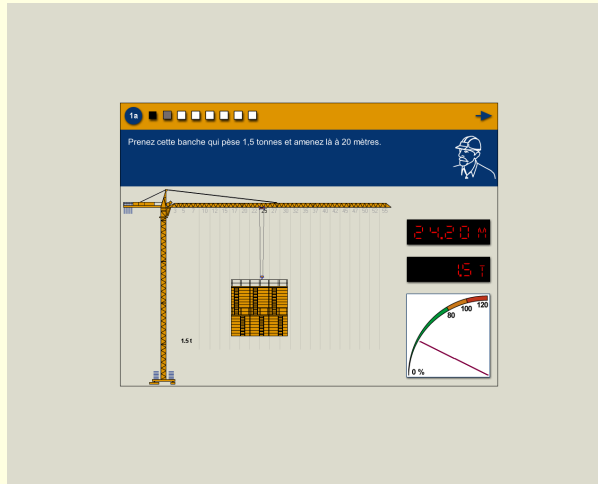
## Principes

- Transporter des objets pour chercher de limites, et construire une courbe de charge;
- Observer les effets de l'action: sur la grue, sur les cadrans et sous forme graphique;
- Transformation progressive de l'interface en tableaux et courbes de charge;
- Entraînement au traitement et à l'utilisation des tableaux et des graphiques de courbes.
- Propriétés: 13 séquences en 49 exercices
- Multidéfinition: texte écrit, oral (adapté), animation graphique, indices sonores du système (Klaxonne)

26/06/2006

36

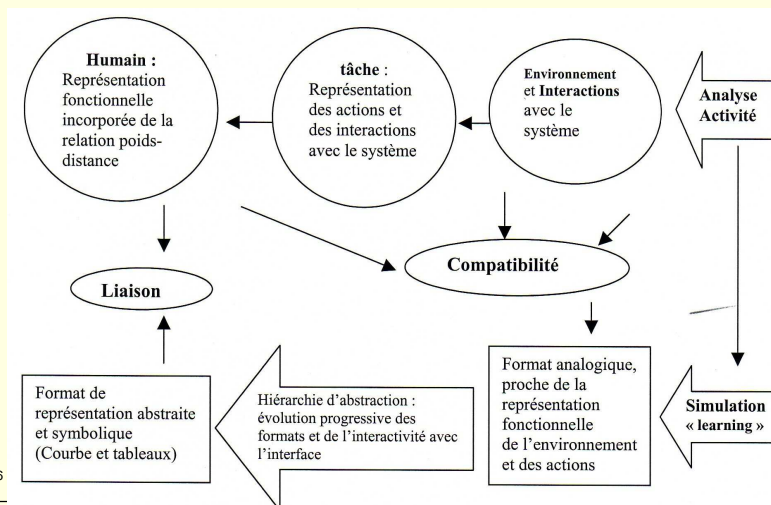
## Interface grue 1: recherche limites de transports Démonstration, simulation



