

Utilisation de la programmation synchrone pour la spécification et la validation de systèmes interactifs

Thèse

présentée par

Laya Madani

sous la direction de

Farid Ouabdesselam et Ioannis Parissis

Université Joseph Fourier Grenoble 1
Discipline Informatique
Laboratoire Informatique de Grenoble

29 octobre 2007

Contexte : validation de systèmes interactifs

- Systèmes interagissant avec un utilisateur.
 - Accès à des services commerciaux (téléphones mobiles, systèmes de réservation, ...).
 - Contrôle des systèmes critiques (contrôle de vol, ...).
 - Jeux.
 - Applications de réalité virtuelle.

Contexte : validation de systèmes interactifs

Exemple d'un système interactif : l'application Multimodale Memo



- Développé au laboratoire CLIPS.
- L'application interactive Memo permet d'annoter des localisations physiques avec des notes digitales.
- L'utilisateur peut changer de localisation ou d'orientation et manipuler d'une note (récupérer, placer et supprimer une note).

Contexte : validation de systèmes interactifs

Exemple d'un système interactif : l'application Multimodale Memo



- Développé au laboratoire CLIPS.
- L'application interactive Memo permet d'annoter des localisations physiques avec des notes digitales.
- L'utilisateur peut changer de localisation ou d'orientation et manipuler d'une note (récupérer, placer et supprimer une note).

Contexte : validation de systèmes interactifs

Exemple d'un système interactif : l'application Multimodale Memo



- Développé au laboratoire CLIPS.
- L'application interactive Memo permet d'annoter des localisations physiques avec des notes digitales.
- L'utilisateur peut changer de localisation ou d'orientation et manipuler d'une note (récupérer, placer et supprimer une note).

Contexte : validation de systèmes interactifs

- Les systèmes interactifs deviennent de plus en plus complexes.
 - Taille du code augmente (fonctions plus puissantes et plus nombreuses).
 - Multiples techniques d'interaction (la voix, le geste, ...).
- La complexification augmente le risque d'erreur

La validation de systèmes interactifs est un enjeu très important.

Contexte : validation de systèmes interactifs

- Les systèmes interactifs deviennent de plus en plus complexes.
 - Taille du code augmente (fonctions plus puissantes et plus nombreuses).
 - Multiples techniques d'interaction (la voix, le geste, ...).
- La complexification augmente le risque d'erreur

La validation de systèmes interactifs est un enjeu très important.

Contexte : validation de systèmes interactifs

- Les systèmes interactifs deviennent de plus en plus complexes.
 - Taille du code augmente (fonctions plus puissantes et plus nombreuses).
 - Multiples techniques d'interaction (la voix, le geste, ...).
- La complexification augmente le risque d'erreur

La validation de systèmes interactifs est un enjeu très important.

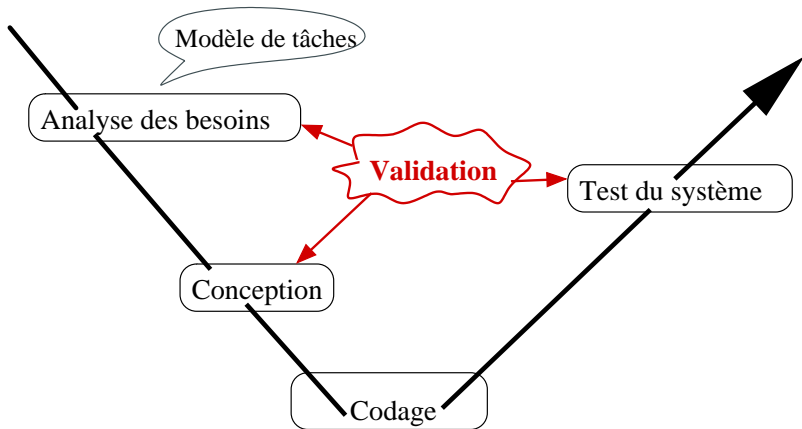
Contexte : validation de systèmes interactifs

- Les exigences attendues des systèmes interactifs s'expriment en termes d'utilisabilité.
- L'utilisabilité d'un système interactif caractérise sa capacité à permettre à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs avec efficacité, en tout confort et sécurité.
 - Atteignabilité.
 - Observabilité.
 - Prévisibilité.
 -

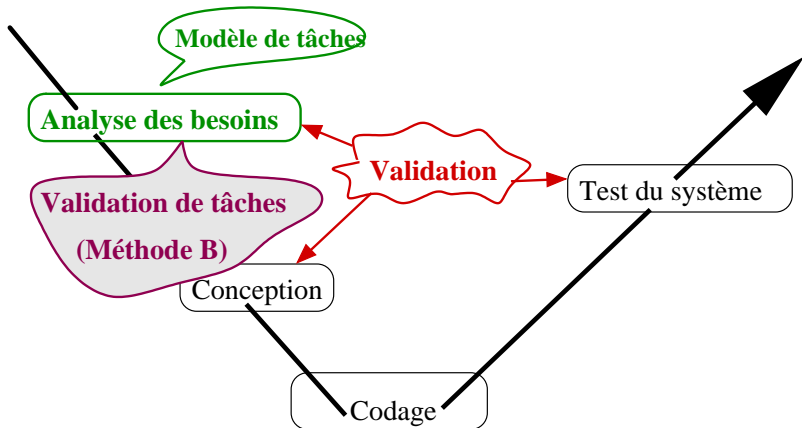
Contexte : validation de systèmes interactifs

- Plusieurs méthodes ont été réalisées pour évaluer l'utilisabilité. Selon [Ivory] ses méthodes sont classées :
 - 1 Évaluation expérimentale (utilisateurs réels)
 - 2 Inspection (examiner l'interface par rapport à un ensemble de critères).
 - 3 Interrogation (enquêtes).
 - 4 **Analyse de modèles** (pour générer des prédictions d'utilisabilité).
 - 5 **Simulation** (pour imiter l'interaction et rapporter les résultats).

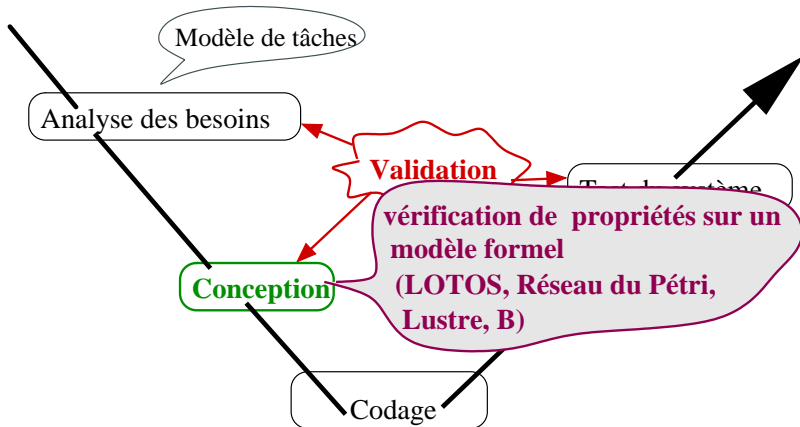
Contexte : validation de systèmes interactifs



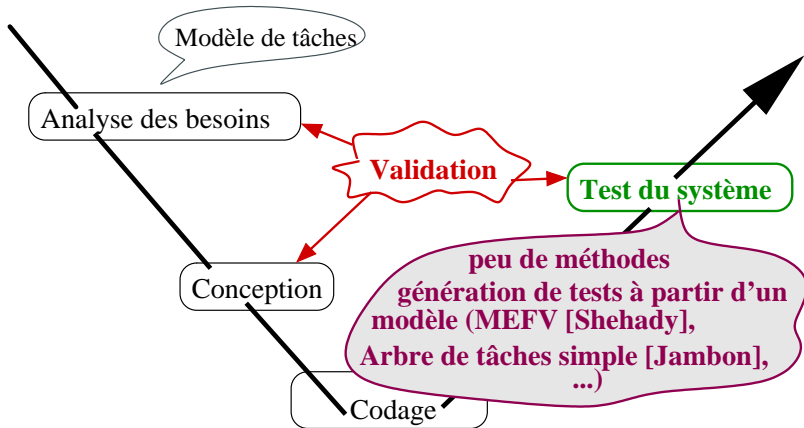
Contexte : validation de systèmes interactifs



