



Méthode de conception de systèmes interactifs mobiles

Emmanuel Dubois

GT 4.2 "Mobilité et Ubiquité" – 26-27 Mai 2003



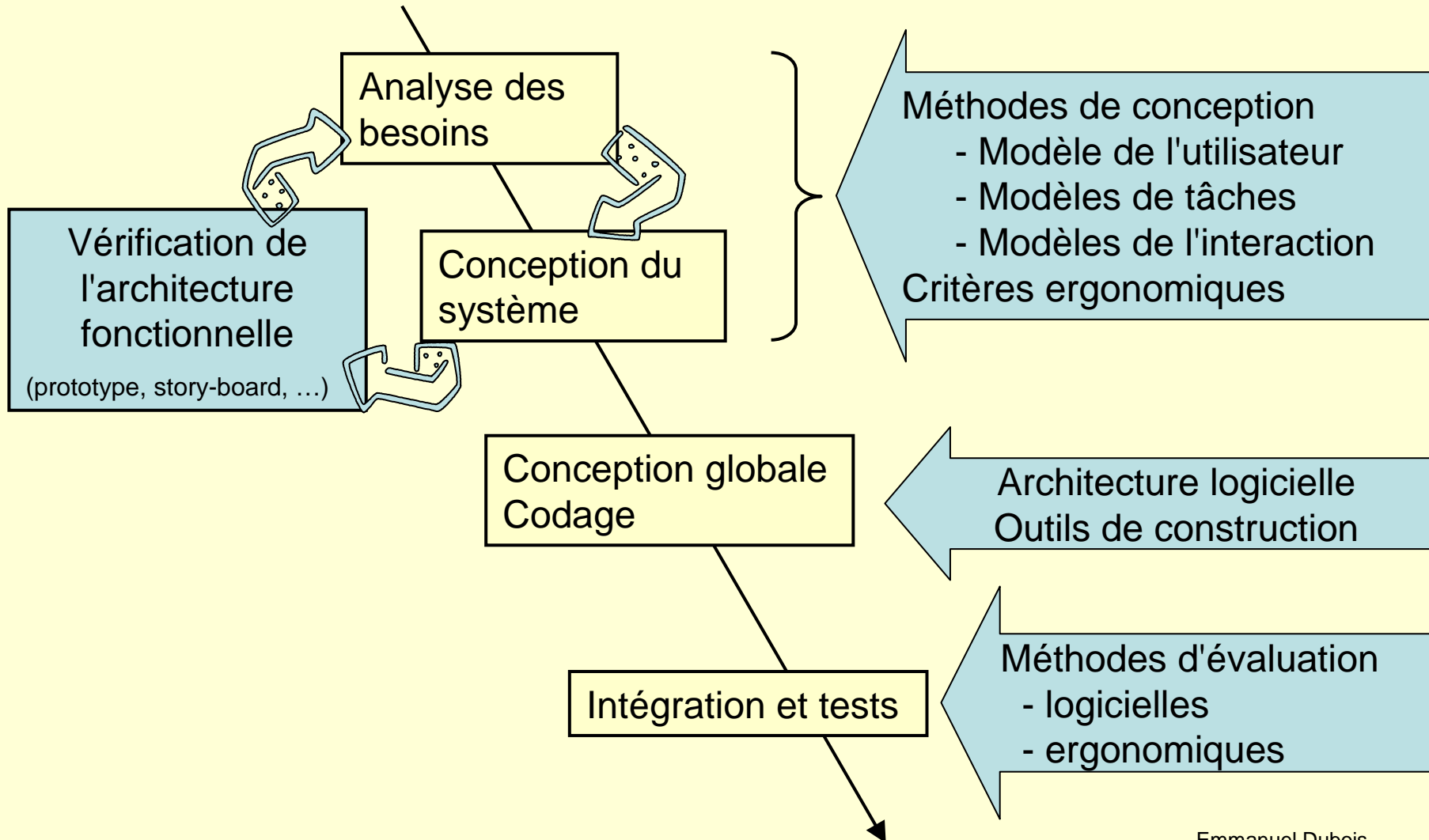
Plan

- **Processus de conception logicielle et ergonomique de systèmes interactifs**
- **Particularités des systèmes mobiles**
- **La notation ASUR**
 - **Principes**
 - **Rôles d'ASUR**
 - **Description / Ergonomie / GL**
- **Cas d'étude**
 - **Etapes de conception / Solutions / Choix**
 - **Evaluation**



Processus de conception logicielle et ergonomique

Processus de conception logicielle et ergonomique





Conception ergonomique

■ Étape 1

- Analyse de la tâche et du contexte de réalisation
- Modélisation des activités des opérateurs

■ Étape 2

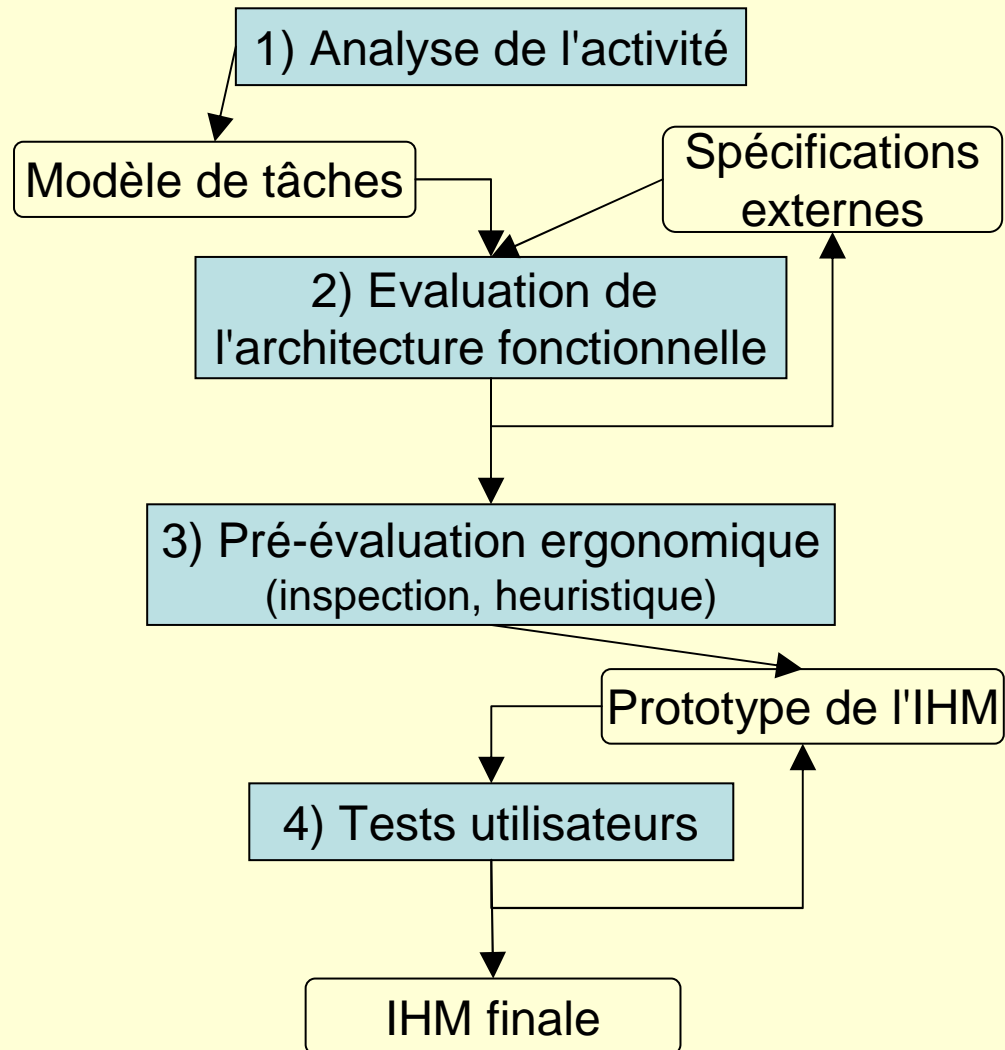
- Test des enchaînements de fenêtres indépendamment de la représentation externe

