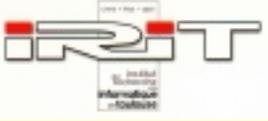


# **Méthode de conception de systèmes interactifs mobiles**

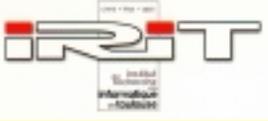
**Emmanuel Dubois**

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



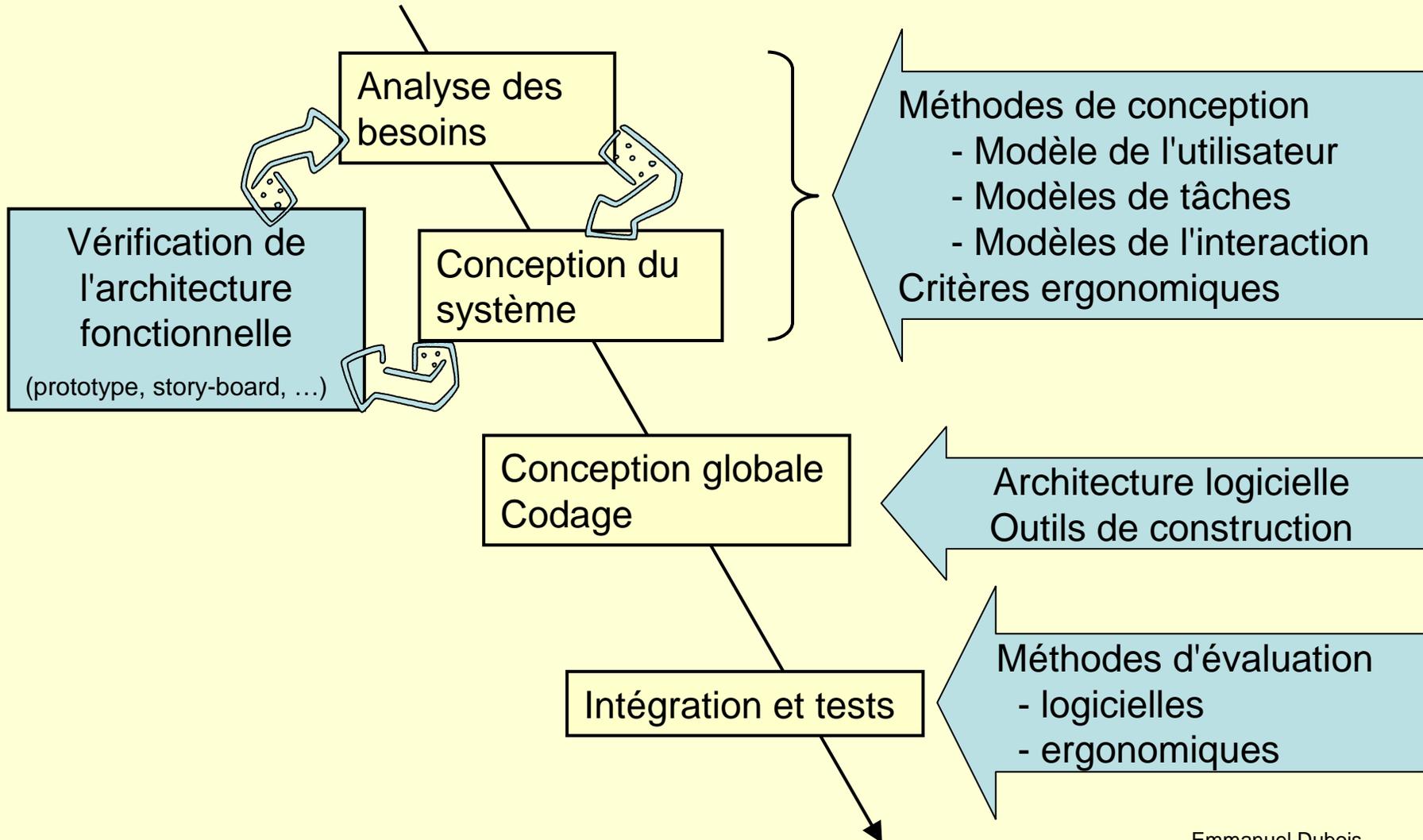
# Plan

- **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

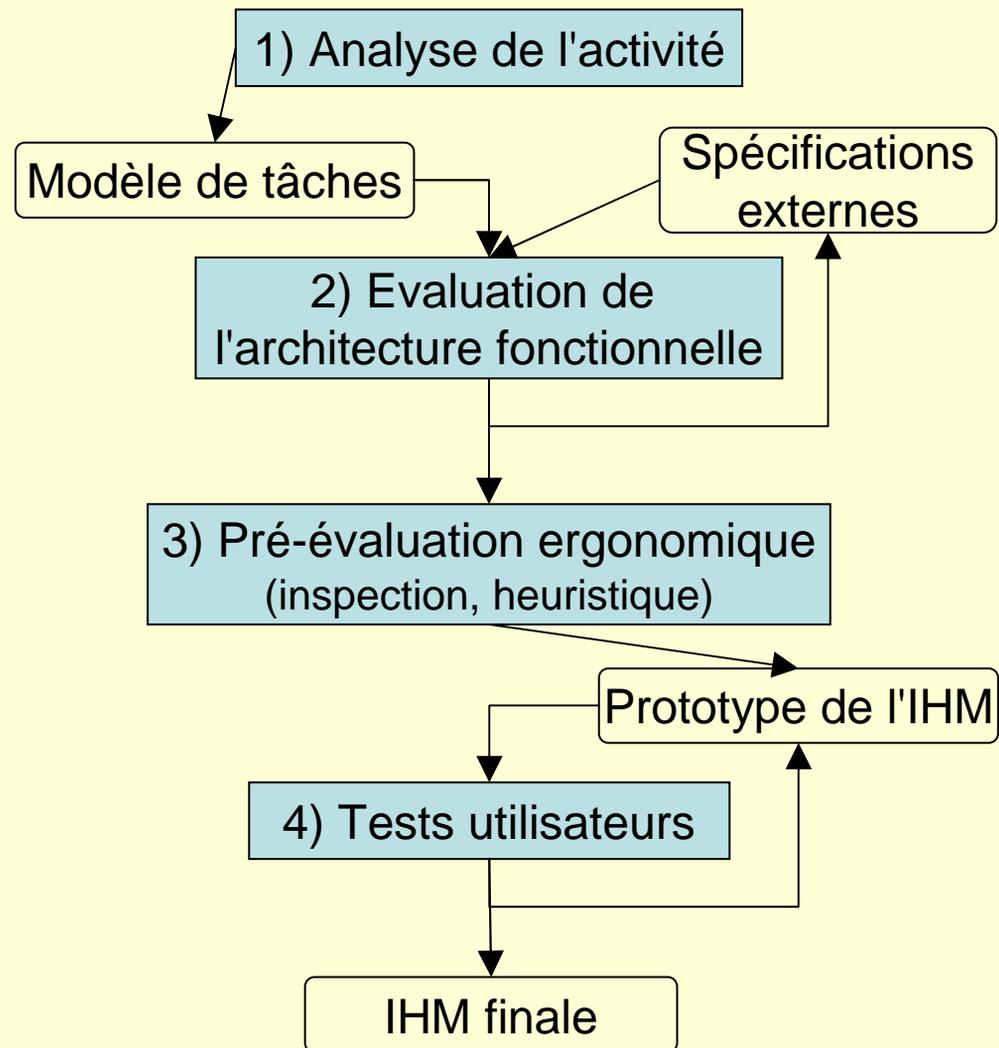
- Test des enchaînements de fenêtres indépendamment de la représentation externe

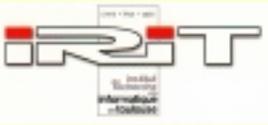
## ■ Étape 3

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

## ■ Étape 4

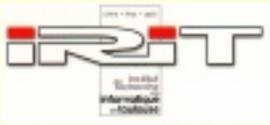
- Mise en situation d'utilisateurs finaux