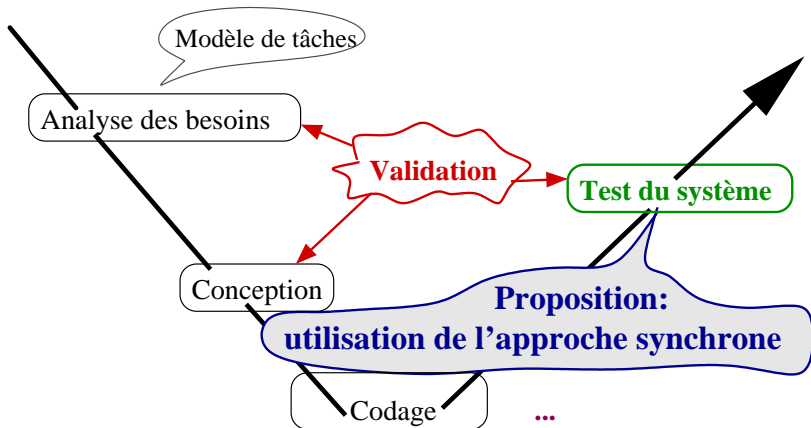
Contexte : validation de systèmes interactifs



Contexte : validation de systèmes interactifs



Proposition : utilisation de l'approche synchrone



Proposition : utilisation de l'approche synchrone

- L'approche synchrone facilite la modélisation de l'interaction.
- Le langage synchrone Lustre a déjà été utilisé pour la spécification et la vérification de systèmes interactifs.
 - L'interface graphique [Bruno d'Ausbourg, Pierre Roché].
 - Services téléphoniques [Nicolas Zuanon, Lydie du Bousquet].
- L'outil de test synchrone Lutess.

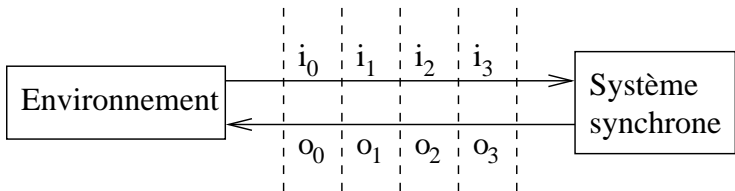
Sommaire

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 Validation de systèmes interactifs multimodaux
 - Contexte et définitions
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 Conclusion et perspectives
 - Conclusion
 - Perspectives

Lignes directrices

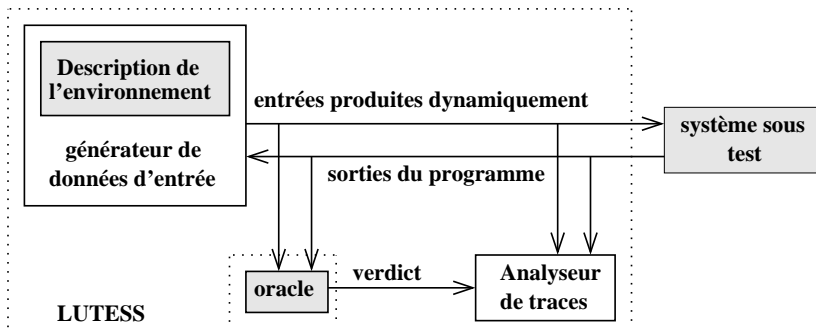
- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 Validation de systèmes interactifs multimodaux
 - Contexte et définitions
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 Conclusion et perspectives
 - Conclusion
 - Perspectives

L'approche synchrone



- En théorie, le programme synchrone réagit instantanément.
- En pratique, il est assez rapide pour percevoir toute évolution de son environnement.

Lutess

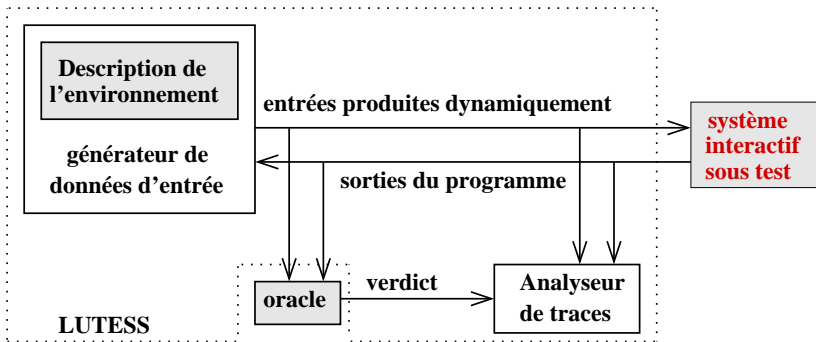


- Spécification partielle de l'environnement en Lustre.
- Plusieurs techniques de guidage :
 - Profils opérationnels, ...

Lignes directrices

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - **Validation de systèmes interactifs avec Lutess**
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 Validation de systèmes interactifs multimodaux
 - Contexte et définitions
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 Conclusion et perspectives
 - Conclusion
 - Perspectives

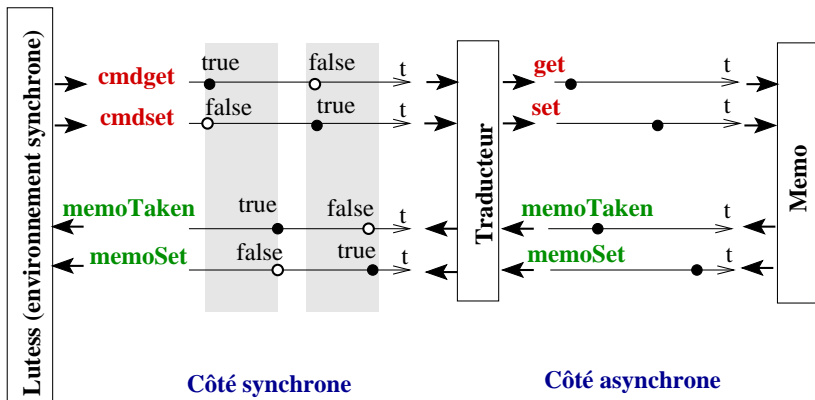
Validation de systèmes interactifs avec Lutess



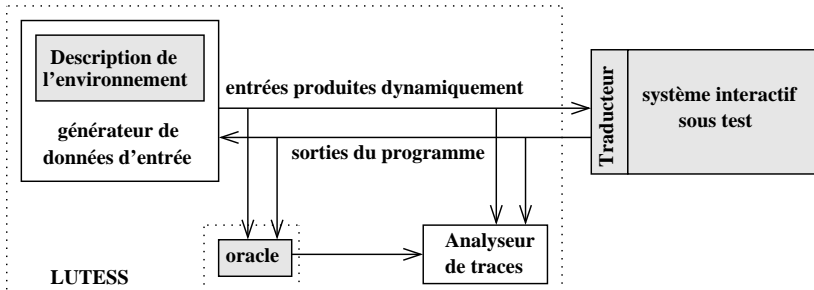
- 1 **Adaptation de l'approche synchrone au test des systèmes interactifs.**
- 2 Oracle de test de systèmes interactifs.
- 3 Description de l'environnement de systèmes interactifs.

Validation de systèmes interactifs avec Lutess

Adaptation de l'approche synchrone



Test de systèmes interactifs avec Lutess



- 1 Adaptation de l'approche synchrone au test des systèmes interactifs.
- 2 **Oracle de test de systèmes interactifs.**
- 3 Description de l'environnement de systèmes interactifs.