■ Étape 3

- Mise en œuvre d'heuristiques classiques
- Inspection par des experts

■ Étape 4

- Mise en situation d'utilisateurs finaux





Outils et méthodes pour la conception ergonomique

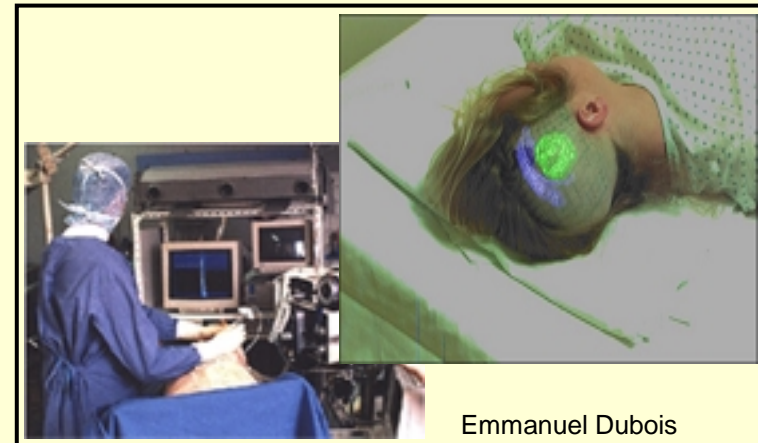
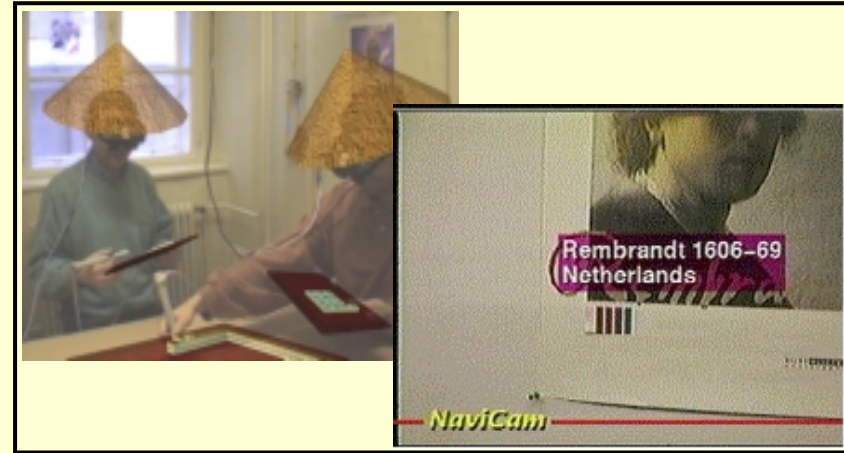
- **Etape 1 : analyse de l'activité**
 - Ergonomie du poste de travail
 - Identification des critères ergonomiques prépondérants pour la situation d'interaction
 - Exemple : pour les systèmes de Contrôle du trafic aérien, la protection contre les erreurs est essentielle
- **Etape 2 : évaluation de l'architecture fonctionnelle**
 - Règles ergonomiques pour justifier les choix en terme de
 - Présentation
 - Organisation, structure, sémantique
 - Comportement des objets graphiques
- **Etape 3 : pré-évaluation ergonomique**
 - Evaluation sans les utilisateurs, inspection par des experts
- **Etape 4 : tests utilisateurs**
 - Expérimentation avec des utilisateurs finaux (analyses statistiques)



Le cas des systèmes mobiles mixtes

Les systèmes mobiles mixtes

- **Système mixte : système interactif combinant entités physiques et numériques**
- **Exemples:**
 - **Réalité augmentée**
 - **Chirurgie augmentée**
 - **Virtualité augmentée**
 - **Etc.**





Un système mixte mobile : un musée assisté

- **But : visite guidée d'un musée comprenant :**
 - Informations relatives aux oeuvres
 - Informations relatives au chemin à suivre
(en fonction de la position de l'utilisateur)

- **Conditions d'utilisation**
 - Plusieurs œuvres réparties dans une ou plusieurs pièces
 - Plusieurs visiteurs mobiles, simultanément
 - Présence d'un dispositif de localisation des visiteurs et des oeuvres

- **Exemple :**
 - "*City Project*", muséum d'histoire naturelle de Toulouse

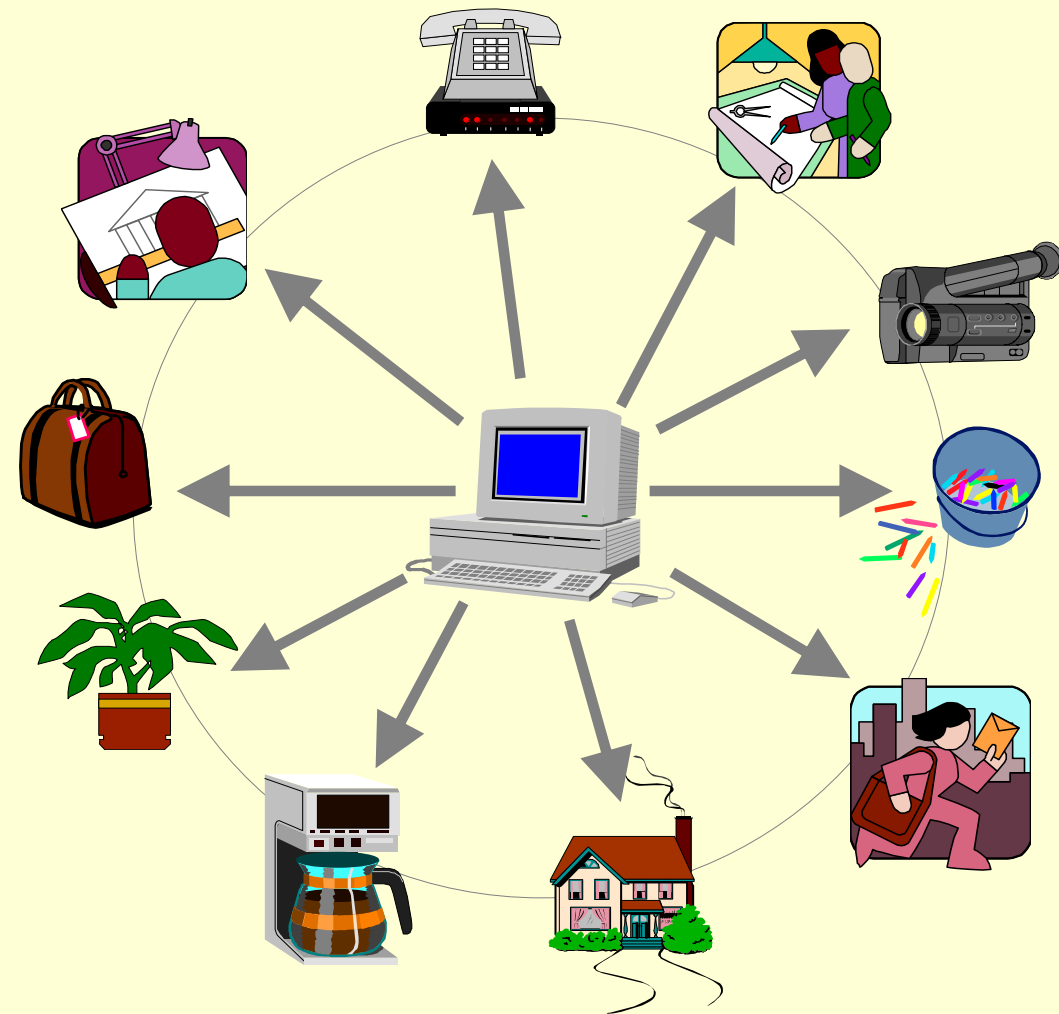


Particularités des systèmes mixtes mobiles

- **Présence du monde physique**
 - Entités, environnement, contraintes, (*contexte ?*)
- **Présence du monde numérique**
 - Apport de données, de capacités de traitements
 - Besoin d'entrées / sorties
- **Interaction largement plus complexe**
 - Utilisateur \leftrightarrow Système, *via une ou plusieurs modalités*
 - Utilisateur \leftrightarrow Monde physique
 - Monde Physique (\leftrightarrow) \rightarrow Système

Systemes en plein essor !

Constats



- **Données et services numériques sont présents :**
 - **Dans de plus en plus d'objets**
 - **Dans des situations de plus en plus nombreuses et différentes**

- **L'utilisateur interagit désormais dans un environnement où physique et numérique cohabitent !**



Besoins

- **Exploration systématique des solutions de conception**
- **Support au raisonnement et aux choix de conception**
- **Réutilisabilité des composants de tels systèmes**

- **Mise en œuvre d'une méthode de conception incontournable**

Mais ...



Quelle méthode de conception ?