# Outils et méthodes pour la conception ergonomique

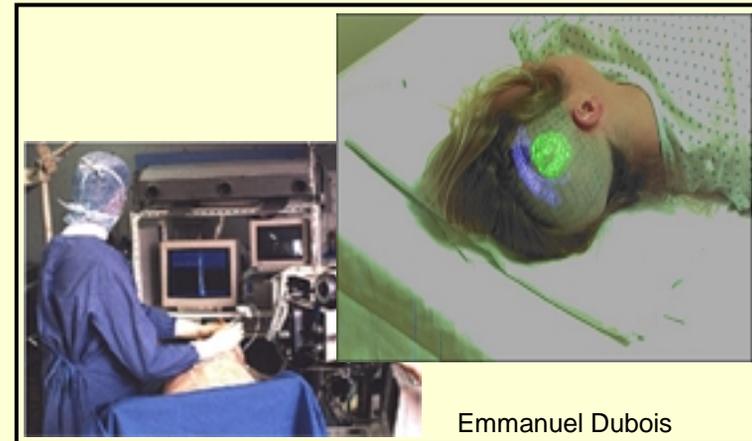
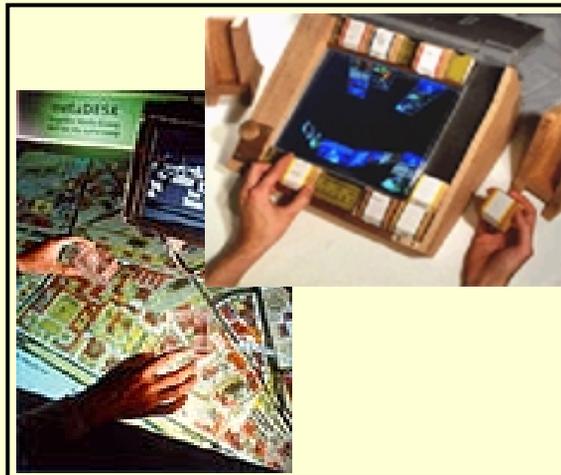
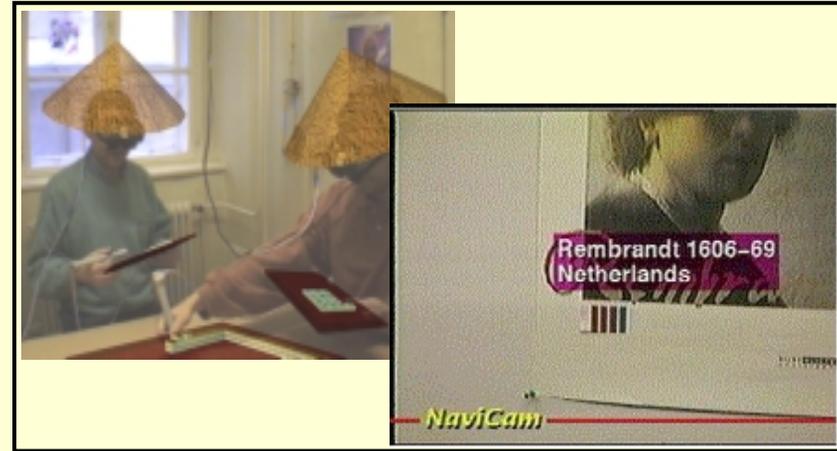
- **Etape 1 : analyse de l'activité**
  - Ergonomie du poste de travail
  - Identification des critères ergonomiques prépondérants pour la situation d'interaction
    - Exemple : pour les systèmes de Contrôle du trafic aérien, la protection contre les erreurs est essentielle
- **Etape 2 : évaluation 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

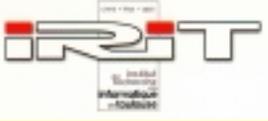
- **Système mixte : système interactif combinant entités physiques et numériques**
- **Exemples:**
  - **Réalité augmentée**
  - **Chirurgie augmentée**
  - **Virtualité augmentée**
  - **Etc.**





# 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

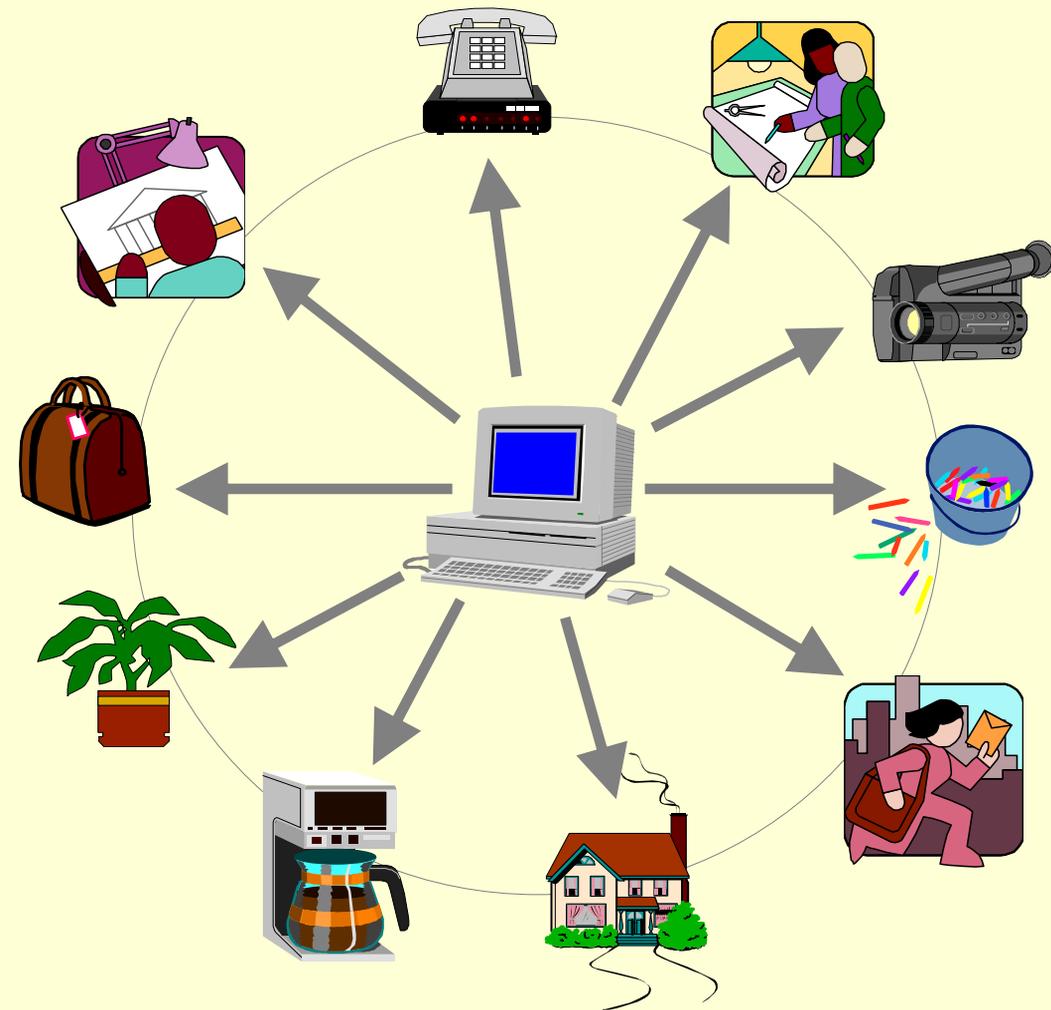


# Particularités des systèmes mixtes mobiles

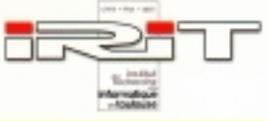
- **Présence du monde physique**
  - Entités, environnement, contraintes, (*contexte ?*)
- **Présence du monde numérique**
  - Apport de données, de capacités de traitements
  - Besoin d'entrées / sorties
- **Interaction largement plus complexe**
  - Utilisateur  $\leftrightarrow$  Système, *via une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