Test de systèmes interactifs avec Lutess

L'oracle d'un système interactif sous test

- Propriétés fonctionnelles.
 - valider la partie contrôle du système interactif
 - tester qu'une succession d'événements d'entrée conduit à une séquence adéquate d'événements de sortie

Exemple

Entre l'instant où l'utilisateur voit une note et l'instant où il ne voit plus de note, l'utilisateur a bougé ou tourné ou il a effectué une commande "get" ou "remove"

En Lustre

```
once_from_to((move or turn or cmdget or cmdremove),  
             memoDisplayed, not memoDisplayed)
```

Test de systèmes interactifs avec Lutess

L'oracle d'un système interactif sous test

- Propriétés fonctionnelles.
 - valider la partie contrôle du système interactif
 - tester qu'une succession d'événements d'entrée conduit à une séquence adéquate d'événements de sortie

Exemple

Entre l'instant où l'utilisateur voit une note et l'instant où il ne voit plus de note, l'utilisateur a bougé ou tourné ou il a effectué une commande "get" ou "remove"

En Lustre

```
once_from_to((move or turn or cmdget or cmdremove),  
             memoDisplayed, not memoDisplayed)
```

Test de systèmes interactifs avec Lutess

L'oracle d'un système interactif sous test

- Propriétés fonctionnelles.
 - valider la partie contrôle du système interactif
 - tester qu'une succession d'événements d'entrée conduit à une séquence adéquate d'événements de sortie

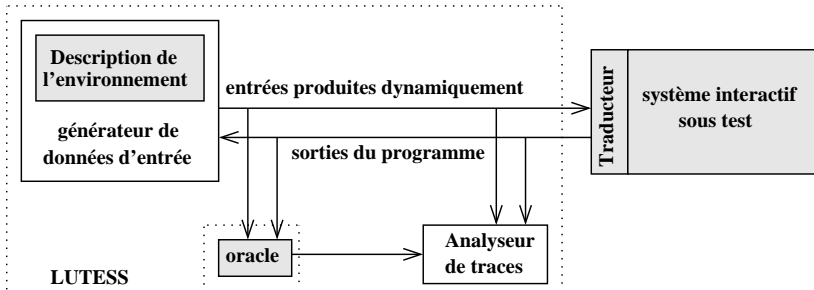
Exemple

Entre l'instant où l'utilisateur voit une note et l'instant où il ne voit plus de note, l'utilisateur a bougé ou tourné ou il a effectué une commande "get" ou "remove"

En Lustre

```
once_from_to((move or turn or cmdget or cmdremove),  
             memoDisplayed, not memoDisplayed)
```

Test de systèmes interactifs avec Lutess



- 1 Adaptation de l'approche synchrone au test des systèmes interactifs.
- 2 Oracle de test de systèmes interactifs.
- 3 **Description de l'environnement de systèmes interactifs.**

Test de systèmes interactifs avec Lutess

Description de l'environnement

- L'environnement d'un système interactif est le comportement de l'utilisateur
 - Contraintes sur les actions de l'utilisateur

Exemple

A un instant donné, l'utilisateur ne peut pas envoyer plus d'une commande.

En Lustre

```
AtMostOne (cmdget, cmdset, cmdremove)
```

Test de systèmes interactifs avec Lutess

Description de l'environnement

- L'environnement d'un système interactif est le comportement de l'utilisateur
 - Contraintes sur les actions de l'utilisateur

Exemple

A un instant donné, l'utilisateur ne peut pas envoyer plus d'une commande.

En Lustre

```
AtMostOne (cmdget, cmdset, cmdremove)
```

Test de systèmes interactifs avec Lutess

Description de l'environnement : guidage de la génération

- Tester l'application d'une manière plus réaliste :
 - Profils opérationnels
 - Probabilité d'occurrence d'actions d'entrée

Exemple

L'utilisateur fait très probablement une commande "get" quand une note est affichée, sinon il bouge.

```
proba ((cmdget, 0.8, pre memoDisplayed),  
      (move, 0.8, not pre memoDisplayed));
```

Test de systèmes interactifs avec Lutess

Description de l'environnement : guidage de la génération

- Tester l'application d'une manière plus réaliste :
 - Profils opérationnels
 - Probabilité d'occurrence d'actions d'entrée

Exemple

L'utilisateur fait très probablement une commande "get" quand une note est affichée, sinon il bouge.

```
proba ((cmdget, 0.8, pre memoDisplayed),  
      (move, 0.8, not pre memoDisplayed));
```


Test de systèmes interactifs avec Lutess

Bilan

- Proposition d'un traducteur permettant de synchroniser/désynchroniser les événements.
- Utilisation de l'outil synchrone Lutess.
 - L'oracle en Lustre permet de valider des propriétés (fonctionnelles, liées au contrôle).
 - Permet d'engendrer des scénarios de test pertinents.
- L'utilisation de Lutess pour tester les systèmes interactifs nécessite une spécification partielle du comportement de l'utilisateur en Lustre
 - Lustre n'est pas utilisé dans la communauté IHM
 - Proposition : utiliser l'arbre de tâches
Notation CTT (Concur Task Tree)

Test de systèmes interactifs avec Lutess

Bilan

- Proposition d'un traducteur permettant de synchroniser/désynchroniser les événements.
- Utilisation de l'outil synchrone Lutess.
 - L'oracle en Lustre permet de valider des propriétés (fonctionnelles, liées au contrôle).
 - Permet d'engendrer des scénarios de test pertinents.
- L'utilisation de Lutess pour tester les systèmes interactifs nécessite une spécification partielle du comportement de l'utilisateur en Lustre
 - Lustre n'est pas utilisé dans la communauté IHM
 - Proposition : utiliser l'arbre de tâches
Notation CTT (Concur Task Tree)

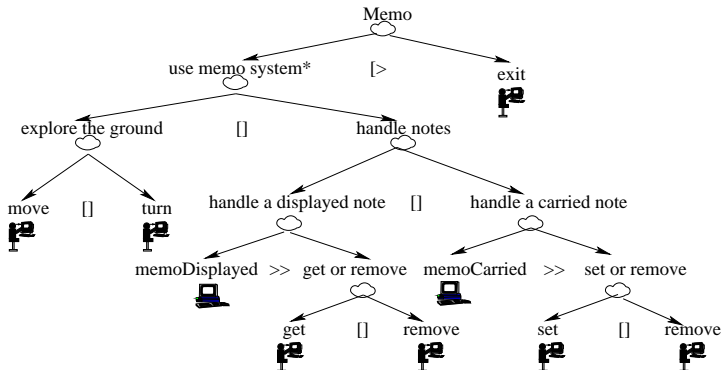
Lignes directrices

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - **Génération de données de test à partir d'arbres de tâches**
- 2 Validation de systèmes interactifs multimodaux
 - Contexte et définitions
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 Conclusion et perspectives
 - Conclusion
 - Perspectives

Modèle de tâches

Concur Task Trees modèle CTT

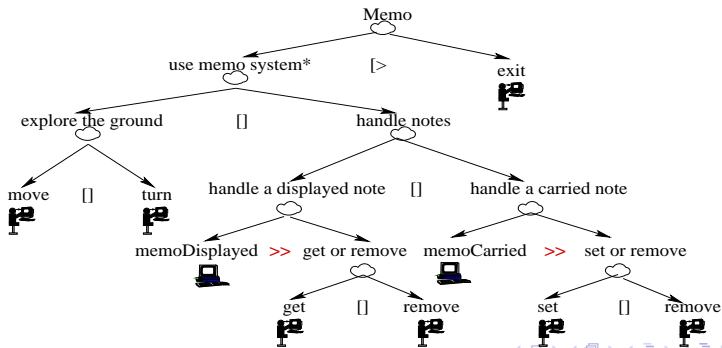
- Structure hiérarchique.
- Syntaxe graphique.
- Plusieurs opérateurs temporels.



Modèle de tâche

Opérateurs temporels

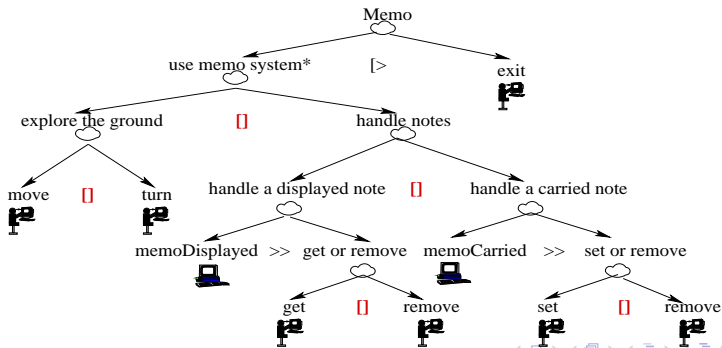
- $T1 \gg T2$: activation
T2 activée par l'exécution de la tâche T1