26/06/2006

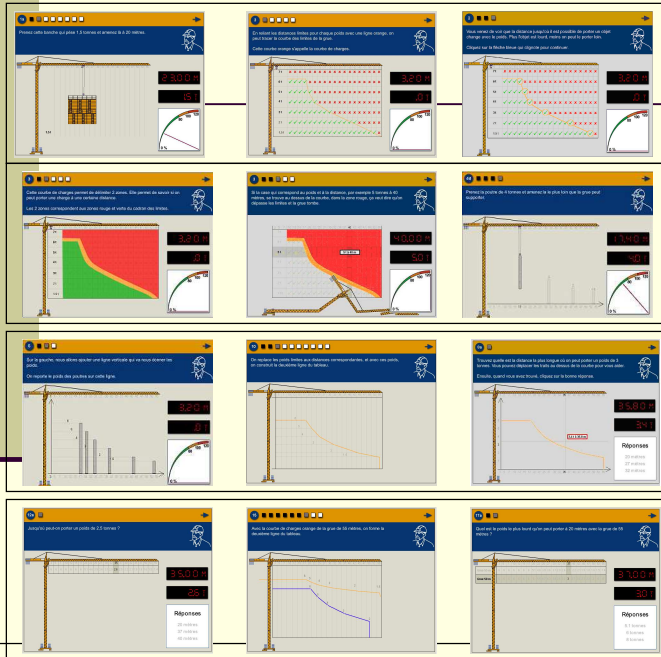
37

## Synthèse de la démarche suivie



26/06/2006

# Le simulateur



Cadre

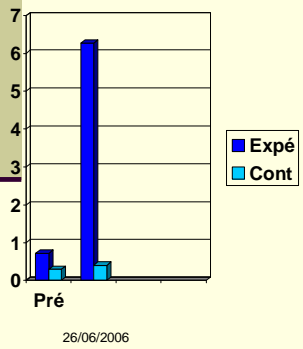
EID  
Vicente, 199

Représentation  
Analogique  
Externe  
Isomorphe  
Représentation  
interne

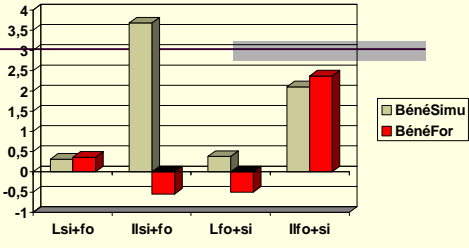
Hiérarchie  
d'abstraction

## Évaluation expérimentale Boucheix, 2003

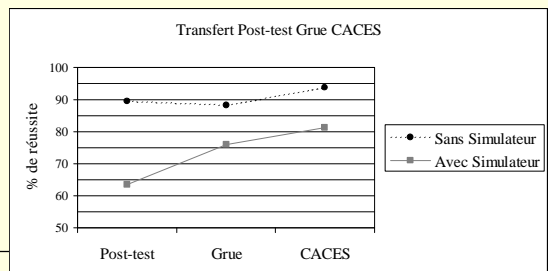
Expérience 1  
Validation, 2001



Expérience 2: Comparaison  
Formation traditionnelle, 2002



Expérience 3: transfert, 2003



## Exemple 2

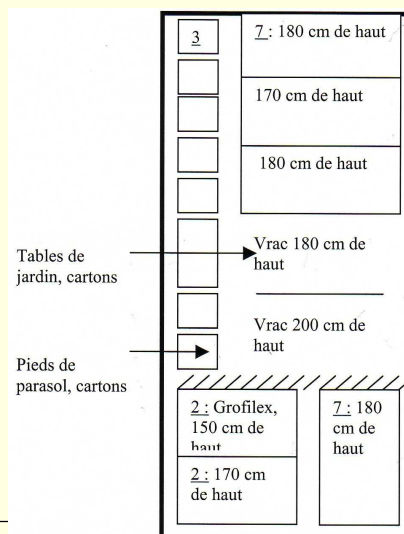
### Apprendre les règles des plans de chargement des remorques des poids lourds

- De nombreux accidents liés à des mauvais plans de chargement des la remorque
  - Renversements (Ronds-points)
  - Camions en porte-feuille
  - Essieux écrasés
  - Colis écrasés ou cassés (dynamique des objets)
  - Accidents corporels à l'ouverture des portes du camion