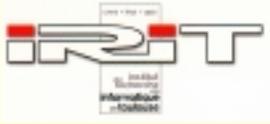
- **Exploration systématique des solutions de conception**
- **Support au raisonnement et aux choix de conception**
- **Réutilisabilité des composants de tels systèmes**
  
- **Mise en œuvre d'une méthode de conception incontournable**

**Mais ...**



# Quelle méthode de conception ?

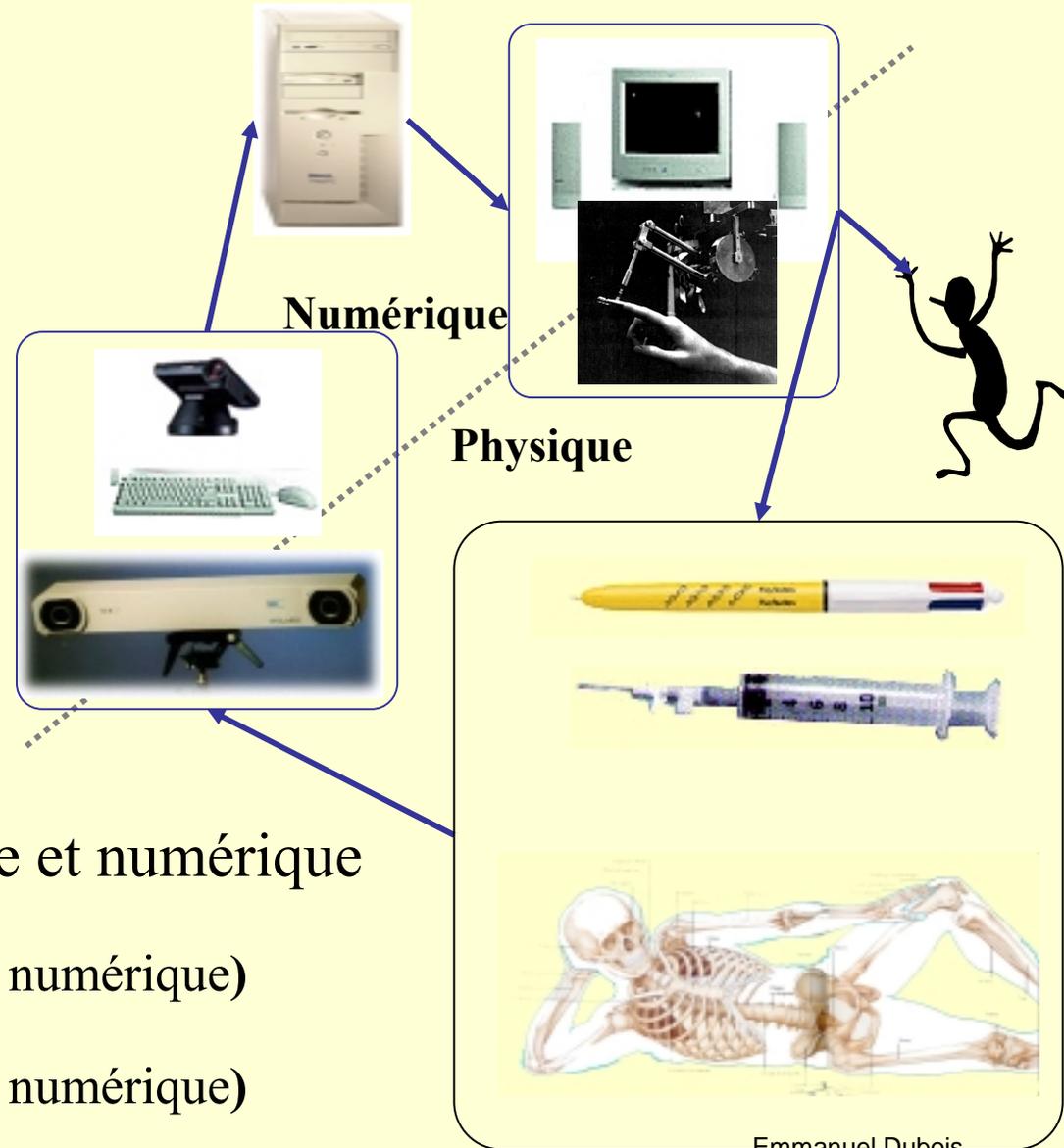
- **Pas de méthode de conception adaptée**
  - **Exemples**
    - **Analyse de tâches : pas de caractérisation des entités**
    - **UML : absence de représentation des entités physiques (*sauf actors*)**
    - **Prototypage / Participatory Design : pas de factorisation des solutions de conception**
  - **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**

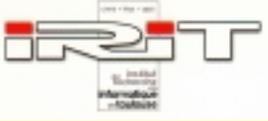


# La notation ASUR : principes et rôles

# Les composants ASUR

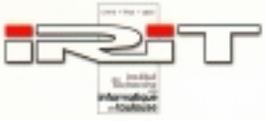
- **Utilisateur (U)**
- **Systeme informatique (S)**
- **Entités réelles**
  - **Outil ( $R_{tool}$ )**
  - **Objet de la tâche ( $R_{object}$ )**
- **Adaptateurs**  
relie les mondes physique et numérique
  - **En entrée ( $A_{in}$ )**  
(du monde physique vers le numérique)
  - **En sortie ( $A_{out}$ )**  
(du monde numérique vers le physique)