Modèle de tâche

Opérateurs temporels

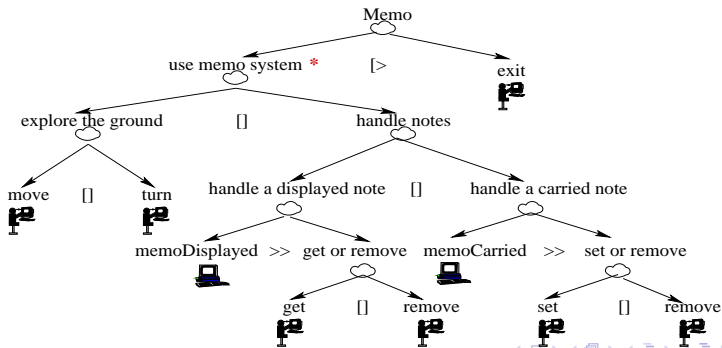
- $T1 >> T2$: activation
T2 activée par l'exécution de la tâche T1
- $T1 [] T2$: choix
Une seule des tâches T1 et T2 est exécutée



Modèle de tâche

Opérateurs temporels

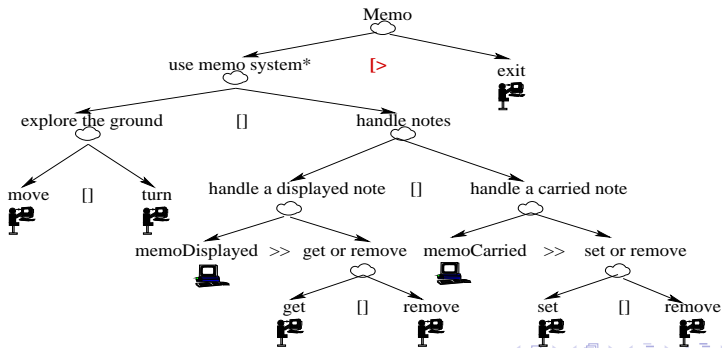
- $T1 >> T2$: activation
T2 activée par l'exécution de la tâche T1
- $T1 [] T2$: choix
Une seule des tâches T1 et T2 est exécutée
- T^* : itération
T exécutée de manière itérative



Modèle de tâche

Opérateurs temporels

- $T1 >> T2$: activation
T2 activée par l'exécution de la tâche T1
- $T1 [] T2$: choix
Une seule des tâches T1 et T2 est exécutée
- ...
- T^* : itération
T exécutée de manière itérative
- $T1 [> T2$: désactivation
T1 désactivée avec la première action de T2



Modèle de tâche

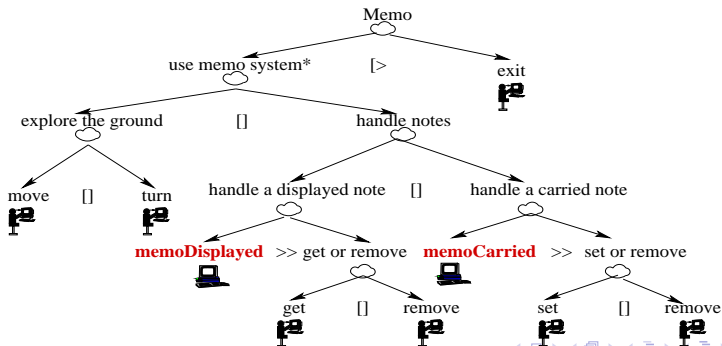
Types de tâche en CTT

- (1) tâche utilisateur : activité cognitive
(lecture d'un message)

Modèle de tâche

Types de tâche en CTT

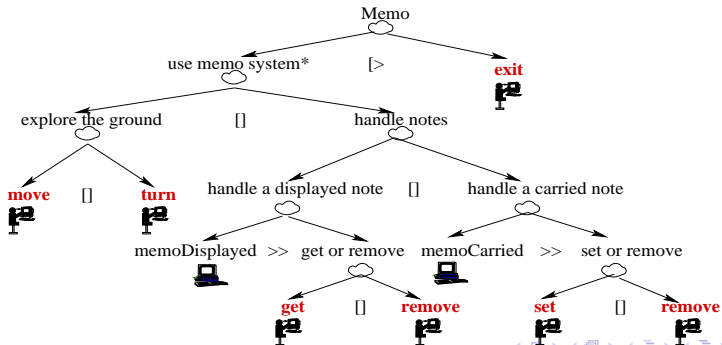
- (1) tâche utilisateur : activité cognitive
(lecture d'un message)
- (2) tâche application : sortie du système



Modèle de tâche

Types de tâche en CTT

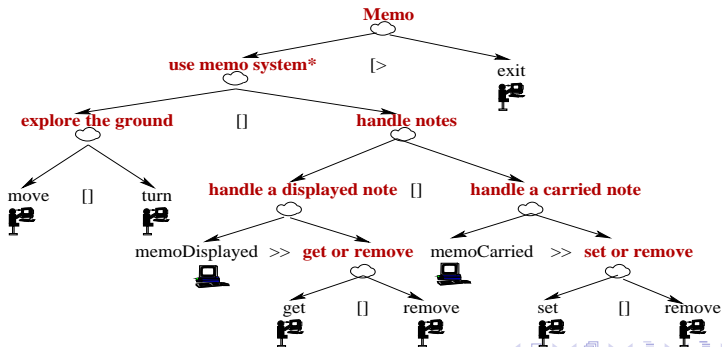
- (1) tâche utilisateur : activité cognitive (lecture d'un message)
- (2) tâche application : sortie du système
- (3) tâche interactive : action de l'utilisateur avec un feedback immédiat du système



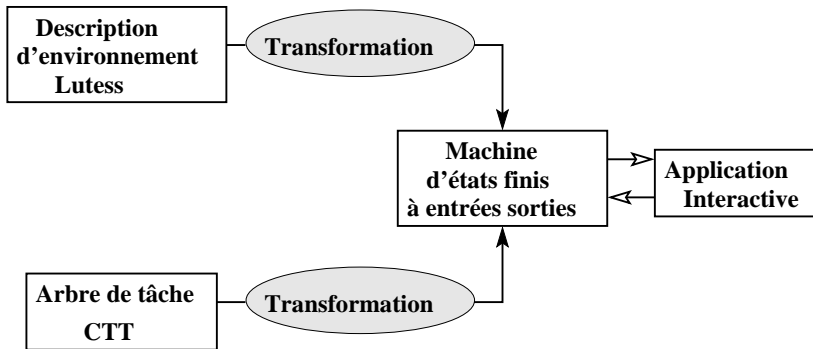
Modèle de tâche

Types de tâche en CTT

- (1) tâche utilisateur : activité cognitive (lecture d'un message)
- (2) tâche application : sortie du système
- (3) tâche interactive : action de l'utilisateur avec un feedback immédiat du système
- (4) tâche abstraite : composée d'autres tâches liées par des opérateurs temporels



Génération de données du test à partir d'arbres de tâches



Extraction du modèle de l'utilisateur

Machine d'états finis à Entrées/sorties

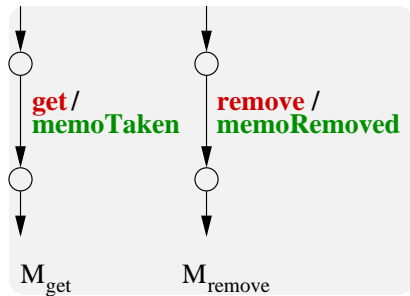
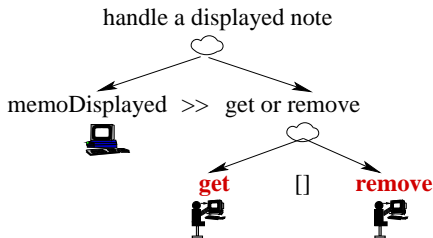
- Démarche :

- 1 Modélisation de tâches interactives.
- 2 Modélisation de tâches application.
- 3 Définition des règles de composition pour les tâches abstraites.

La machine à E/S associée à une tâche abstraite résulte de la combinaison des machines à E/S de ses sous-tâches.