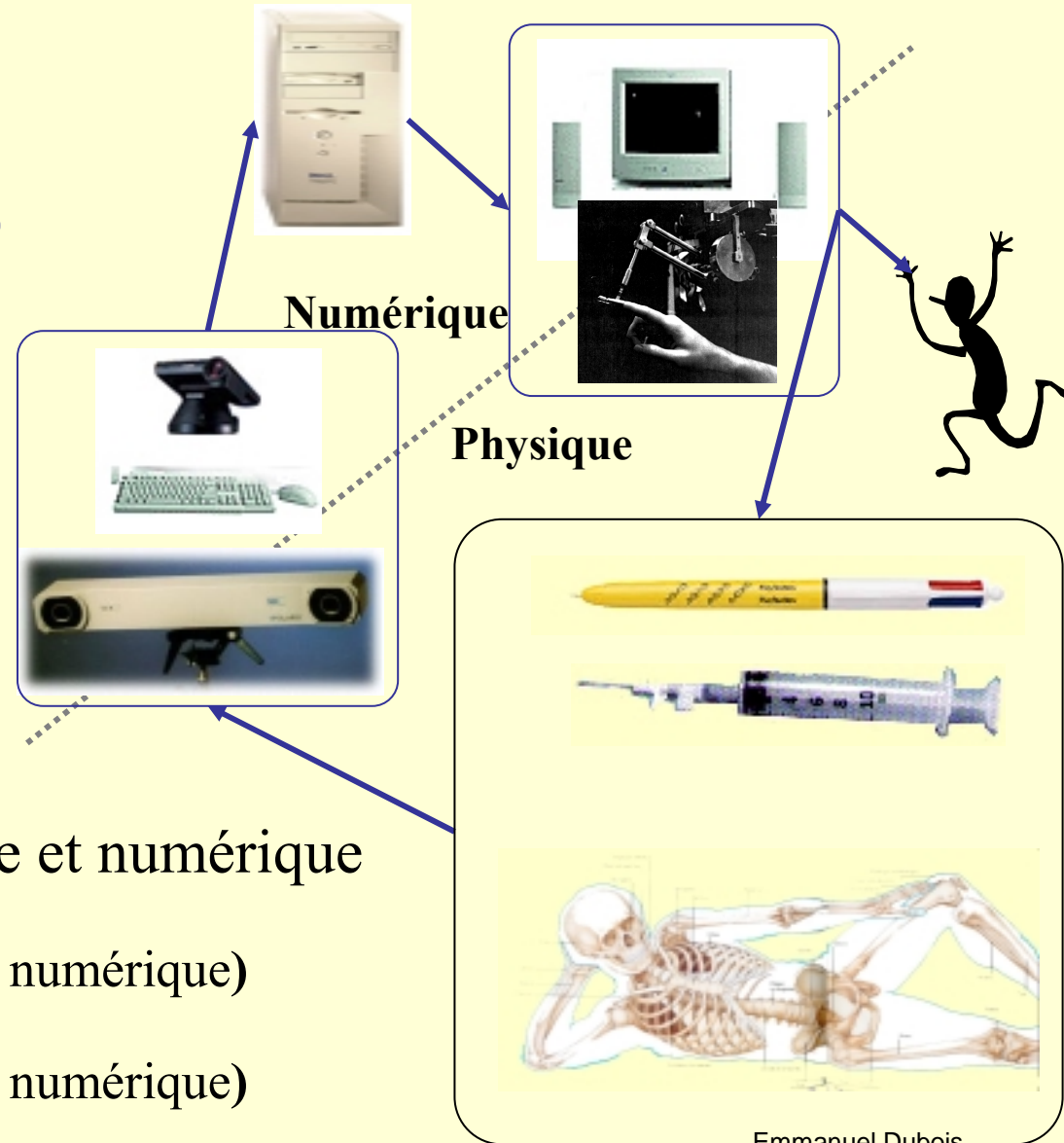
- **Pas de méthode de conception adaptée**
 - **Exemples**
 - **Analyse de tâches : pas de caractérisation des entités**
 - **UML : absence de représentation des entités physiques (*sauf actors*)**
 - **Prototypage / Participatory Design : pas de factorisation des solutions de conception**
 - **Approches essentiellement exploratoires → solutions ad hoc !**
 - **Augmentation des notations nécessaires ... utilisabilité ?**
- **Mon approche s'appuie sur**
 - **Une nouvelle notation qui :**
 - **Intègre les deux mondes**
 - **Décrit ce nouveau type d'interaction**



La notation ASUR : principes et rôles

Les composants ASUR

- **Utilisateur (U)**
- **Systeme informatique (S)**
- **Entites reelles**
 - **Outil (R_{tool})**
 - **Objet de la tache (R_{object})**
- **Adaptateurs**
relie les mondes physique et numerique
 - **En entree (A_{in})**
(du monde physique vers le numerique)
 - **En entree (A_{out})**
(du monde physique vers le numerique)





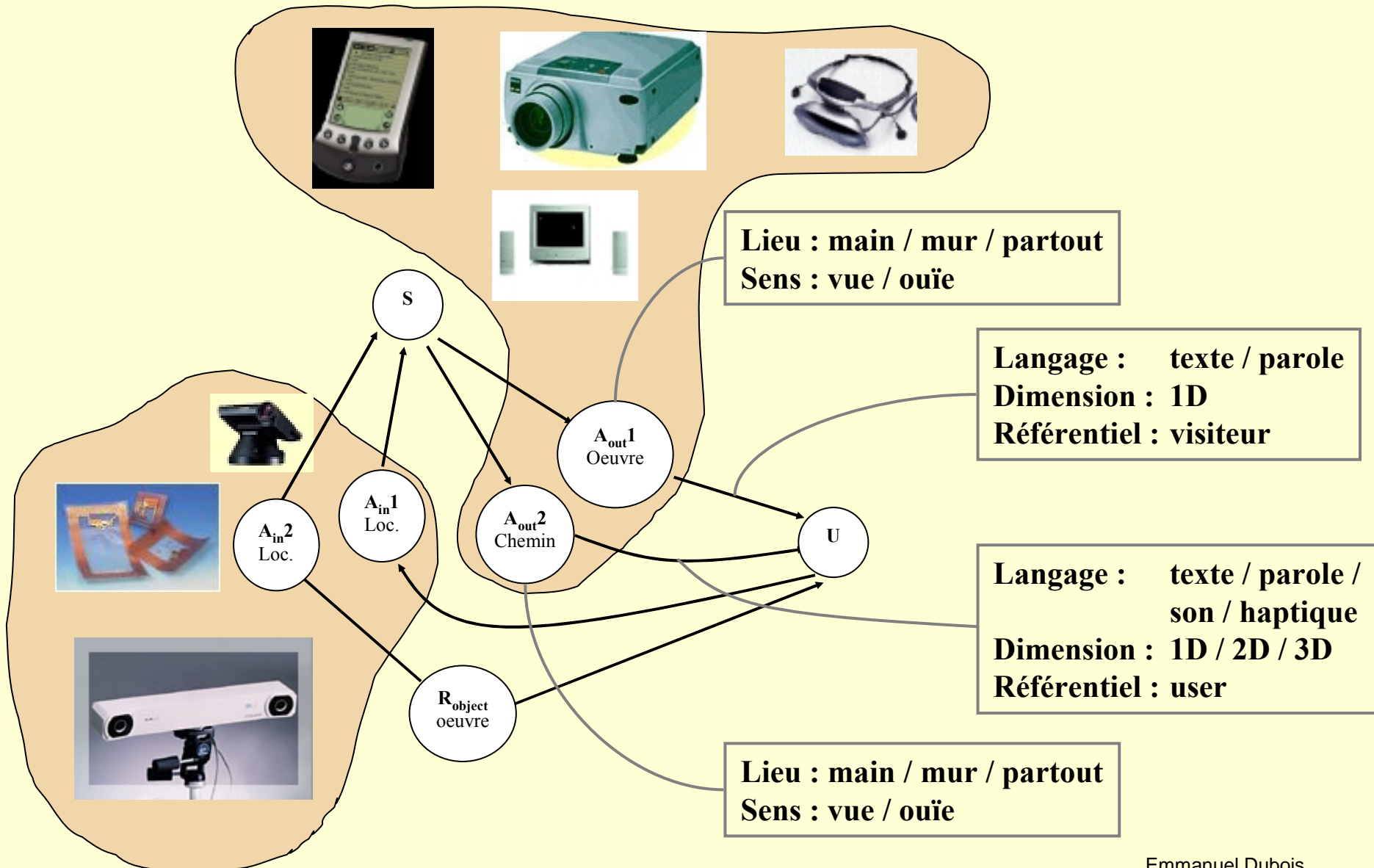
Les relations ASUR

- **Transfert d'informations : $(A \rightarrow B)$**
 - Entre 2 composants
 - = échange de données

- **Action physique déclenchant un transfert d'informations : $(A \Rightarrow B)$**
 - Déclenche le transfert d'informations entre 2 composants $(C \rightarrow D)$
 - = situation spécifique aux systèmes mixtes mobiles

- **Association physique : $(A = B)$**
 - Proximité physique persistante
 - = une forme de relation physique particulière
(regroupe les notions "contenu dans", "saisi", "proche", ...)