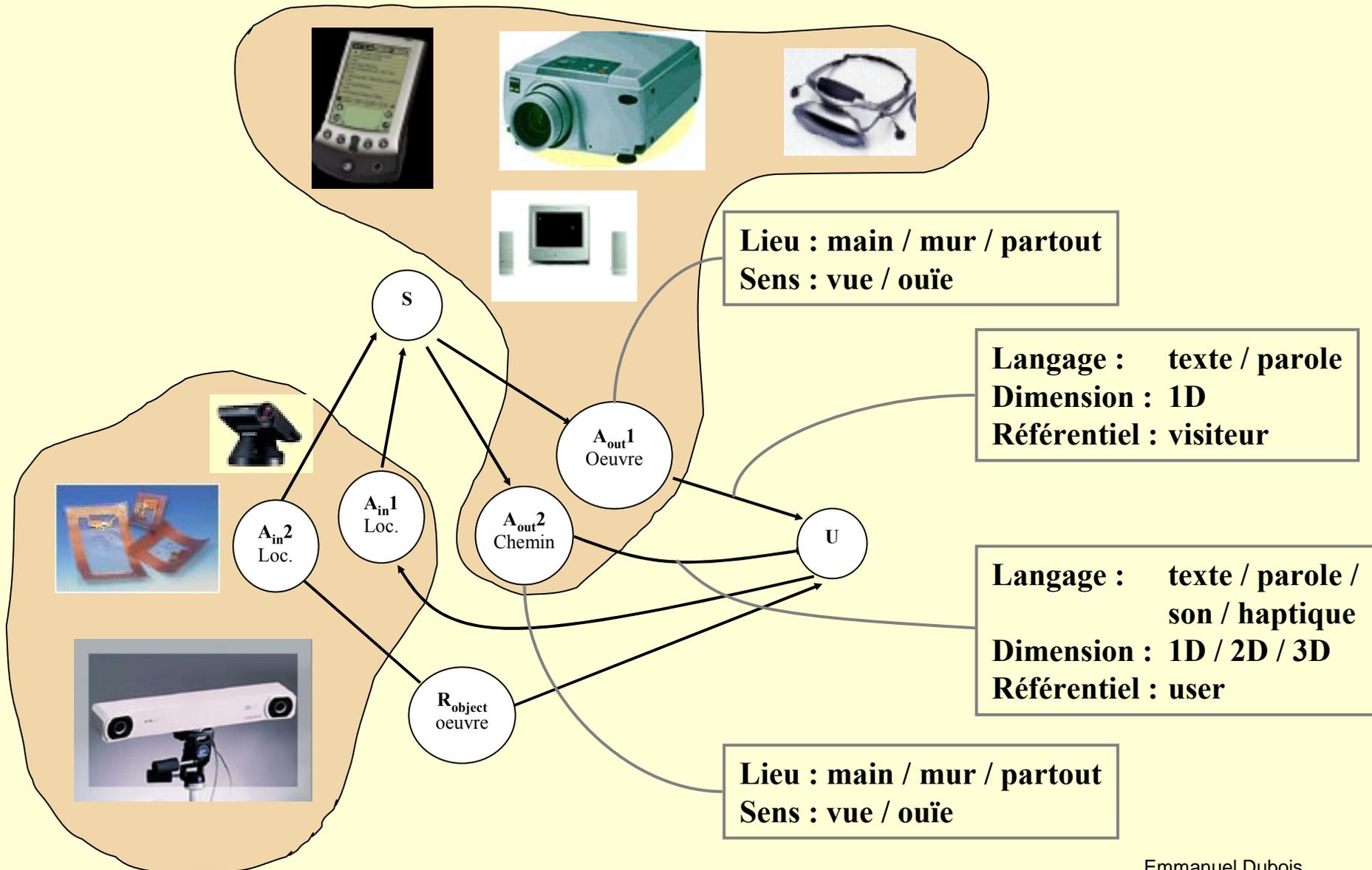


# Les relations ASUR

- **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





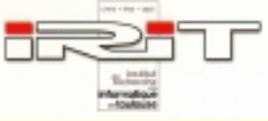
# Caractéristiques ASUR

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



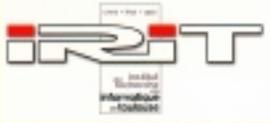
# Conclusions sur la notation ASUR

- **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*")**



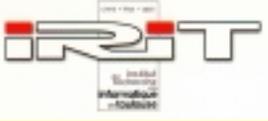
# Cas pratiques

- 1) Le musée assisté
- 2) CASPER



# **Le musée assisté**

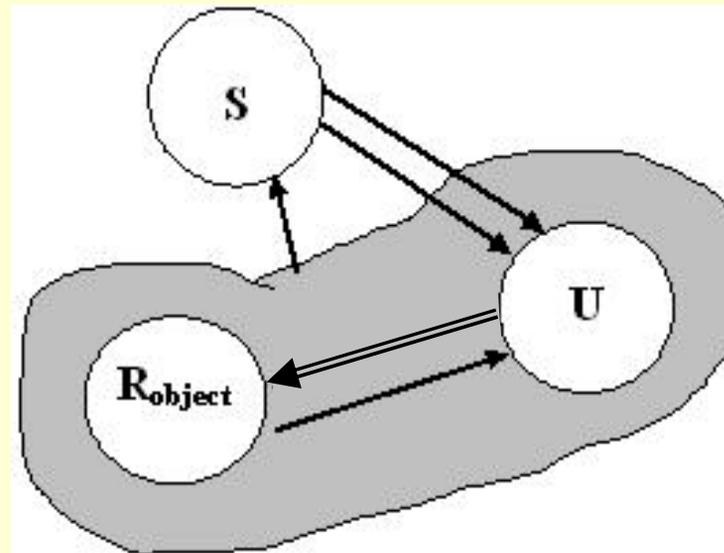
## **Processus de conception**



# Musée assisté

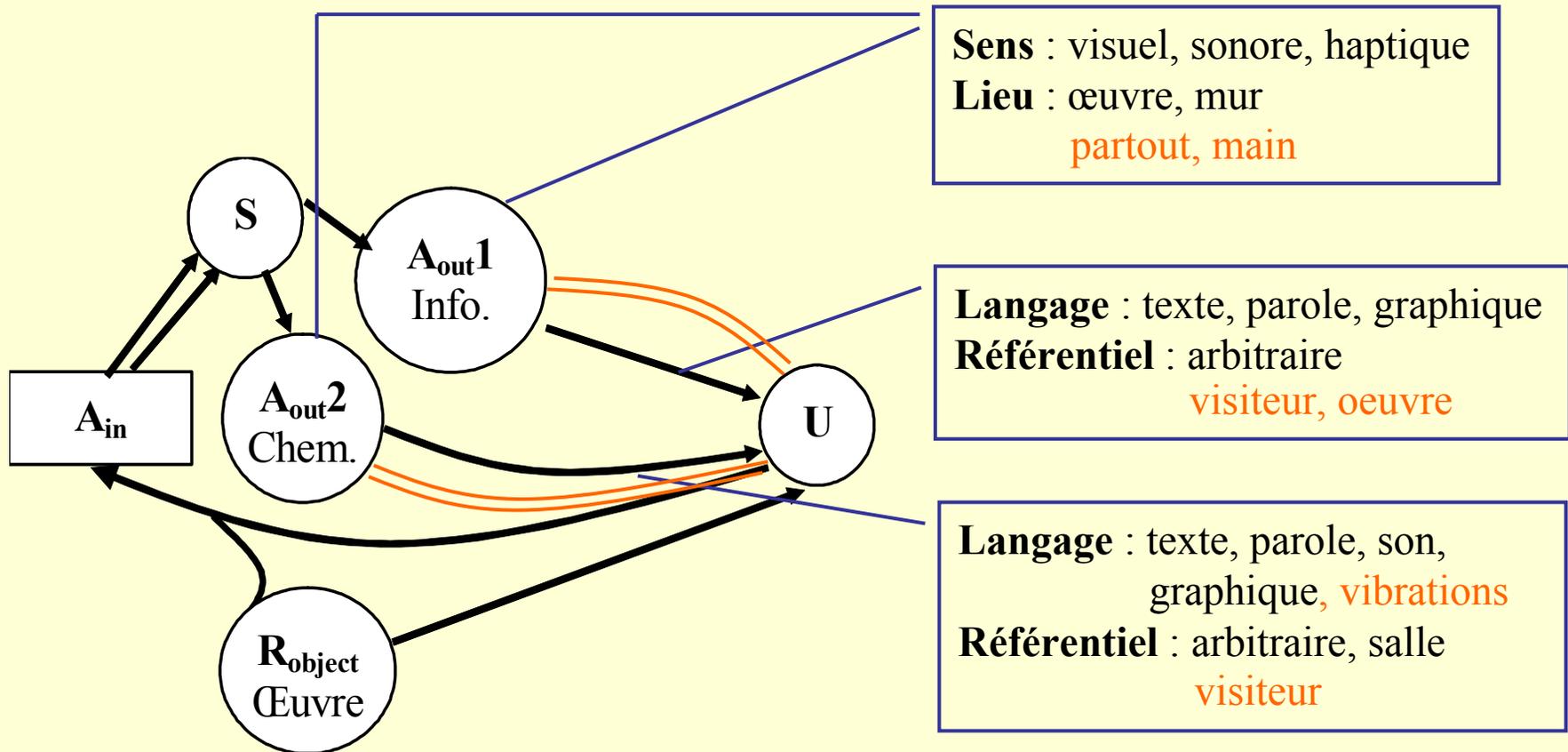
- **But : visite guidée d'un musée comprenant :**
  - Informations relatives aux oeuvres
  - Informations relatives au chemin à suivre  
*(en fonction de la position de l'utilisateur)*
- **Conditions d'utilisation**
  - Plusieurs œuvres réparties dans une ou plusieurs pièces
  - Plusieurs visiteurs mobiles,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

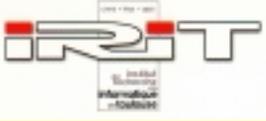
# Description abstraite de la situation d'interaction



# 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 $A_{out}$

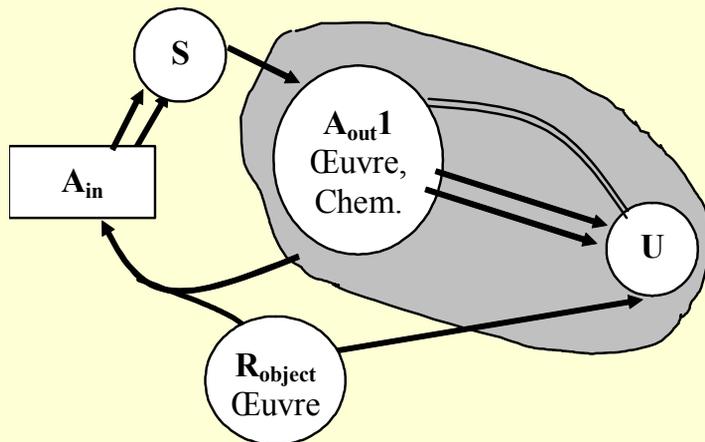
- Un seul  $A_{out}$  transmettant 2 types de données