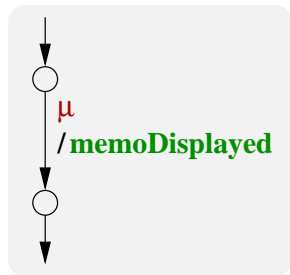
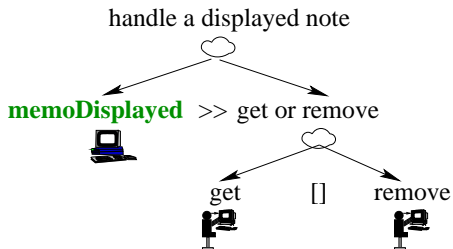
Extraction du modèle de l'utilisateur

Modélisation des tâches interactives



Une tâche interactive est assimilée à une action élémentaire suivie d'une réaction

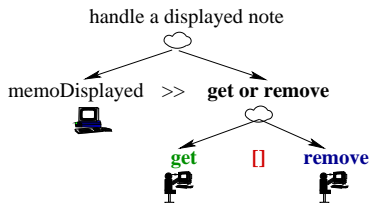
Extraction du modèle de l'utilisateur



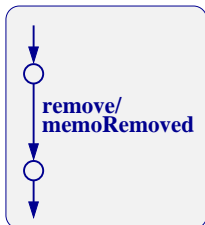
Une tâche application est modélisée par une machine d'états élémentaire à deux états, dont la seule transition consiste à passer de l'état initial à l'état final en émettant une sortie

Extraction du modèle de l'utilisateur

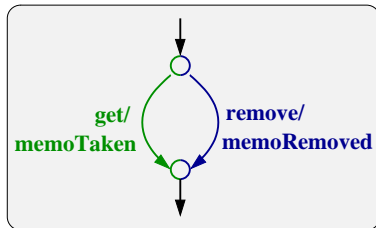
Modélisation des tâches abstraites : opérateur choix $M_T = M_A[]M_B$



M_{get}



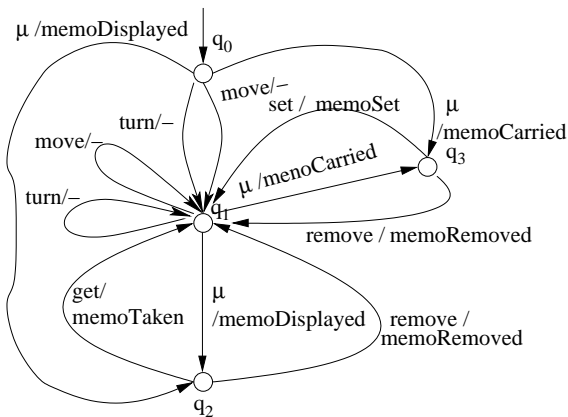
M_{remove}



$M_{\text{get or remove}}$

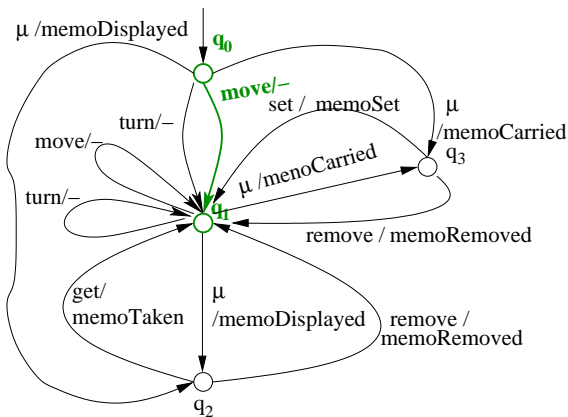
$M_{\text{get}} \square M_{\text{remove}} = M_{\text{get or remove}}$

Simulation du comportement de l'utilisateur



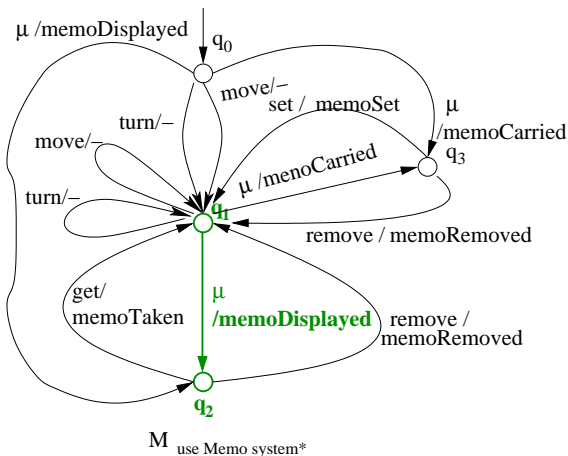
M use Memo system*

Simulation du comportement de l'utilisateur

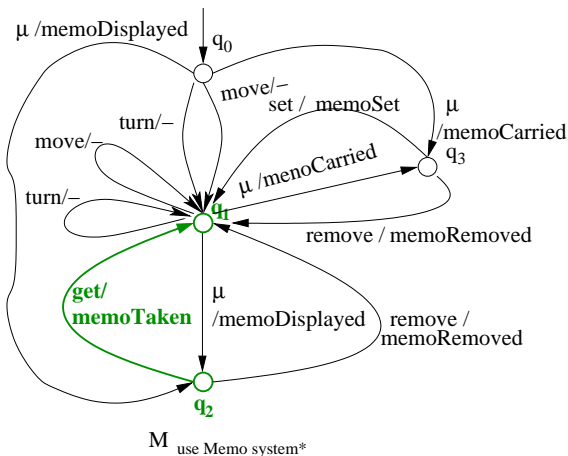


M use Memo system*

Simulation du comportement de l'utilisateur

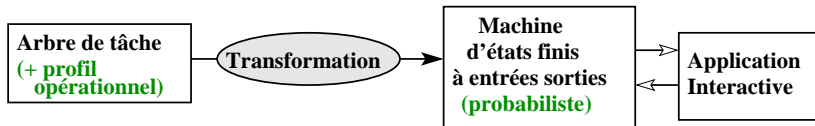


Simulation du comportement de l'utilisateur



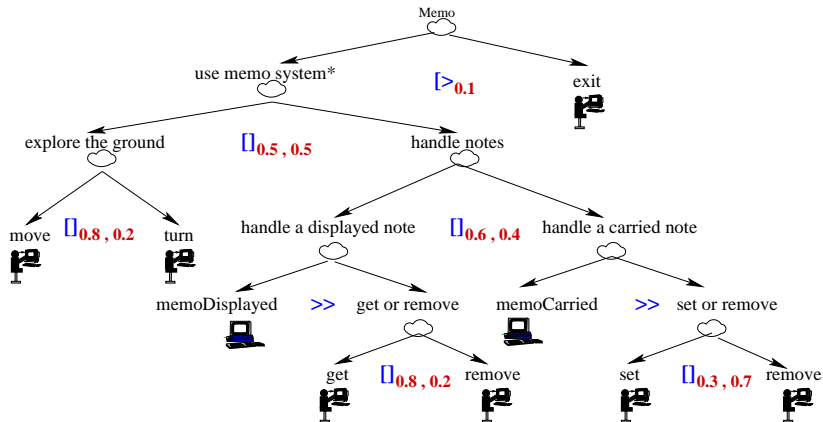
Utilisation de profils opérationnels

Spécification de profils opérationnels



Utilisation de profils opérationnels

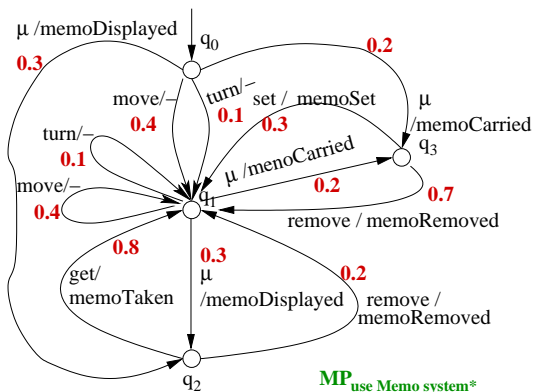
Spécification de profils opérationnels : Exemple



- Associer des probabilités à certains opérateurs de l'arbre de tâches

Utilisation de profils opérationnels

Du profil opérationnel vers un automate probabiliste : Exemple



Utilisation de profils opérationnels

Bilan

- Utilisation de l'arbre de tâches pour générer les données du test.
 - Transformation automatique en une machine d'états utilisable pour générer les tests.
 - Enrichissement de l'arbre de tâches avec profils opérationnels.

Lignes directrices

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 **Validation de systèmes interactifs multimodaux**
 - **Contexte et définitions**
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 Conclusion et perspectives
 - Conclusion
 - Perspectives

Modalité

- Une modalité est un couple (dispositif physique, langage d'interaction).
- Deux types de modalités :
 - Modalité active :
 - Exemples : Touchscreen, souris, joystick, manette de jeu, microphone, caméra, etc.
 - Modalité passive :
 - Exemples : Écran tactile, écran de projection, etc.