Exemples du musée assisté





Caractéristiques ASUR

| Caractéristiques des composants | Caractéristiques des relations → | Caractéristiques des relations ⇒ |
|--|--|---|
| <p>Lieu de perception/Action : Lieu physique où l'utilisateur doit porter son attention pour percevoir l'information fournie par le composant ou pour agir sur le composant.</p> | <p>Référentiel de présentation : Point de vue adopté pour présenter ou exprimer l'information.</p> | <p>Référentiel de présentation : Point de vue adopté pour présenter ou exprimer l'information</p> |
| <p>Sens de perception/Action : Sens perceptif requis par l'utilisateur pour percevoir l'information fournie par le composant (vue, ouïe, etc.), ou pour agir sur le composant (parole ou action).</p> | <p>Langage de représentation : Propriétés de représentation de Bernsen (Bernsen 1994) et nombre de dimensions de la représentation pertinentes pour l'information échangée.</p> | <p>Condition de déclenchement: Condition (principalement spatiale) sous laquelle l'échange d'information (entre 2 composants) aura lieu.</p> |
| <p>Niveau de partage : Nombre d'utilisateurs pouvant percevoir simultanément l'information fournie par le composant ou agir simultanément sur le composant.</p> | <p>Concept: Concept pertinent de l'application à propos duquel la relation véhicule de l'information.</p> <p>Importance du concept : The importance of this concept for the execution of the task.</p> | <p>Relation déclenchée : La relation ASUR sur laquelle l'échange d'information est déclenché par la relation "⇒".</p> |



Intérêts de la notation ASUR

- **Description de l'interaction**
- **Exploration de l'espace des solutions de conception**
- **Etude de l'utilisabilité du système**
 - **Propriétés ergonomiques**
(traduites en terme de caractéristiques des composants et relations ASUR)
 - **Mise en place d'expérimentations utilisateurs**
- **Mise en lien avec la conception logicielle**
 - **Etude de liens avec UML*i***



Conclusions sur la notation ASUR

- **Premier pas vers un outil de "*Design Rational*" pour les Systèmes Mixtes Mobiles**

- **Philosophie**
 - **Décrire et modéliser correctement le lien physique - numérique avec ASUR**
 - **Profiter des outils / méthodes existantes pour d'autres aspects**
 - **Utiliser ASUR pour fédérer ces différents aspects ("*glue*")**



Cas pratiques

- 1) Le musée assisté
- 2) CASPER



Le musée assisté

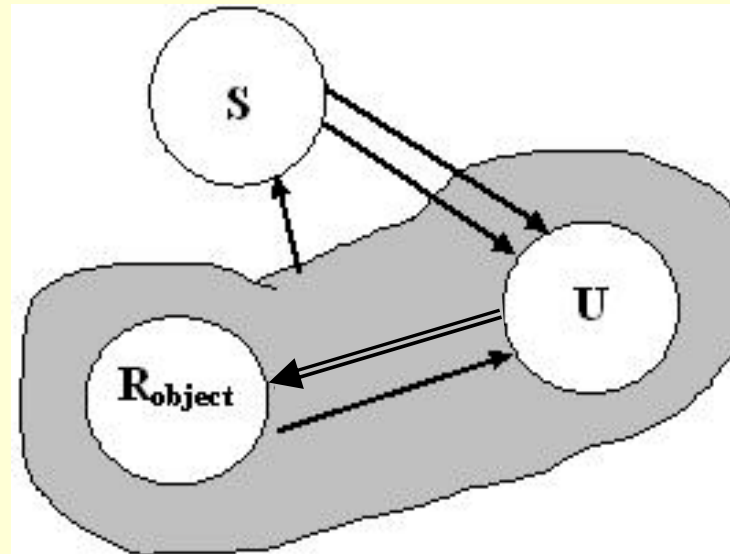
Processus de conception



Musée assisté

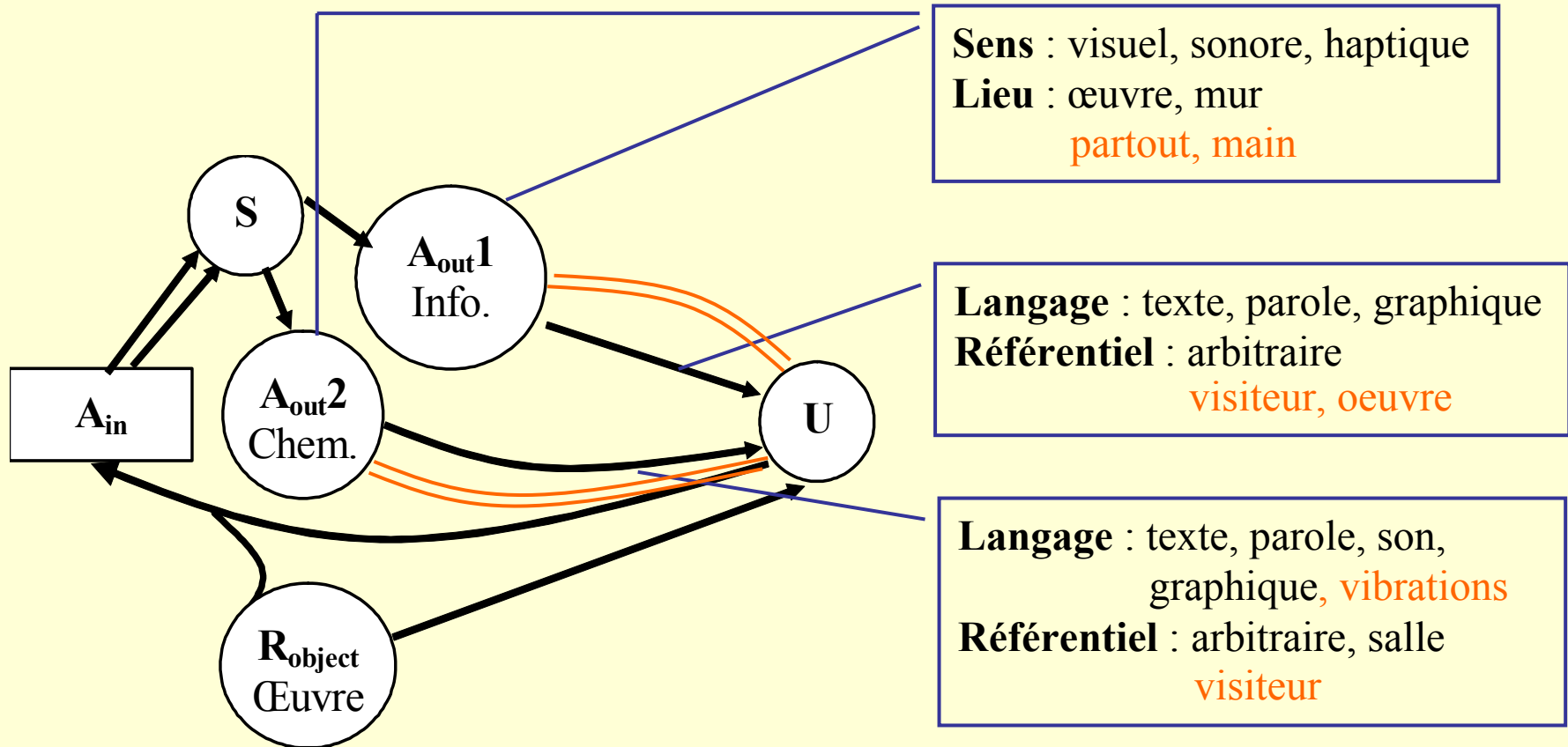
- **But : visite guidée d'un musée comprenant :**
 - Informations relatives aux oeuvres
 - Informations relatives au chemin à suivre
(en fonction de la position de l'utilisateur)
- **Conditions d'utilisation**
 - Plusieurs œuvres réparties dans une ou plusieurs pièces
 - Plusieurs visiteurs mobiles, simultanément
 - Présence d'un dispositif de localisation des visiteurs et des oeuvres
- **Quelles solutions de conception ?**

Description abstraite de la situation d'interaction



Identification

des adaptateurs de sortie (A_{out})





Sélection de solutions pour les A_{out}

- **Continuité perceptuelle** (couples (*lieu, sens*) similaires) :
 - 3 facettes : l'œuvre, le chemin, les informations
 - 3 lieux de perception : œuvre, A_{out} (Chem), A_{out} (Info)
 - Sens de perception : dépendant de la solution retenue