26/06/2006

41

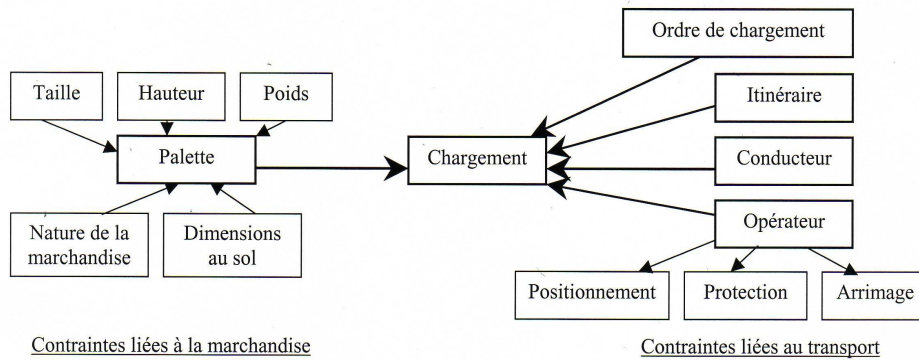
## Le Plan de chargement



26/06/2006

42

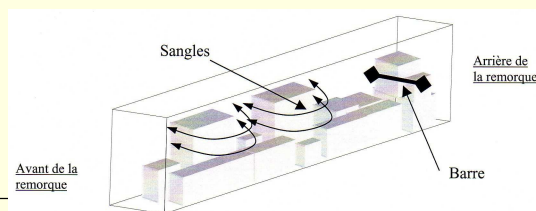
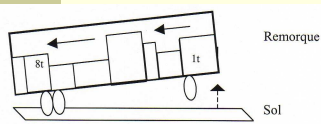
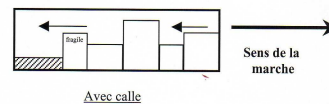
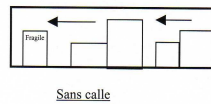
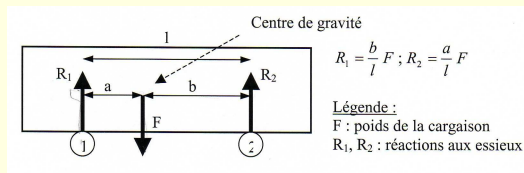
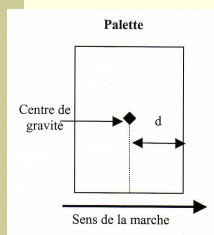
# Les contraintes de l'activité



26/06/2006

43

# Quelques problèmes



26/06/2006

Avant de la remorque

## Exemple 3- Le réalisme, pourquoi faire?

Apprendre la médecine d'urgence avec Simman,  
un simulateur plein échelle  
(Elodie Bonnetain & Jean-Michel Boucheix)

## Médecine d'urgence Sim-man

- Étudier l'apprentissage sur simulateur dans la gestion de situations dynamiques (Nyssen, 1998, 2005)
- Étudier le développement de l'expertise dans la gestion de situations dynamiques d'urgences
  - Pour
- Optimiser l'apprentissage en médecine d'urgence des jeunes spécialistes (internes):
  - « aucun » pallier entre l'acquisition des connaissances déclaratives théoriques (évaluation examen) et leurs procéduralisations (Anderson, 1993) en situation réelle (conceptualisation, Pastré, 1997)
- Optimiser la gestion de situations critiques rares en médecine d'urgence (choc anaphylactique, hypothermie maligne etc.)
  - Cas très rares pour lesquelles il n'existe que la formation théorique (Nyssen, 1998, 2002).





## Apprentissage sur simulateur versus situation d'apprentissage «classique»

Similitudes entre situation d'apprentissage sur le simulateur et situation réelle	Différences entre situation d'apprentissage sur le simulateur et situation réelle
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspect temporel de l'activité respecté</li> <li>- Contextualisation de l'activité respectée</li> <li>- Multiplicité des possibilités de situations</li> <li>- Variabilité du niveau de stress</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité de « rejouer » la situation</li> <li>- Possibilité de se tromper</li> <li>- Possibilité d'analyser les erreurs</li> <li>- Possibilité de revenir sur une situation</li> <li>- Possibilité de ralentir la situation</li> <li>- Créer des situations inhabituelles</li> <li>- Construire des paliers d'apprentissage</li> <li>- Segmenter l'apprentissage en petites unités</li> <li>- Apprendre par résolution de problème</li> <li>- Faire sentir la durée, le rythme de l'action</li> <li>- Se coordonner avec les autres en temps réel</li> <li>- S'entraîner pour développer des habiletés</li> </ul>

## Dispositif expérimental

---

Salle 1



26/06/2006

Salle 2



49

## Salle de simulation

---



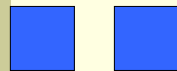
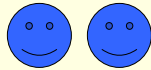
26/06/2006