- Réduction du choix en terme de caractéristiques ASUR

- Haptique et son à proscrire

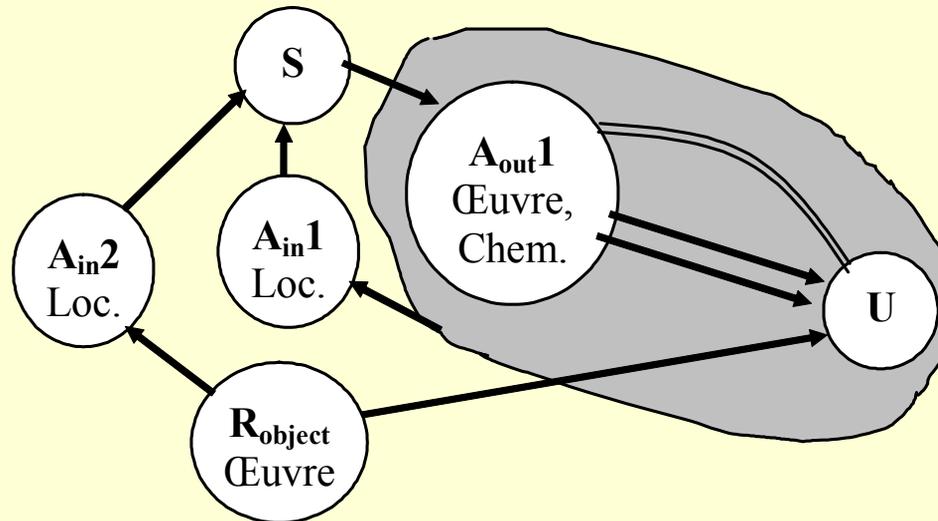
- Expérimentations requises au niveau cognitif

- texte | graphique



# Identification

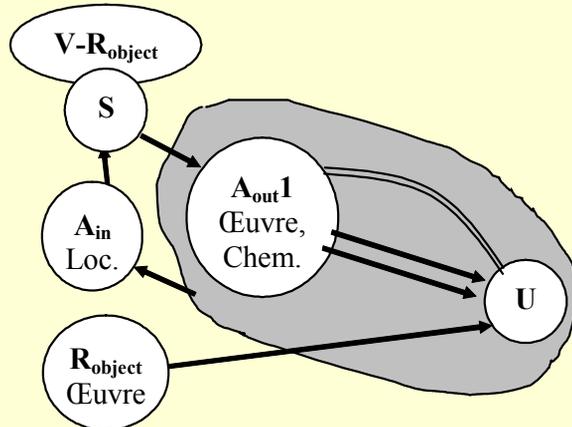
## des adaptateurs d'entrée ( $A_{in}$ )



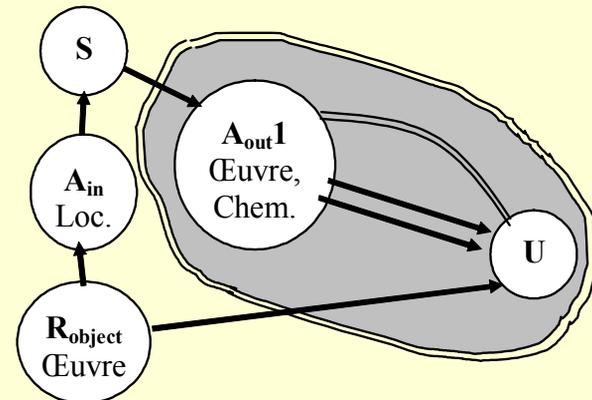
- **Problème du traitement et de la synchronisation des deux flots d'entrée pour la localisation**

# 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**



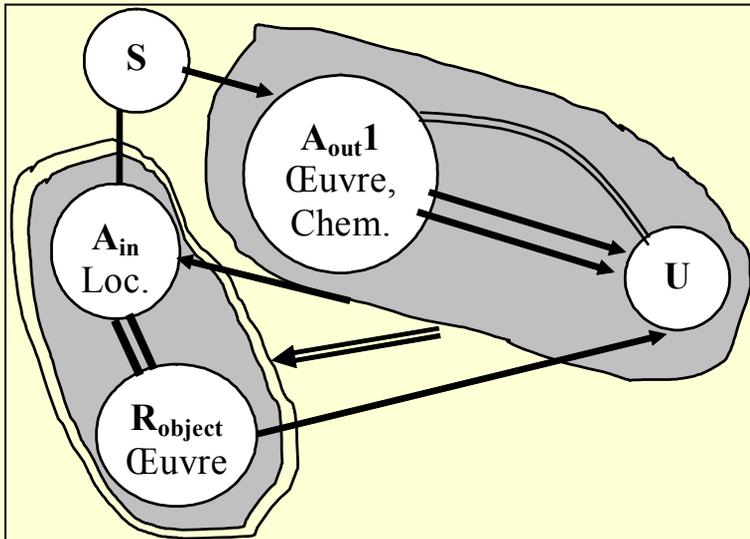
- **OU modélisation statique du temps de visite**



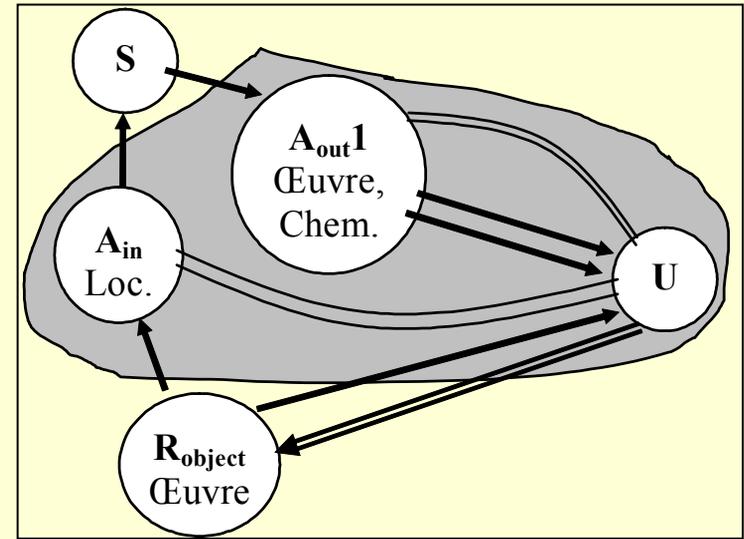
# Diminution du nombre de composants $A_{in}$

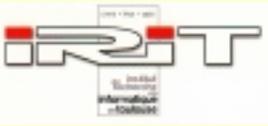
- Localisation simultanée des entités (regroupement)
  - Lier physiquement l'adaptateur à l'une des entités localisées