Modalité

- Une modalité est un couple (dispositif physique, langage d'interaction).
- Deux types de modalités :
 - Modalité active :
 - L'utilisateur doit réaliser une action explicite.
- (Microphone, {"get", "set", "remove"})
 - Modalité passive :
 - Pas d'action explicite de l'utilisateur.
- (GPS, 3D localisation)

Modalité

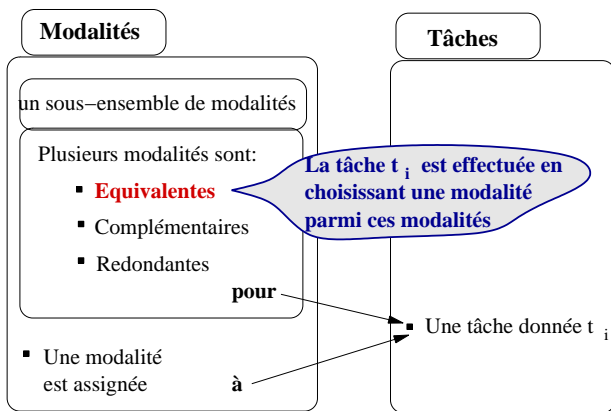
- Une modalité est un couple (dispositif physique, langage d'interaction).
- Deux types de modalités :
 - Modalité active :
 - L'utilisateur doit réaliser une action explicite.
- (Microphone, {"get", "set", "remove"})
 - Modalité passive :
 - Pas d'action explicite de l'utilisateur.
- (GPS, 3D localisation)

Modalité

- Une modalité est un couple (dispositif physique, langage d'interaction).
- Deux types de modalités :
 - Modalité active :
 - L'utilisateur doit réaliser une action explicite.
- (Microphone, {"get", "set", "remove"})
 - Modalité passive :
 - Pas d'action explicite de l'utilisateur.
- (GPS, 3D localisation)

Interaction multimodale

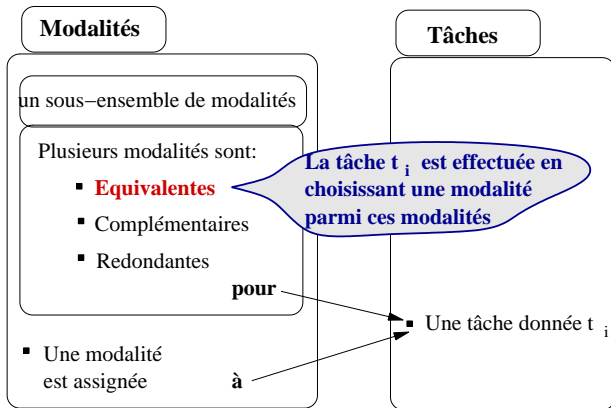
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance,Équivalence)



- Équivalence entre la parole et les boutons de la souris pour la tâche "get" : dire "get" ou cliquer le bouton droit de la souris pour récupérer une note.

Interaction multimodale

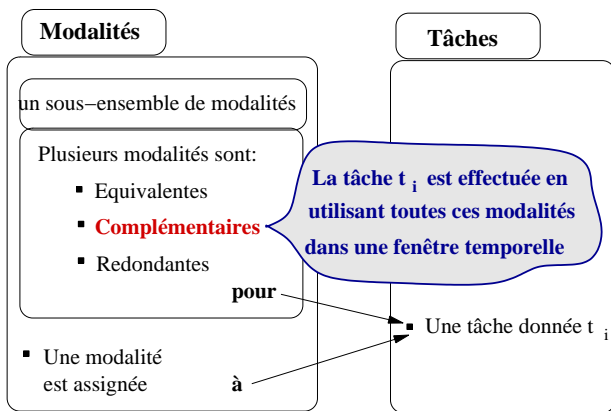
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance,Équivalence)



- Équivalence entre la parole et les boutons de la souris pour la tâche "get" : dire "get" ou cliquer le bouton droit de la souris pour récupérer une note.

Interaction multimodale

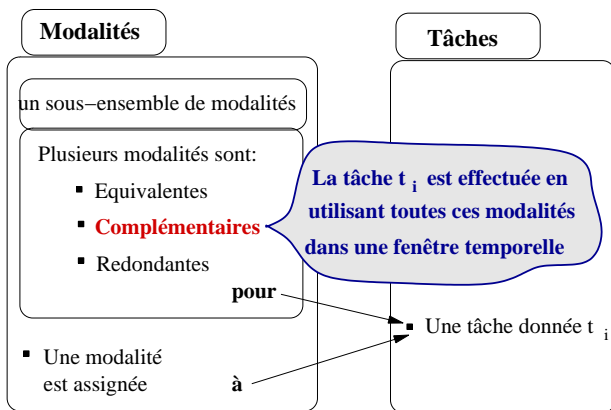
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignation, Redondance,Équivalence)



- Dire "supprimer ce fichier" et cliquer sur une icône.

Interaction multimodale

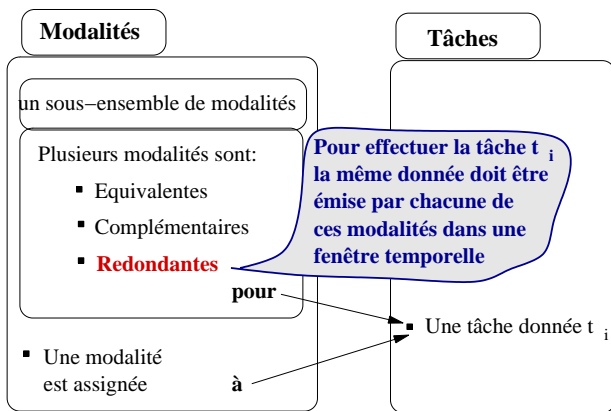
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance,Équivalence)



- Dire "supprimer ce fichier" et cliquer sur une icone.

Interaction multimodale

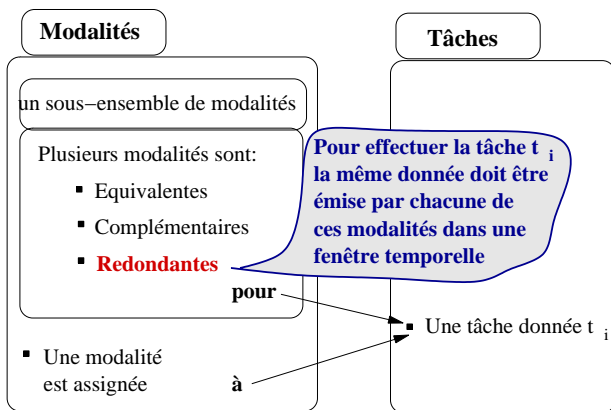
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignation, Redondance,Équivalence)



- Redondance entre la parole et les boutons de la souris pour la tâche "get" : dire "get" et cliquer le bouton droit de la souris pour récupérer une note.

Interaction multimodale

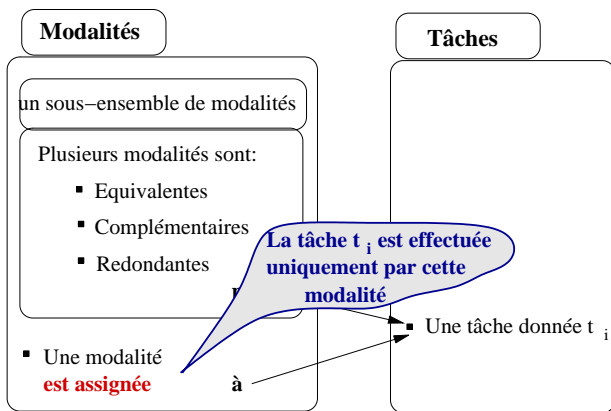
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance,Équivalence)



- Redondance entre la parole et les boutons de la souris pour la tâche "get" : dire "get" et cliquer le bouton droit de la souris pour récupérer une note.