- **Continuité cognitive** (couples (*langage, référentiel*) similaires) :
 - Combinaisons de langage
 - (texte, graphique, parole) X (texte, graphique, parole, son, vibrations)
 - Combinaisons de référentiels
 - (arbitraire, visiteur, œuvre) X (arbitraire, visiteur, salle)

- **NB : pas de sélection mais une mise en évidence des aspects de la conception sur lesquels des choix doivent être effectués**

Diminution du nombre de composants A_{out}

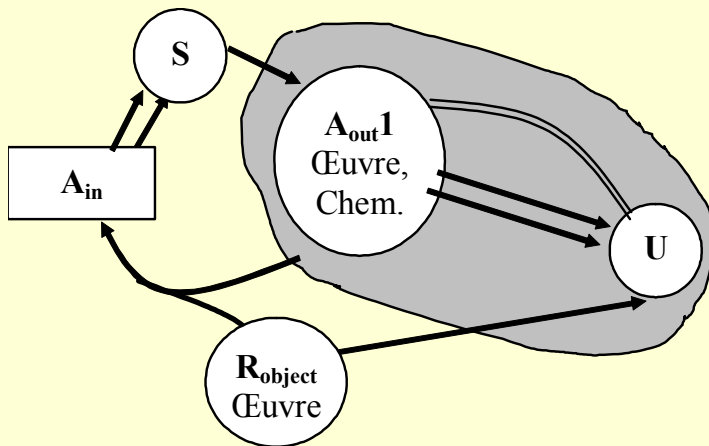
- Un seul A_{out} transmettant 2 types de données

- Réduction du choix en terme de caractéristiques ASUR

- Haptique et son à proscrire

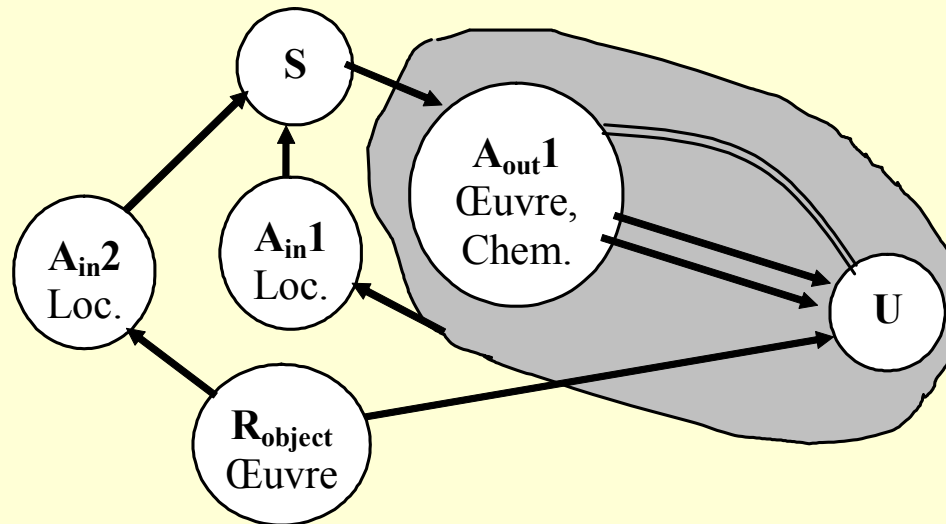
- Expérimentations requises au niveau cognitif

- texte | graphique



Identification

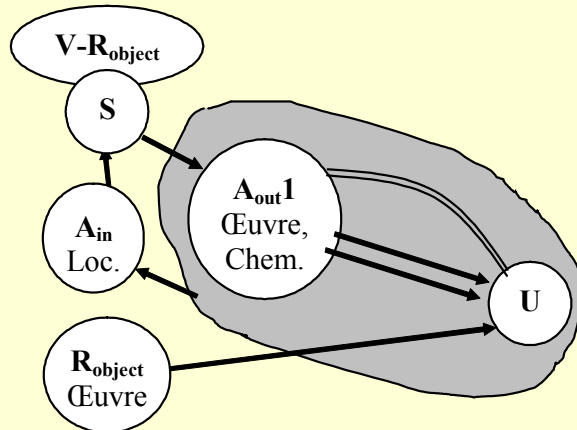
des adaptateurs d'entrée (A_{in})



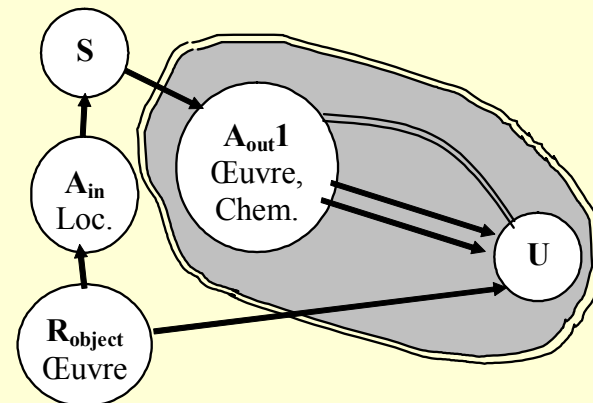
- **Problème du traitement et de la synchronisation des deux flots d'entrée pour la localisation**

Diminution du nombre de composants A_{in}

- **Suppression du besoin de localisation de l'œuvre**
 - **Modélisation numérique, statique de la disposition des œuvres**



- **Suppression du besoin de localisation du visiteur**
 - **Visiteur immobile, œuvres mobiles**



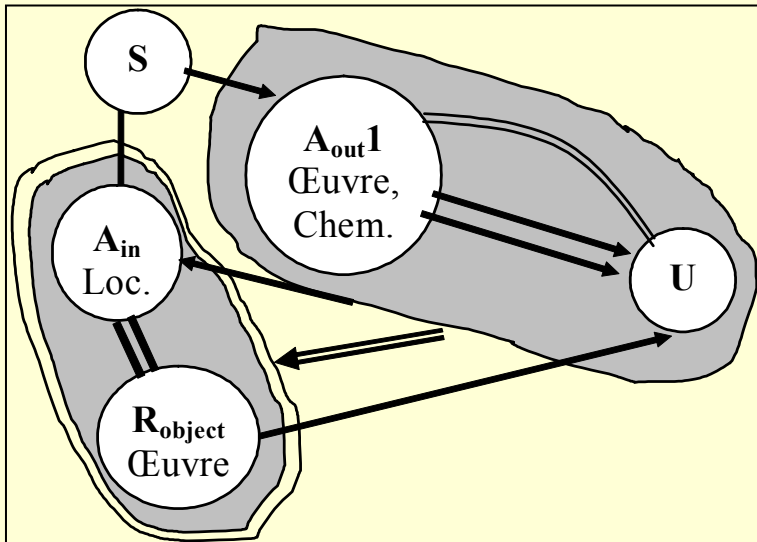
- **OU modélisation statique du temps de visite**



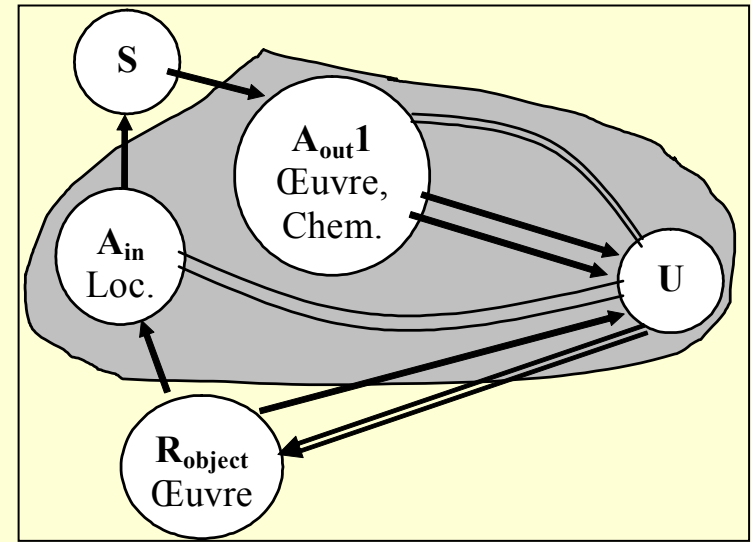
Diminution du nombre de composants A_{in}

- Localisation simultanée des entités (regroupement)
 - Lier physiquement l'adaptateur à l'une des entités localisées

Lié à l'œuvre



Lié au visiteur





Critères de choix de solutions pour les adaptateurs d'entrée (A_{in})