Lié à l'œuvre



Lié au visiteur



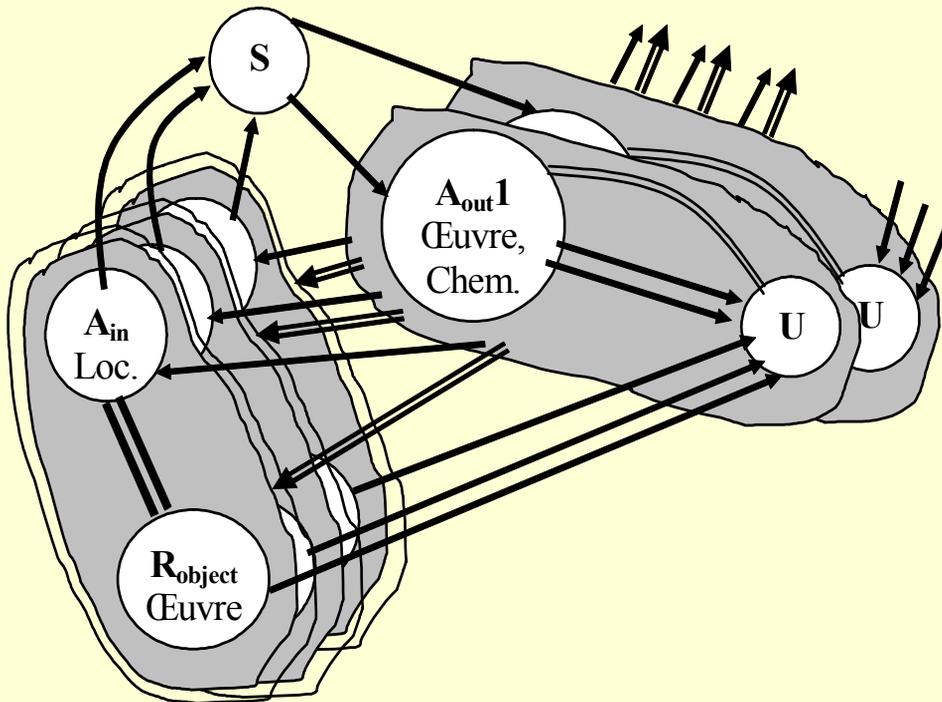


# Critères de choix de solutions pour les adaptateurs d'entrée ( $A_{in}$ )

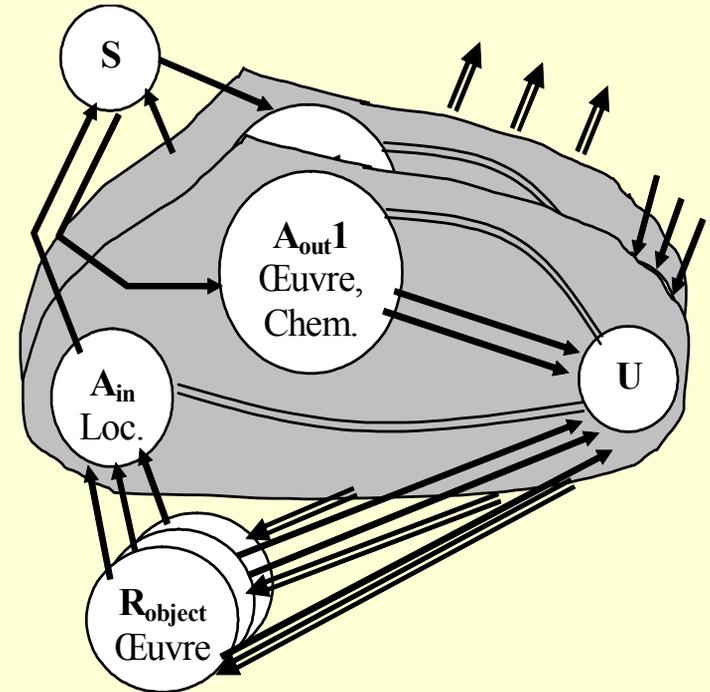
- **Modifications à apporter aux entités physiques**
  - Dégradation de l'œuvre
  - Insertion dans l'exposition
  - Encombrement du visiteur
  
- **Considérations logicielles liées aux solutions**
  - Reconnaissance et traitement d'images peu performants
  
- **Confrontation avec la situation d'interaction**
  - Usage du son dans le musée (perturbant ou "isolant")
  - Déploiement de la solution à l'échelle ...

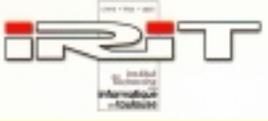
# Passage à l'échelle

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

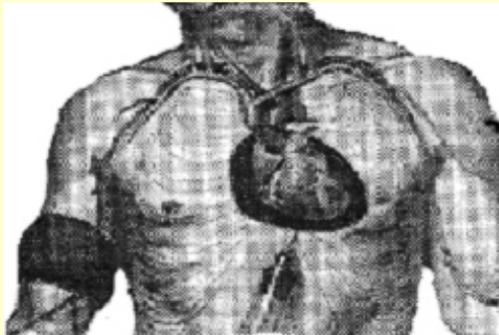
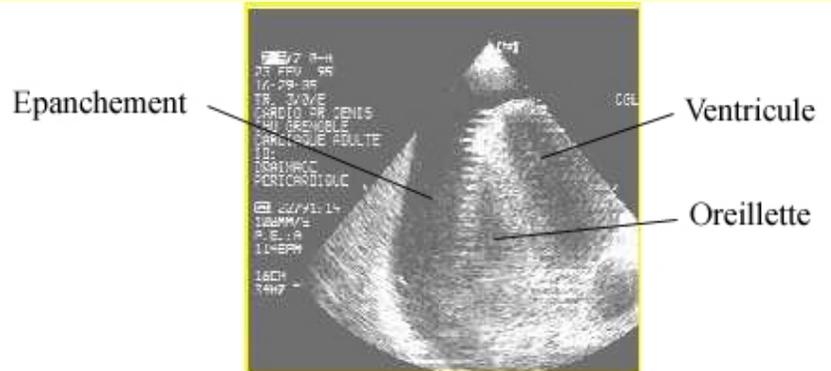
**Rétro-conception "ergonomique"**

# CASPER :

## Computer Assisted PERicardial puncture

### Ponction péricardique

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

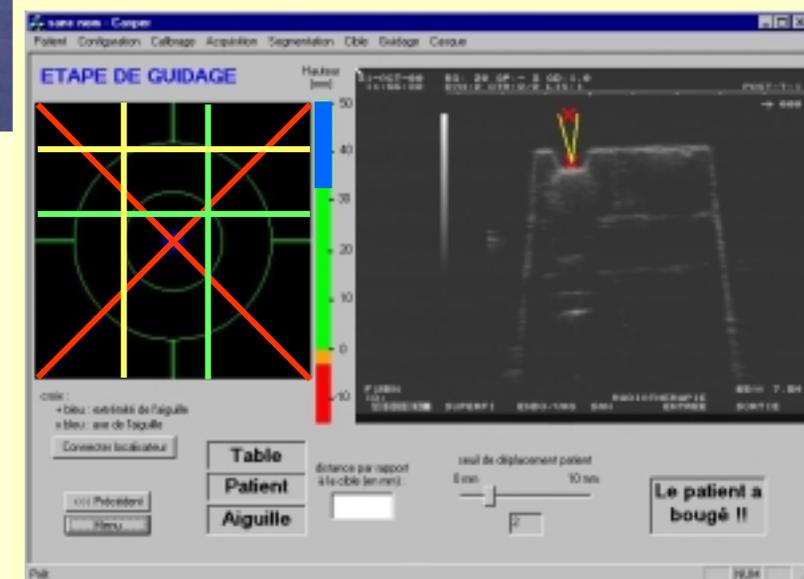
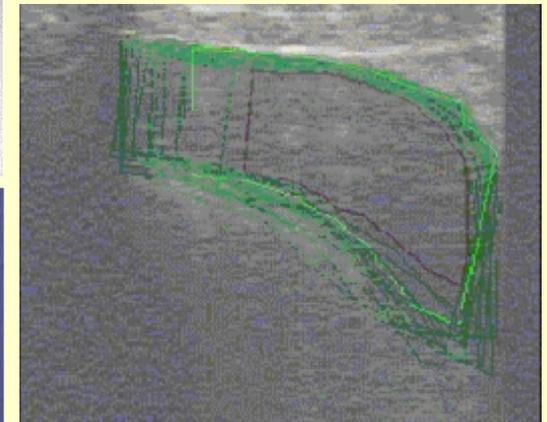