Interaction multimodale

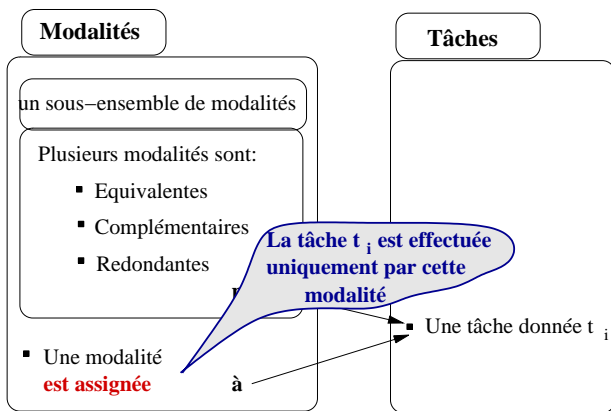
Propriétés CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance,Équivalence)



- La tâche "quitter l'application Memo" est effectuée avec la seule modalité (les boutons de clavier).

Interaction multimodale

Propriétés CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance,Équivalence)



- La tâche "quitter l'application Memo" est effectuée avec la seule modalité (les boutons de clavier).

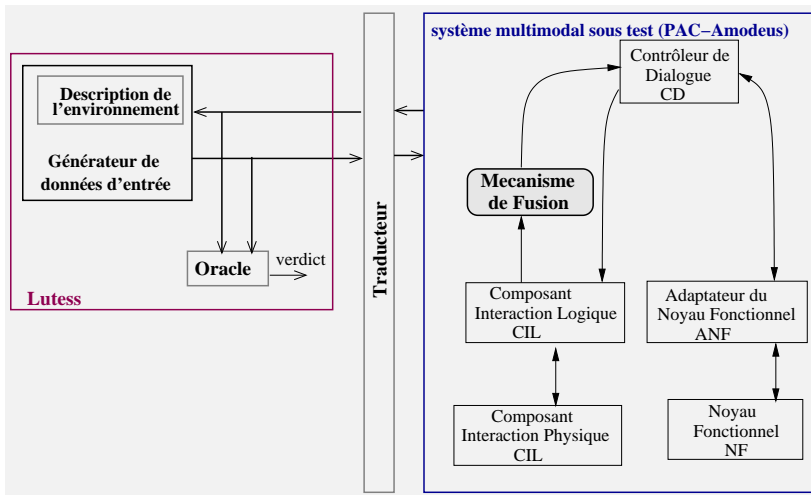
Lignes directrices

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 **Validation de systèmes interactifs multimodaux**
 - Contexte et définitions
 - **Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux**
- 3 Conclusion et perspectives
 - Conclusion
 - Perspectives

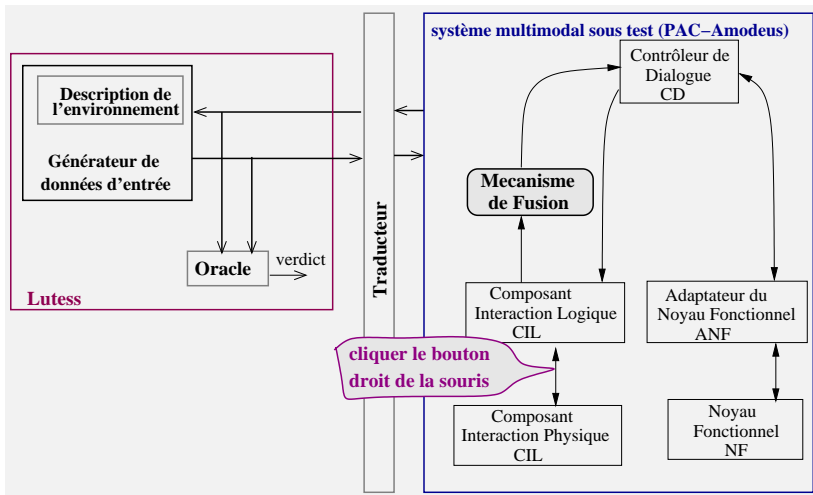
Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux

- 1 **Niveau d'abstraction pour les événements d'entrée.**
- 2 Oracle de test pour les systèmes multimodaux.
- 3 Génération de tests pour les systèmes multimodaux.