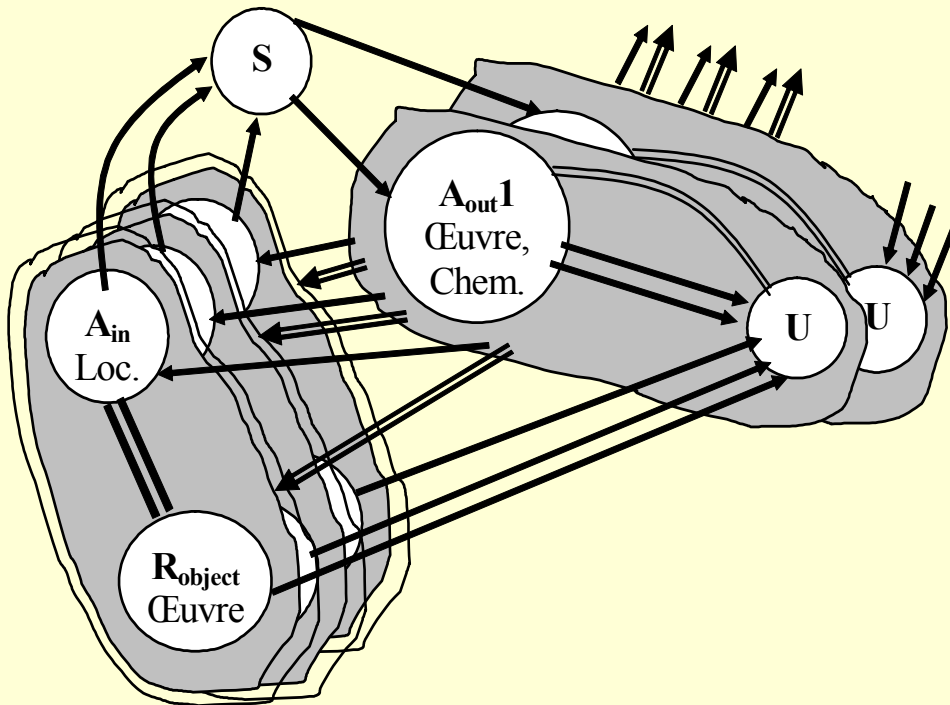
- **Modifications à apporter aux entités physiques**
 - Dégradation de l'œuvre
 - Insertion dans l'exposition
 - Encombrement du visiteur

- **Considérations logicielles liées aux solutions**
 - Reconnaissance et traitement d'images peu performants

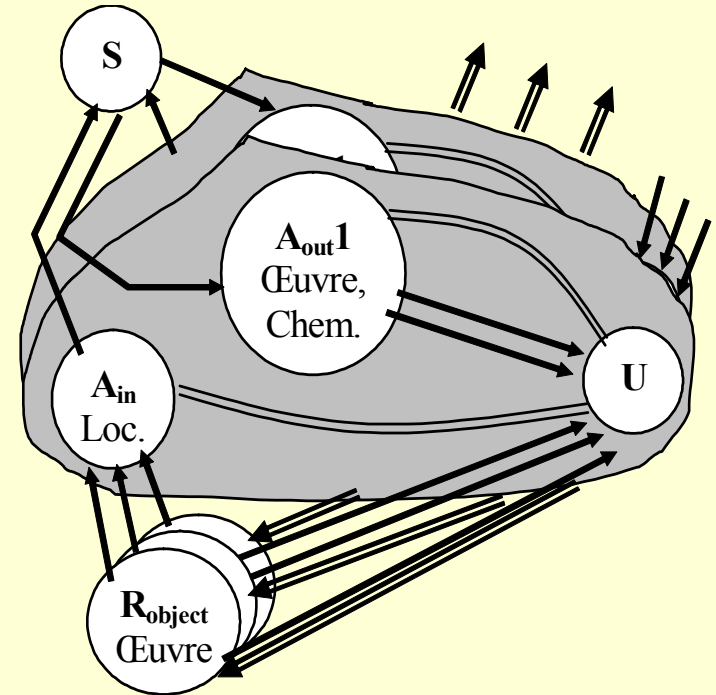
- **Confrontation avec la situation d'interaction**
 - Usage du son dans le musée (perturbant ou "isolant")
 - Déploiement de la solution à l'échelle ...

Passage à l'échelle

Lié à l'œuvre



Lié au visiteur





Conclusions pour le musée assisté

- **Identification d'un ensemble de solutions**
 - **A associer à une méthode pour avoir une approche systématique**

- **Commentaires des solutions envisagées**
 - **Participe au choix d'une solution**
 - **Facilite l'identification des variables à prendre en compte dans une expérimentation utilisateur**

- **Traçage possible des choix de conception**



CASPER

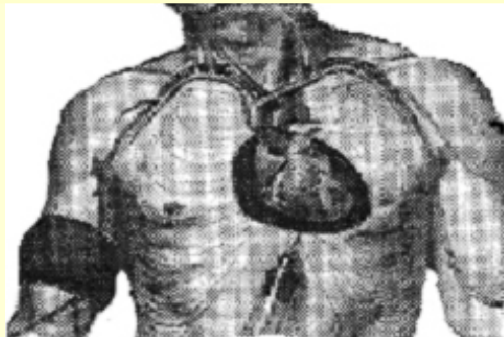
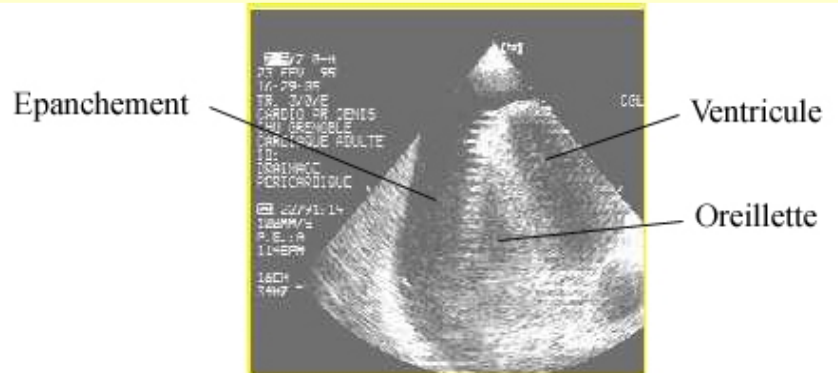
Rétro-conception "ergonomique"

CASPER :

Computer Assisted PERicardial puncture

Ponction péricardique

- **But :**
 - Ponctionner un liquide pathologique à proximité du cœur
- **Geste clinique dangereux**

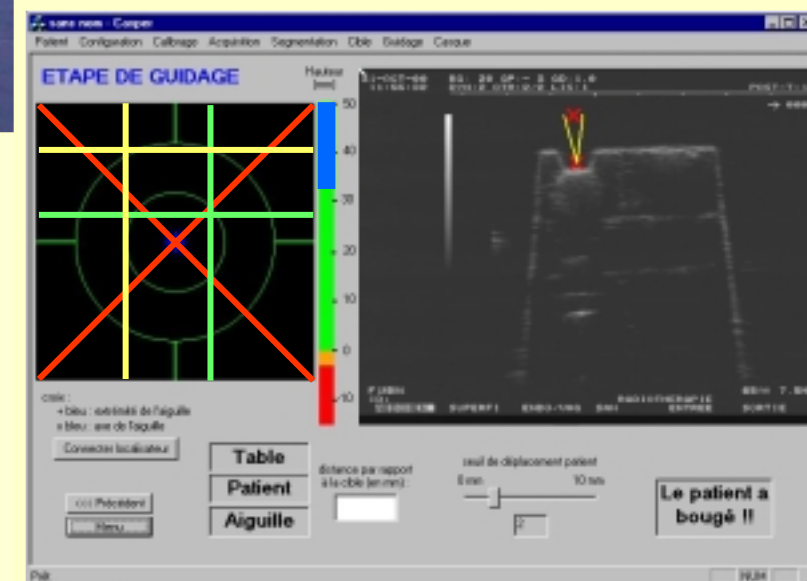
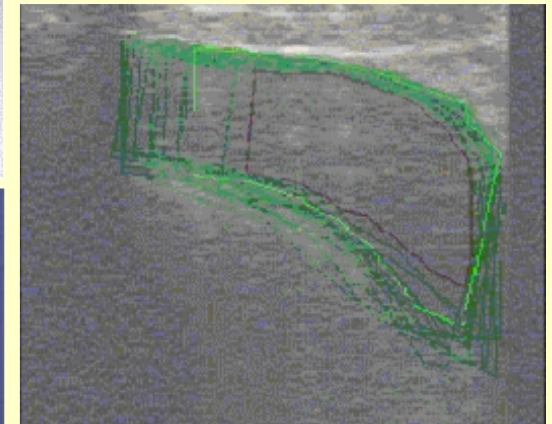