### Avec CASPER

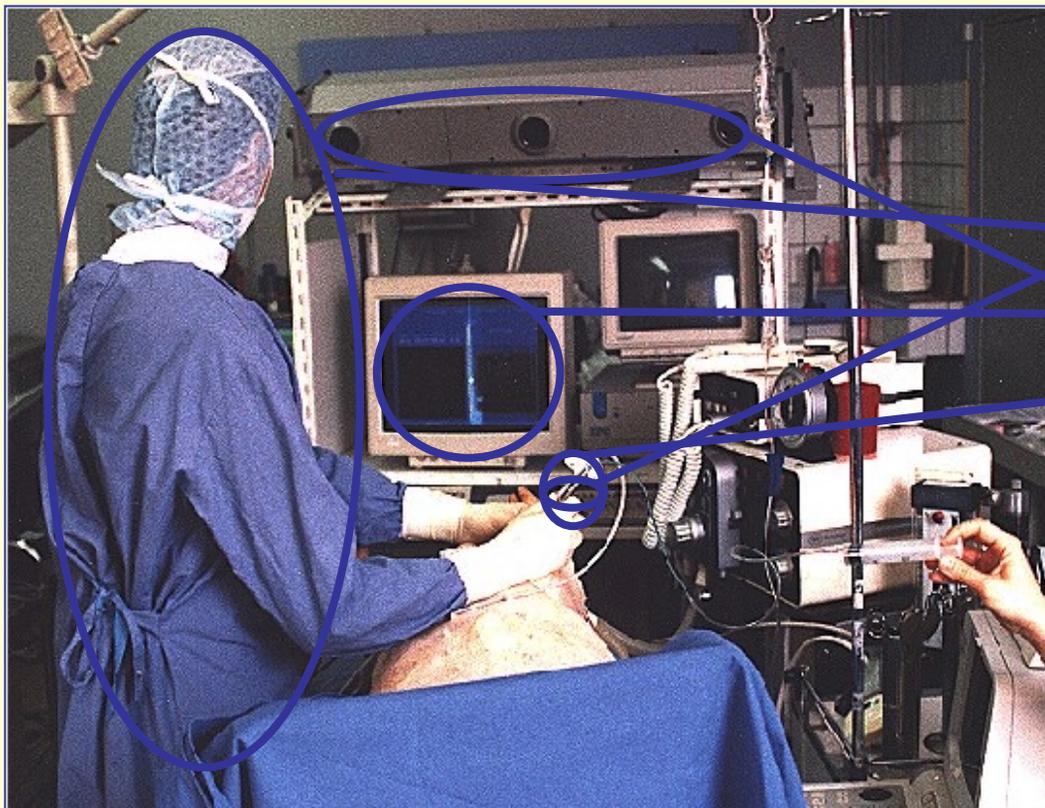
- **Informations de guidage**
  - Geste mini-invasif pour petits épanchements
- **Equipes de développement**
  - TIMC - GMCAO
  - CLIPS - IHM
  - CHU
- **Conception itérative**
- **Validation clinique en cours**

# 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

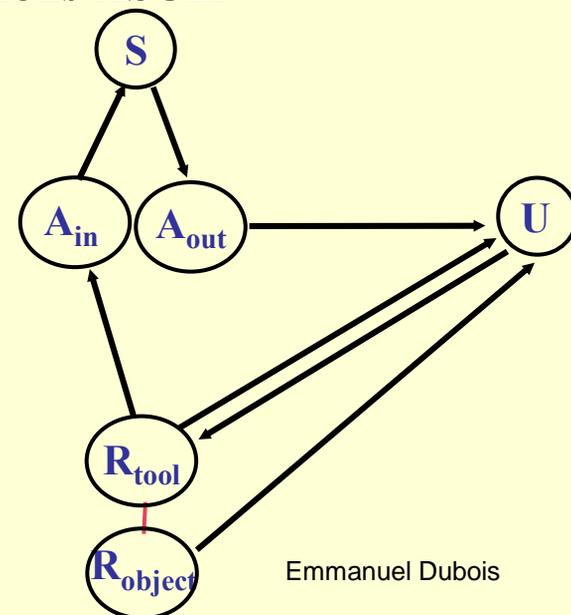
$U$  : Chirurgien

$A_{out}$  : Ecran

$A_{in}$  : Localisateur  
(caméra + diodes)

$S$  : Ordinateur

## Relations ASUR





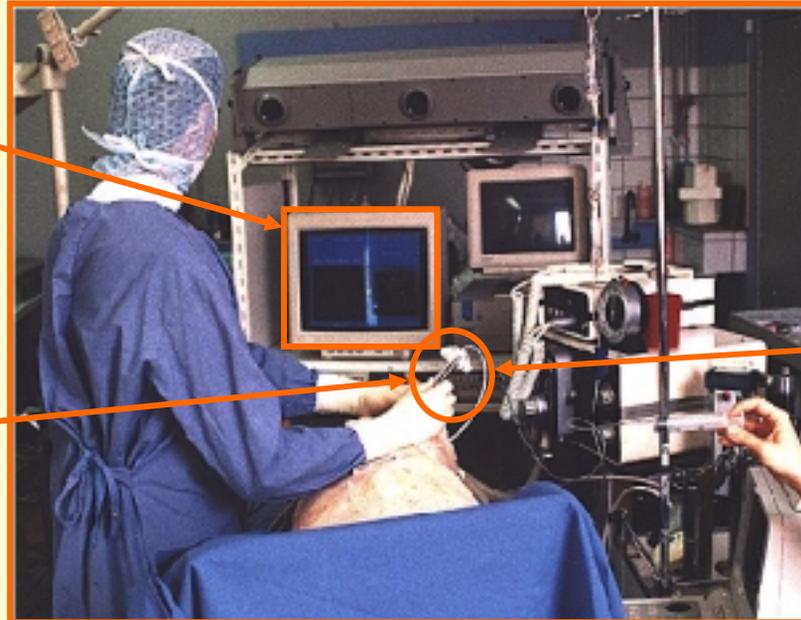
# Caractéristiques des composants ASUR

**Composant  $A_{out}$**

Visuel  
Ecran

**Composant  $R_{tool}$**

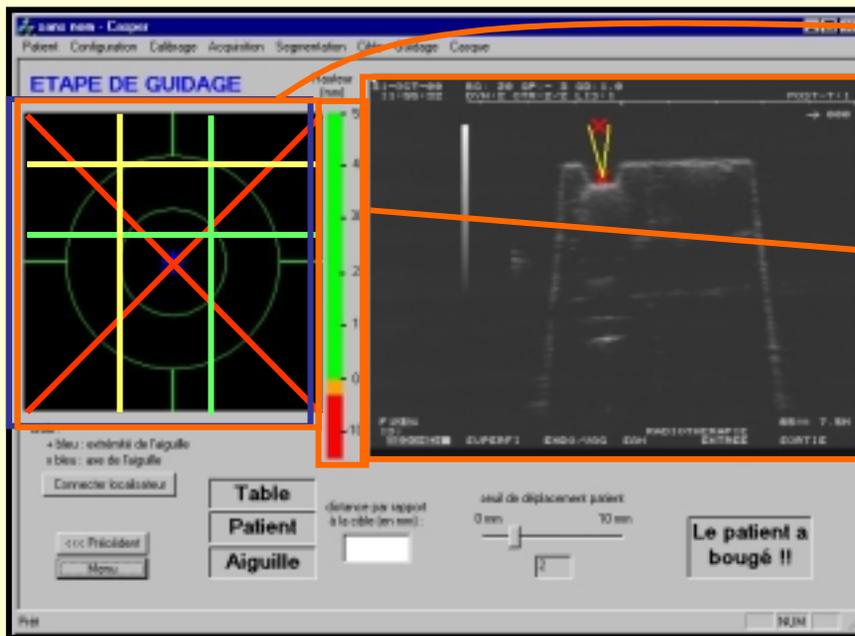
Visuel / Haptique  
Champ opératoire



**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

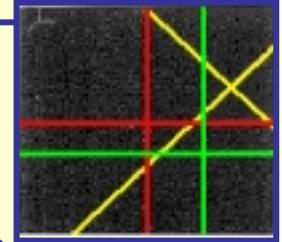
Echo. :

langage : graphique 2D  
Référentiel : Sonde écho.