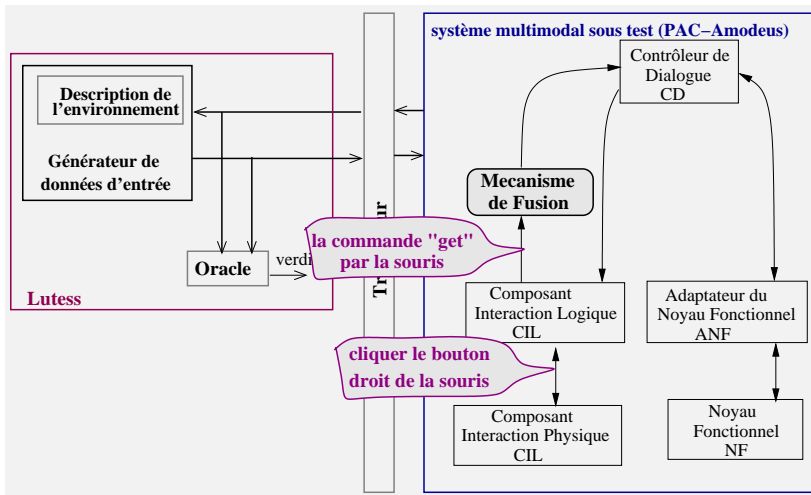
Niveau d'abstraction pour le test



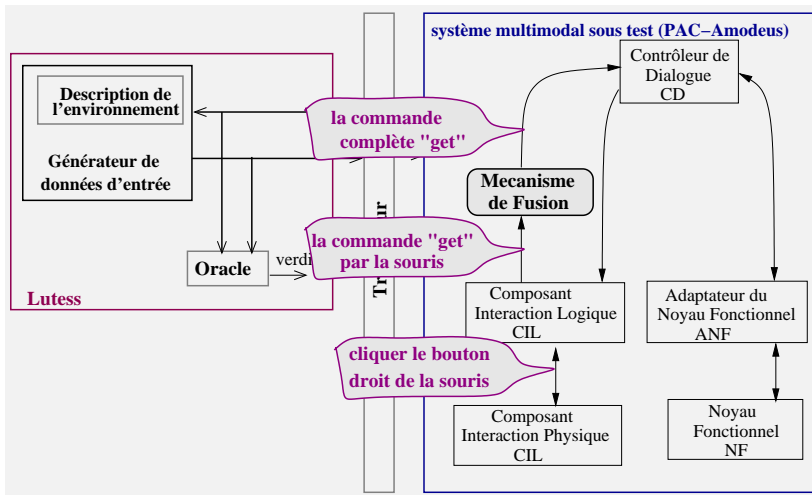
Niveau d'abstraction pour le test



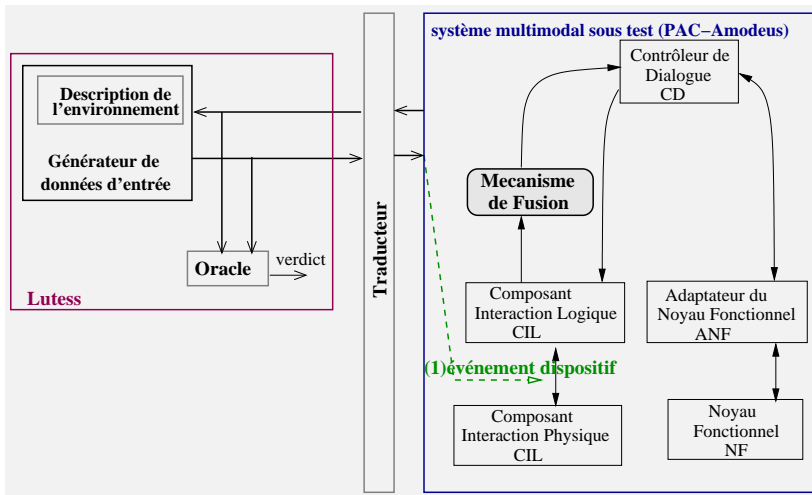
Niveau d'abstraction pour le test



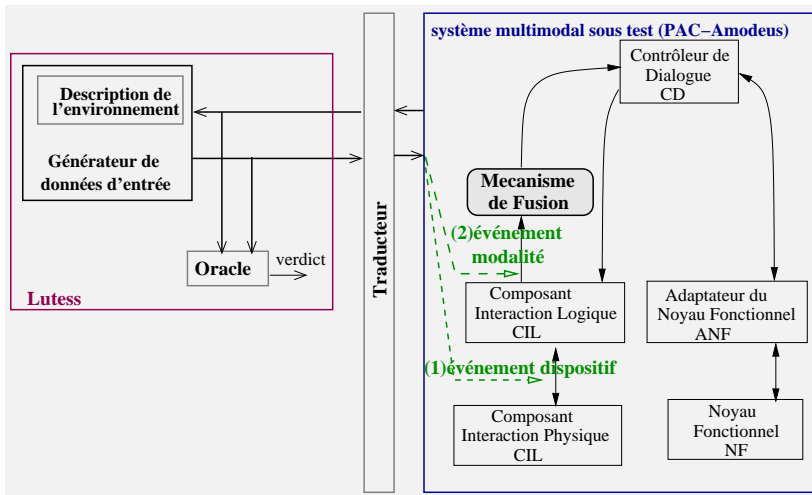
Niveau d'abstraction pour le test



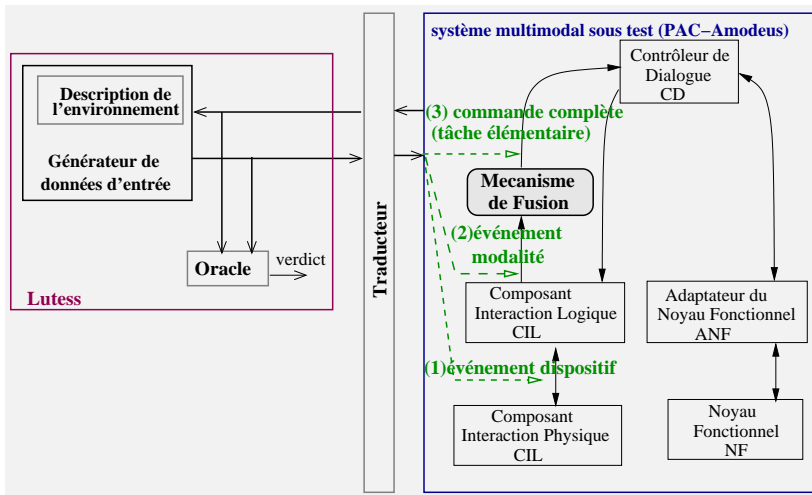
Niveau d'abstraction pour le test



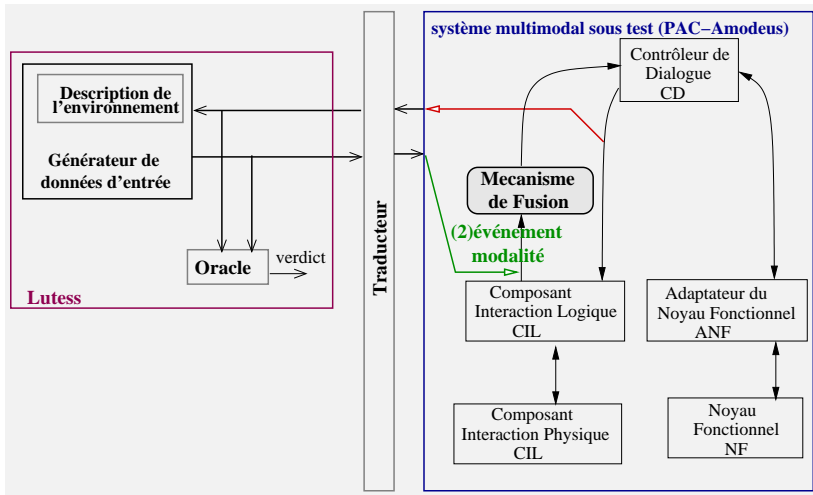
Niveau d'abstraction pour le test



Niveau d'abstraction pour le test

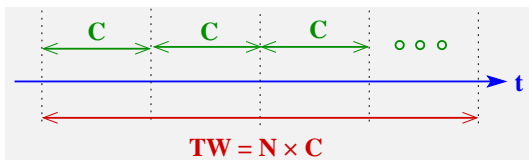


Niveau d'abstraction pour le test



Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

- Plusieurs modalités peuvent être utilisées de manière séquentielle ou parallèle dans une fenêtre temporelle TW (un intervalle de temps).
 - C est la durée d'un cycle d'exécution.
 - Le nombre de cycles d'exécution en TW est.
 $N = TW \text{ div } C$.



Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

- 1 Niveau d'abstraction pour les événements d'entrée.
- 2 **Oracle de test pour les systèmes multimodaux.**
- 3 Génération de tests pour les systèmes multimodaux.

Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

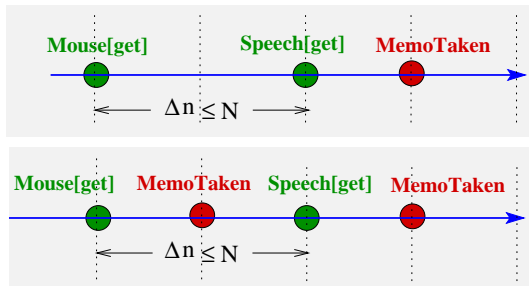
Oracle de test

- Propriétés CARE en Lustre

Exemple

une note est récupérée uniquement après l'occurrence de deux événements redondants Mouse[get] et Speech[get]

- Une séquence vérifie cette propriété
- Une séquence ne vérifie pas cette propriété



Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

- 1 Niveau d'abstraction pour les événements d'entrée.
- 2 Oracle de test pour les systèmes multimodaux.
- 3 **Génération de tests pour les systèmes multimodaux.**

Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

Génération de deux événements synergiques dans la même fenêtre temporelle

- N est le nombre de cycles d'exécution discrets dans la fenêtre temporelle
- Si on impose que la probabilité d'un événement d'entrée i est $\frac{1}{N}$
 - alors i va arriver environ une fois tous les N cycles (la durée de la fenêtre temporelle)

Exemple

les deux événements `Mouse[get]` et `Speech[get]` sont générés dans cet ordre et dans la même fenêtre temporelle

```
proba(Speech[get], 1/N, after(Mouse[get])) and  
pre always_since(not Speech[get], Mouse[get]);
```

Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

Génération de deux événements synergiques dans la même fenêtre temporelle

- N est le nombre de cycles d'exécution discrets dans la fenêtre temporelle
- Si on impose que la probabilité d'un événement d'entrée i est $\frac{1}{N}$
 - alors i va arriver environ une fois tous les N cycles (la durée de la fenêtre temporelle)

Exemple

les deux événements `Mouse[get]` et `Speech[get]` sont générés dans cet ordre et dans la même fenêtre temporelle

```
proba(Speech[get], 1/N, after(Mouse[get])) and  
pre always_since(not Speech[get], Mouse[get]);
```

Test de systèmes interactifs multimodaux avec Lutess

Bilan

- Définition du niveau d'abstraction pour les événements générés.
- Validation de propriétés CARE
 - Représentation approximative de la fenêtre temporelle.

Lignes directrices

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 Validation de systèmes interactifs multimodaux
 - Contexte et définitions
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 **Conclusion et perspectives**
 - **Conclusion**
 - Perspectives

Conclusion

- Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone.
 - Introduction d'un traducteur pour la synchronisation et la désynchronisation.
 - Utilisation de Lutess permet de générer des scénarios de test intéressants et de valider des propriétés liées au contrôle.
 - Génération de tests à partir d'arbres de tâches qui peuvent être enrichis avec des profils opérationnels.

Conclusion

- Validation de systèmes interactifs multimodaux avec l'approche synchrone.
 - Validation de propriétés CARE.
 - Génération des événements synergiques dans la même fenêtre temporelle.
 - Formalisation des propriétés CARE.

Lignes directrices

- 1 Validation de systèmes interactifs avec l'approche synchrone
 - L'outil de test synchrone Lutess
 - Validation de systèmes interactifs avec Lutess
 - Génération de données de test à partir d'arbres de tâches
- 2 Validation de systèmes interactifs multimodaux
 - Contexte et définitions
 - Test synchrone de systèmes interactifs multimodaux
- 3 **Conclusion et perspectives**
 - Conclusion
 - **Perspectives**

Perspectives

- Génération à partir de CTT incluant la multimodalité.
 - Deux solutions sont envisageables :
 - 1 Descendre dans l'arbre de tâches jusqu'au niveau des modalités.
 - 2 Utiliser une autre notation pour spécifier la multimodalité.
 - Associer des probabilités aux modalités (profils opérationnels).
 - On utilise les commandes vocales plus souvent que les commandes de souris.