Avec CASPER

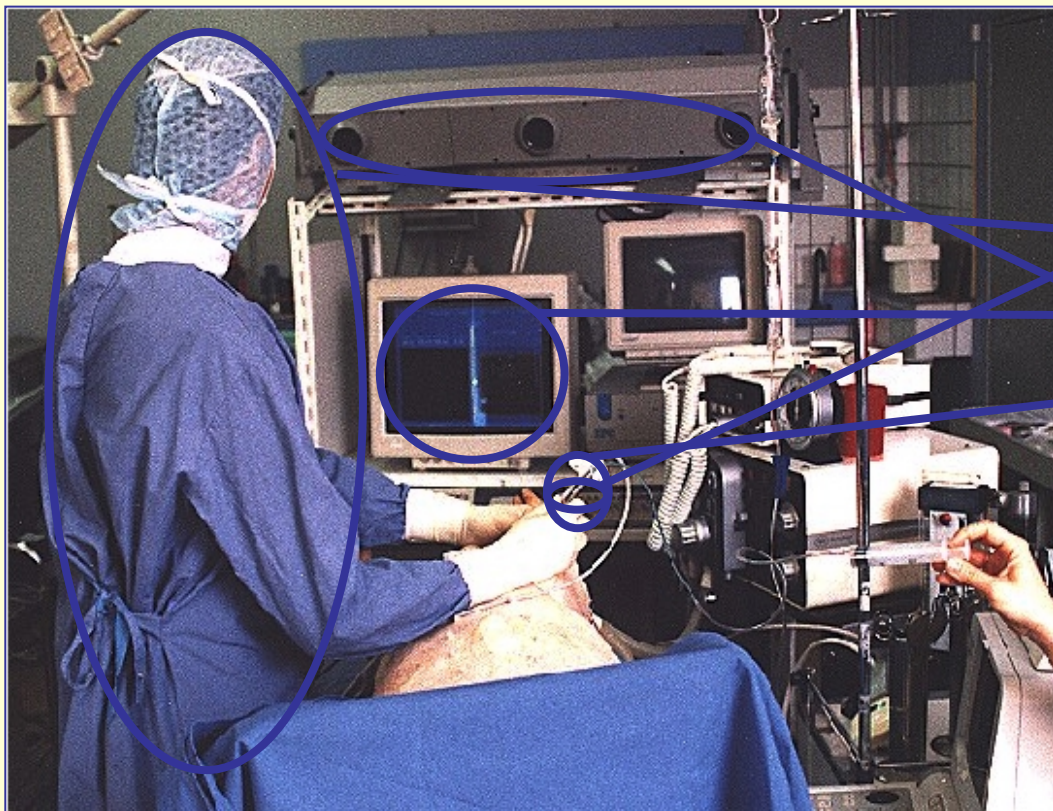
- **Informations de guidage**
 - Geste mini-invasif pour petits épanchements
- **Equipes de développement**
 - TIMC - GMCAO
 - CLIPS - IHM
 - CHU
- **Conception itérative**
- **Validation clinique en cours**

CASPER : principes du guidage

- 3 étapes
 - Acquisition
 - Traitement et planification d'une trajectoire
 - Guidage du geste



Description de CASPER avec ASUR



Composants ASUR

R_{object} : Patient

R_{tool} : Aiguille de ponction

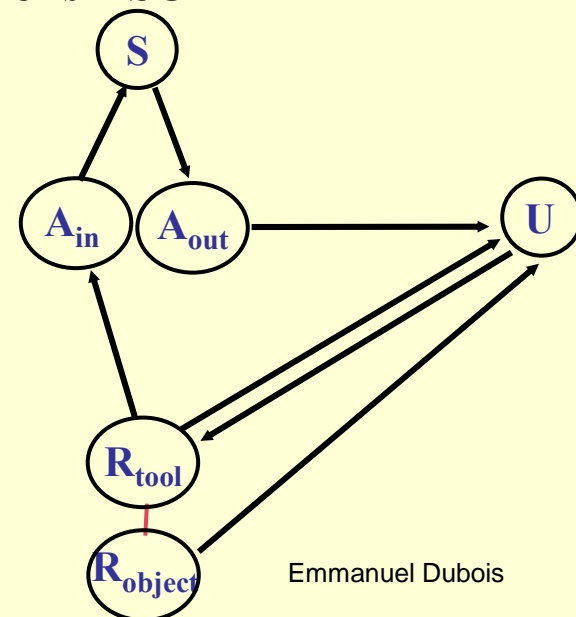
U : Chirurgien

A_{out} : Ecran

A_{in} : Localisateur
(caméra + diodes)

S : Ordinateur

Relations ASUR

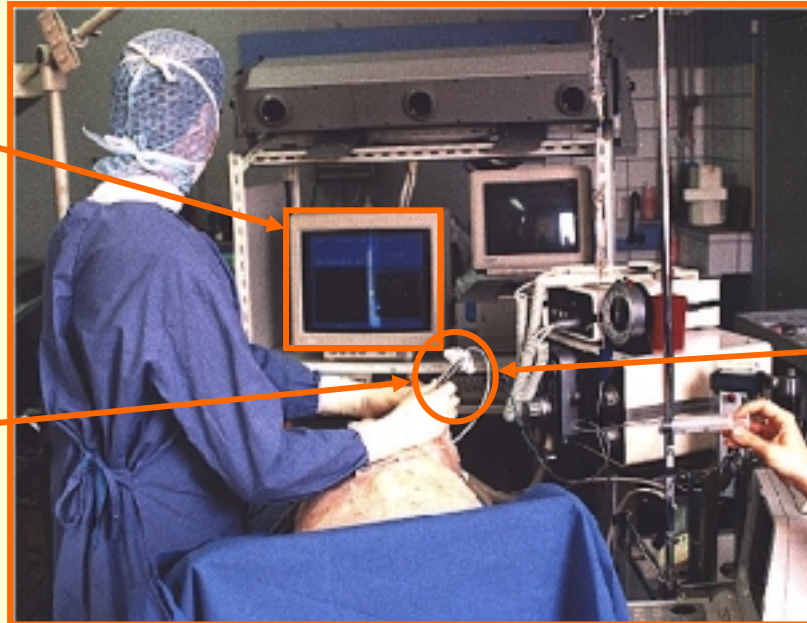




Caractéristiques des composants ASUR

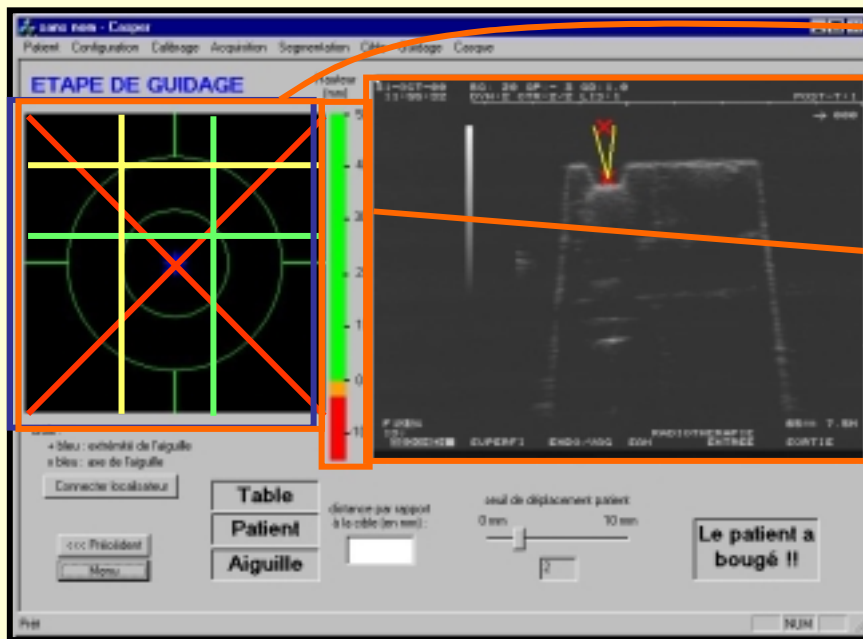
Composant A_{out}
 Visuel
 Ecran

Composant R_{tool}
 Visuel / Haptique
 Champ opératoire



Composant R_{tool}
 Actions physiques
 Champ opératoire

Caractéristiques des relations ASUR



Relation $A_{out} \rightarrow U$

Viseur :

langage : graphique 2 x 2D,
référentiel : Trajectoire planifiée

Jauge :

langage : graphique 1D,
référentiel : Trajectoire planifiée

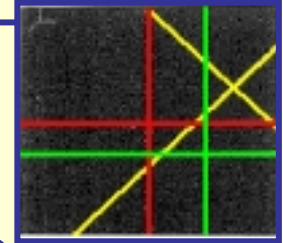
Echo. :

langage : graphique 2D
Référentiel : Sonde écho.