# Etude de la continuité

(lieu et sens de perception)

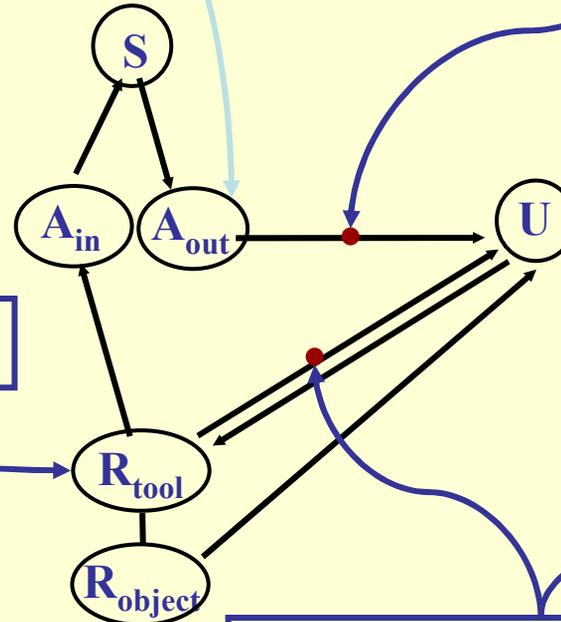
Langage = 2D, arbitraire,  
Référentiel = Trajectoire



<Visuel, écran>

**Discontinuité  
Perceptuelle**

<Visuel, champ opératoire>



**Discontinuité  
Cognitive**

Langage = 3D, réalité,  
Référentiel = Utilisateur

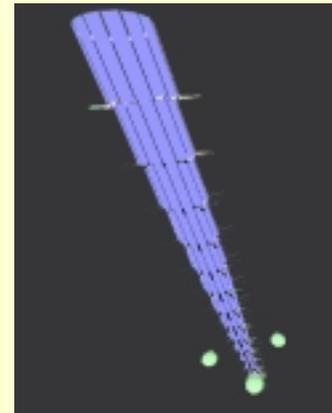
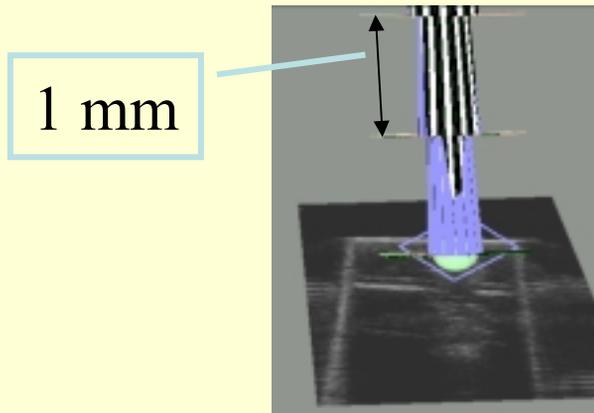


# Solutions de rétro-conception

- Au niveau perceptuel : un nouvel adaptateur

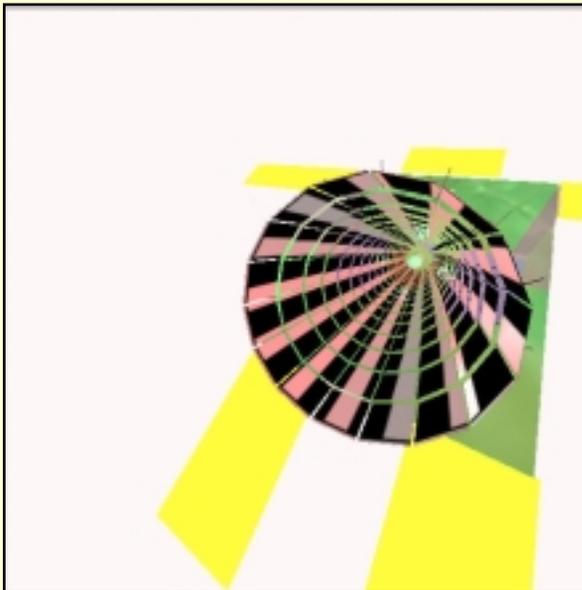


- Au niveau cognitif : une représentation 3D  
3 référentiels de présentation

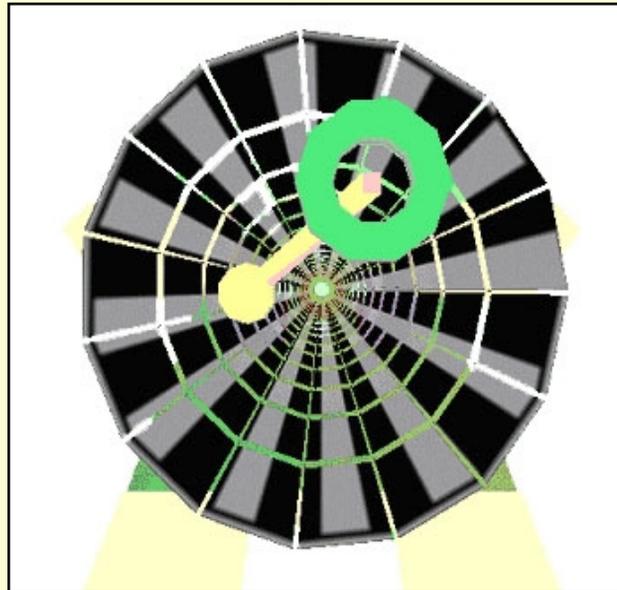


# Référentiels de présentation

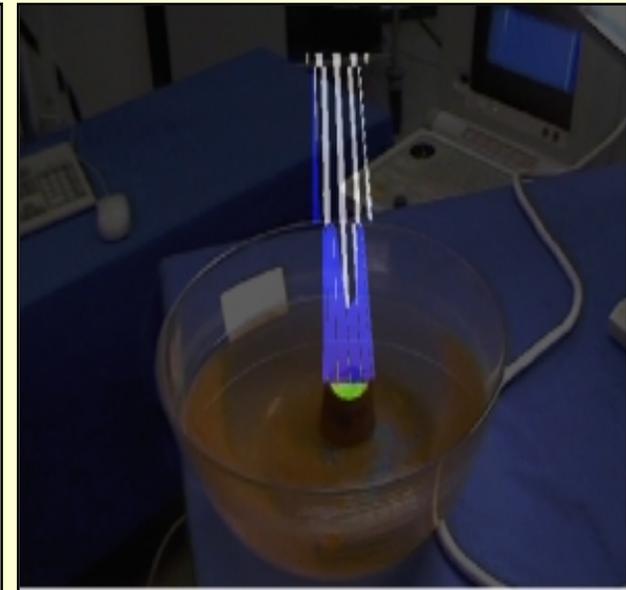
## Aiguille

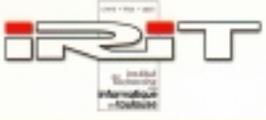


## Trajectoire



## Utilisateur





# Validation expérimentale

## Energie de l'erreur

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

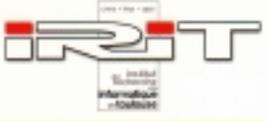
## Durée

- 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

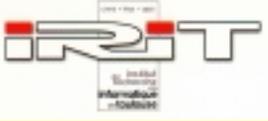
- Modèles, composants mixtes et patrons de conception réutilisables

### → Evolutions de la notation ASUR

- Outil support de la notation et de ses rôles

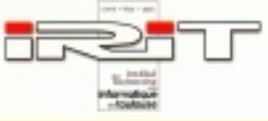
- Caractéristiques complémentaires, affinement

- Impact sur la lisibilité ?



## Perspectives (2)

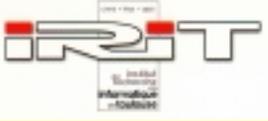
- Facteurs humains et IHM
- Génie Logiciel
- **Domaines d'application**
  - Médico-chirurgical
  - Mobilité (*maintenance, visualisation*)
  - Jeux en environnements mixtes
  - **Plus généralement** : les systèmes mixtes dans lesquels les données et services sont partagés entre plusieurs entités (objets, 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 ?**