50

## Situation expérimentale

Expérimentateurs



Retour TV  
Ordinateur

SALLE 1

26/06/2006

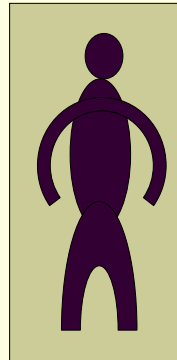
Caméra



Moniteur



Simulateur



Infirmier  
Ambulancier



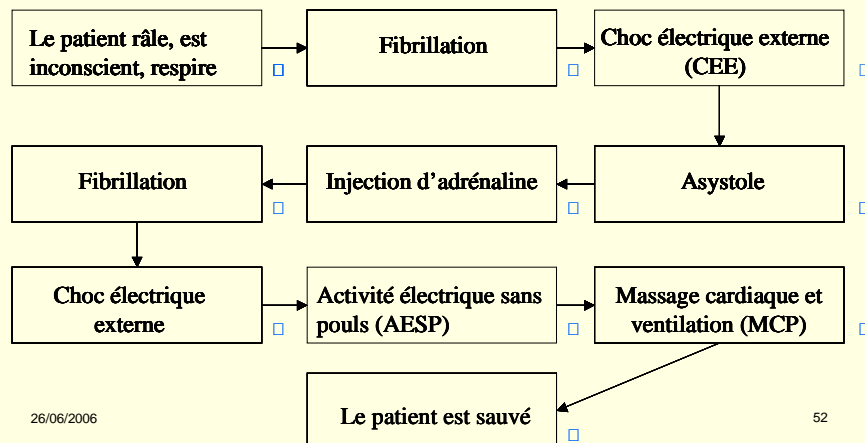
Médecin



SALLE 2

51

## Les étapes du scénario



26/06/2006

52



## Résultats

Atomisation des actions	Novice	Expert
Nb total d'actions	41.4	28
Nb d'interruptions	7.8	4
Nb d'actions non terminées	5	2.5
Nb de prises d'initiatives de A	20.2	10
Nb de prises d'initiatives de I	13.4	9

Planification (délai en sec)	Novice	Expert
Demande de perfusion	108.67	73
Voie disponible	296.40	233.5
Demande d'adrénaline	254.4	178
Adrénaline injectée	365	245

Contrôle de la situation  
Organisation des actions (chunking)  
Indices pertinents:

Les novices manquent de connaissances préalables de la situation, peu d'anticipation, surcharge

## Résultats

Prise d'information	Novice	Expert
Délai avant prise de pouls	166	13
Délai avant prise de sat.	88	109
Nombre d'auscultation	0	1

Etat du système	Novice	Expert
Délai avant demande d'adrénaline	254.4	178
Délai avant repérage de la fibrillation	224	43.5
Délai avant le premier CEE	249.4	80

Repérage des indices pertinents  
Représentation de l'état du système:  
diagnostic

26/06/2006

« Application » de connaissances déclaratives  
« inadaptées » à la situation  
Difficultés pour mettre en relation les informations  
Gestion « locale » de la situation

## Références

- Boucheix, J.M. (2006). Simuler pour aider à comprendre. Relier des modèles mentaux selon une hiérarchie d'abstraction. In P. Pastré (Ed.) *Apprentissages et simulations*. Toulouse : Octarès.
- Boucheix, J.M. (2003). Simulation et compréhension de documents techniques : le cas de la formation des grutiers. *Le Travail Humain*, 66, 252-282.
- Boucheix, J.M. (2003). Ergonomie et Formation : Approche d'ergonomie cognitive des apprentissages professionnels. *Psychologie Française*, 48, 2, 17-34.
- Messant, I., Lile, A., Avena, C., L'enfant, F., Boucheix, J.M., & Freysz, M. (2005). Evaluation sur simulateur multiple SimMan de la prise ne charge d'un choc anaphylactique préopératoire par des internes DES d'anesthésie réanimation. *Annales Française d'Anesthésie et de Réanimation*, 24,6, 698-699.
- Boucheix, J.M., & Chanteclair, A. (1999). Analyse de l'activité, cognition et construction de situations d'apprentissages : le cas des conducteurs de grues à tour. *Education permanente*, 139, 115-141.
- Boucheix, J.M., & Guignard, H. (2005). Which animated illustration condition can improve comprehension in children? *European Journal of Psychology of Education*. XX, 4, 369-388.
- Pastré, P. (1997). Didactique professionnelle et développement, *Psychologie Française*, 42, 89-10.
- Samurçay, R., & Pastré, P. (1995). La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences. *Education Permanente*, 123, 13-32.
- Samurçay, R., & Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le Travail Humain*, 61, 4, 333-359.

26/06/2006

56