Etude de la continuité

(lieu et sens de perception)

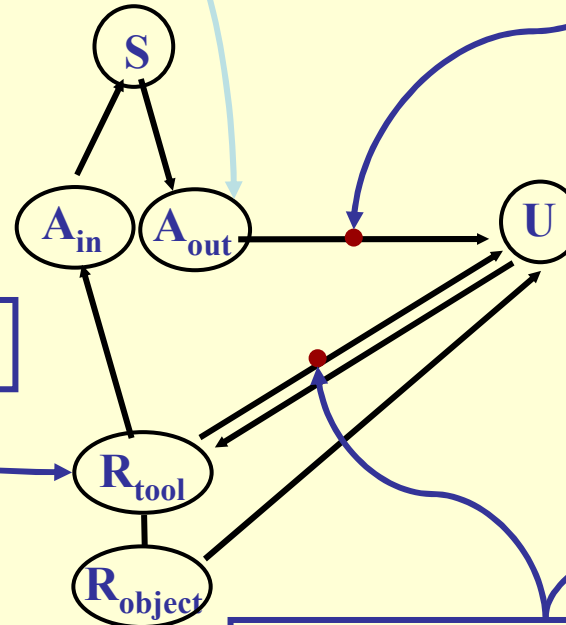
Langage = 2D, arbitraire,
Référentiel = Trajectoire



<Visuel, écran>

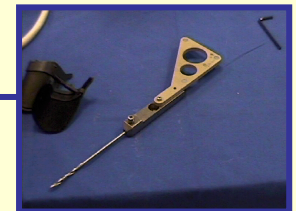
**Discontinuité
Perceptuelle**

<Visuel, champ opératoire>



**Discontinuité
Cognitive**

Langage = 3D, réalité,
Référentiel = Utilisateur

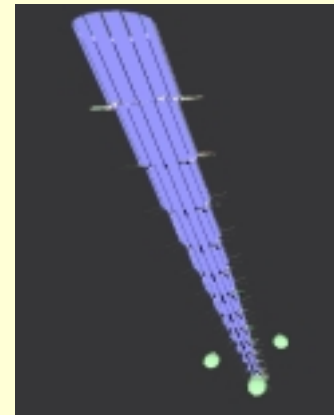
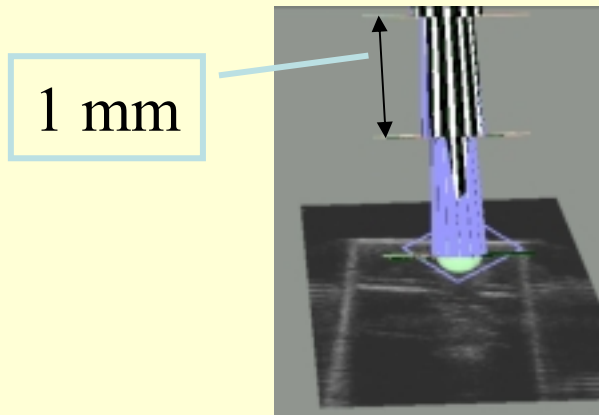


Solutions de rétro-conception

- Au niveau perceptuel : un nouvel adaptateur



- Au niveau cognitif : une représentation 3D
3 référentiels de présentation

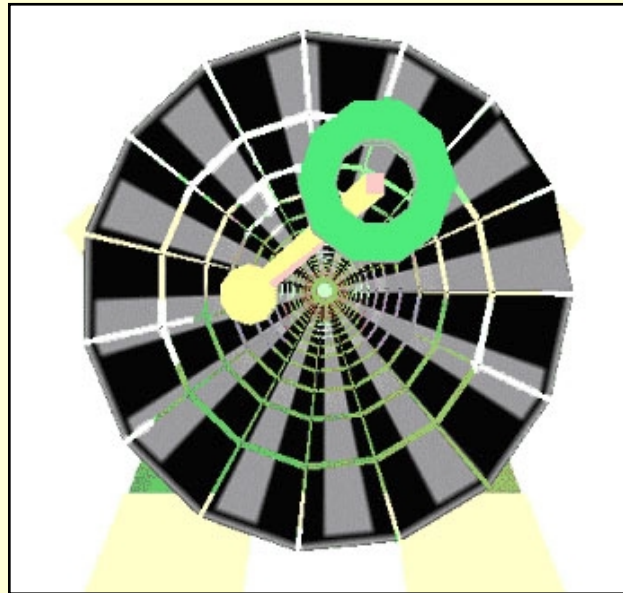


Référentiels de présentation

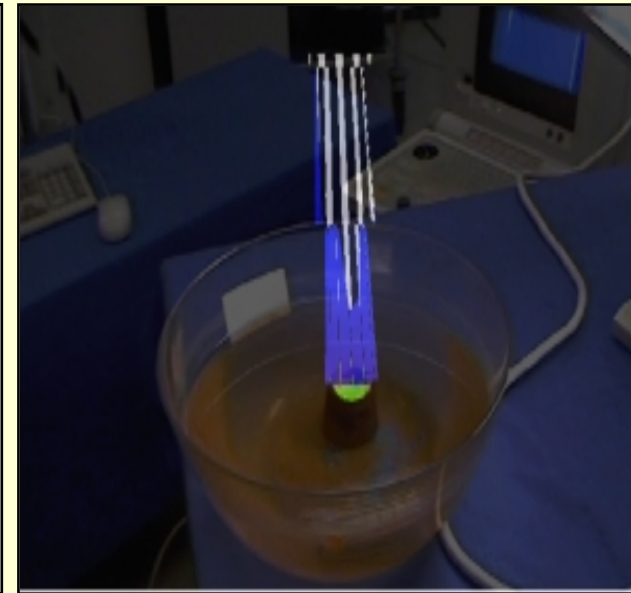
Aiguille



Trajectoire



Utilisateur





Validation expérimentale

Energie de l'erreur

- Effets principaux
 - Support en faveur du casque
⇒ Continuité perceptuelle
 - Représentation en faveur du cône
⇒ Continuité cognitive

Durée

- Effet principal
 - Support en faveur de l'écran
- Effets d'interaction
 - <écran, *trajectoire*> (CASPER)
 - <croix, *trajectoire*> (CASPER)
- Tendances ($p > 0.05$)
support, représentation, référentiel
 - <Ecran, Croix, Trajectoire>
 - <Casque, Cône, Aiguille>



Conclusion

- **La notation ASUR constitue**
 - **Un support pour l'activité de conception**
 - **Un support à l'évaluation**
 - **Un moyen pour fédérer différents aspects de la conception d'un système mobile mixte**

- **Mais ASUR n'est pas (*encore*) :**
 - **Une méthode de conception**
 - **Un outil formel**



Perspectives (1)

■ Facteurs humains et IHM

■ Modalités d'interaction pour Systèmes Mobiles Mixtes

- Représentations : rendu, point de vue

- Dispositifs : PDA, retour d'effort, RF-ID

■ Etude de la combinaison de modalités (affinités, incompatibilités)

- Expérimentations utilisateurs dans des domaines concrets et demandeurs (*"grand public", chirurgie, transport, avionique*)

■ Génie logiciel

- Liens avec une/des méthode(s) de GL

- Modèles, composants mixtes et patrons de conception réutilisables

→ Evolutions de la notation ASUR

- Outil support de la notation et de ses rôles

- Caractéristiques complémentaires, affinement

- Impact sur la lisibilité ?



Perspectives (2)

- Facteurs humains et IHM
- Génie Logiciel
- **Domaines d'application**
 - Médico-chirurgical
 - Mobilité (*maintenance, visualisation*)
 - Jeux en environnements mixtes
 - **Plus généralement** : les systèmes mixtes dans lesquels les données et services sont partagés entre plusieurs entités (objets, données, utilisateurs, lieux)
- **3 axes requis pour le développement d'une méthode de conception de systèmes mixtes mobiles**



Méthode de conception de systèmes interactifs mobiles

Emmanuel.Dubois@irit.fr

GT 4.2 "Mobilité et Ubiquité" – 26-27 Mai 2003



Questions ouvertes

- **CONCEPTION :**
 - **Comment systématiser la mise en œuvre d'ASUR en phase d'exploration de l'espace de conception ?**

- **EVALUATION :**
 - **Quelles caractéristiques prendre en compte ?**
 - **Que doit on évaluer dans un système mobile mixte ?**
 - **Quelles sont les propriétés ergonomiques / humaines pertinentes ?**

- **DEVELOPPEMENT :**
 - **Quel impact sur le GL ?**
 - **Composants ?**