

CENTRALE  
L Y O N

# Interaction Humain-Machine

Techniques d'évaluation :  
Classifications et approches

BTD/IHM/EvalBTD/IPM 1

CENTRALE  
L Y O N

## Plan

- Le rôle des Interfaces homme - machine
- Le caractère multidisciplinaire des IHM
- Synthèse des principales méthodes d'évaluation des IHM
- Proposition d'une nouvelle classification des méthodes
- Travail pratique : mise en œuvre de quelques méthodes d'évaluation
- Conclusion - l'avenir de l'évaluation

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval 2

CENTRALE  
L Y O N

Le rôle de l'interface

- Faire communiquer les deux mondes, d'une façon logique et agréable à l'utilisateur
- Montrer les services de l'application
- Montrer les réponses
- Permettre les entrées

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

3

CENTRALE  
L Y O N

Evaluation des IHM

**Evaluer = vérifier et valider**

Acceptabilité de l'interface

- Acceptabilité sociale
- Acceptabilité pratique
  - Compatibilité
    - Utilité
      - Performance
      - Fonctions
    - Utilisabilité
      - Facilité à apprendre
      - Utilisation efficace
      - Facilité à mémoriser
      - Peu d'erreurs
      - Etc.
  - Facilité
  - Coût
  - Fiabilité
  - Etc.

**Utilité** - fournir des services utiles à l'utilisateur

**Utilisabilité** - liée à la facilité d'apprentissage et d'utilisation de l'interface

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

4

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Comment évaluer l'IHM ?

- **Génie Logiciel** : fournit des méthodes d'analyse et de conception et des techniques d'acquisition des données de l'aspect techniques
- **Ergonomie** : fournit des méthodes d'évaluation pour les aspects humains, d'analyse des tâches et des activités humaines, et des recommandations d'amélioration

Unir les deux connaissances pour prendre en compte les aspects humains => introduire une évaluation continue dès le début du processus de développement

BTD/IHM/Eval 5

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Modèles du Génie Logiciel

### Modèle Cascade

```

graph TD
    A[Analyse des besoins] --> B[Conception du système]
    B --> C[Implémentation et tests unitaires]
    C --> D[Intégration et tests du système]
    
```

### Modèle en V

```

graph TD
    subgraph Development
        direction TB
        D1[1. Analyse des besoins] --> D2[2. Conception]
        D2 --> D3[3. Conception globale]
        D3 --> D4[4. Conception détaillée]
        D4 --> D5[5. Codage]
    end
    subgraph Testing
        direction TB
        T6[6. Tests unitaires] --> T7[7. Tests d'intégration]
        T7 --> T8[8. Tests du système]
        T8 --> T9[9. Tests d'acceptation]
    end
    D1 -- "Est testé par" --> T9
    D2 --> T8
    D3 --> T7
    D4 --> T6
    
```

BTD/IHM/Eval 6

**Modèles du Génie Logiciel**

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

### Modèle Etoile

```

graph TD
    Evaluation --- Analyse[Analyse système, fonctionnelle, tâches, utilisateurs]
    Evaluation --- Développement
    Evaluation --- Spécification[Spécification des besoins et utilisabilité]
    Evaluation --- Conception
    Evaluation --- Prototypage[Prototypage rapide]
    
```

### Modèle en Spirale

7

**L'Évaluation IHM et l'Ergonomie**

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

- **Approche Artisanale** : évaluation réalisée par le concepteur, à partir de son expérience
- **Approche Sciences Appliquées** : évaluation basée sur des fondements théoriques pour prédire le comportement de l'utilisateur
- **Approche Ingénierie** : utilise des formalismes pour l'évaluation
- Principes, recommandations, guides de style et normes pour l'analyse des données

8

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Classifications des Méthodes

- Classification de Molich
- Classification de Sweeney
- Classification de Whitefield
- Classification selon le degré d'automatisation

BTD/IHM/Eval 9

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Classification de Molich (1/2)

- **Méthodes prédictives ou analytiques**
  - Absence de l'utilisateur
  - Utilise des modèles pour prédire leurs comportements
  - Mise en œuvre par des concepteurs, en comparant le système à évaluer avec un modèle prédéfini
  - Modèles théoriques ou formels : GOMS
  - Modèles heuristiques ou informels : «Walkthrough»
  - Plutôt pour les premières étapes du développement

BTD/IHM/Eval 10

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Classification de Molich (2/2)

- **Méthodes expérimentales** : basées sur l'observation
  - Présence de l'utilisateur
  - Recueil du comportement de l'utilisateur mis en situation
  - Pour l'utilisateur avec expérience: recueil audiovisuel, entretiens, questionnaires
  - Pour l'utilisateur sans expérience : banc d'essai final

BTD/IHM/Eval 11

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Classification de Sweeney

- **Centrées utilisateur** : pour le recueil et l'analyse des données comportementales de l'utilisateur
  - Approches empiriques
  - Estimation de la charge du travail
  - Tests de conception
- **Centrées expertise** : complémentaire à l'approche empirique pour la vérification des critères lors de l'évaluation
- **Centrées modélisation de l'IHM** : approches analytiques
  - Modèles formels prédictifs
  - Modèles formels de qualité (approche génie logiciel) - systèmes automatiques d'évaluation

BTD/IHM/Eval 12

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Classification de Whitefield

	Utilisateur Virtuel	Utilisateur Réel
Ordinateur Virtuel	Méthodes analytiques	Rapports sur l'utilisateur
Ordinateur Réel	Rapports de spécialistes	Méthodes d'observation

**Classification selon le degré d'automatisation**

- Techniques non automatisées
- Techniques avec captures automatiques
- Techniques d'évaluation et d'analyse automatiques
- Techniques avec critique automatique

BTD/IHM/Eval 13

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Comment choisir une méthode ?

- **Ressources humaines** : spécialistes, concepteurs, utilisateurs représentatifs
- **Ressources matérielles** : outils de capture, objets à évaluer...
- **Connaissances requises** : modèles, formalités
- **Facteurs situationnels** : contexte de l'application (étape de développement, domaine, planning)
- **Types de résultats voulus** : données objectives, subjectives, qualitatives, quantitatives, etc.

BTD/IHM/Eval 14

CENTRALE  
L Y O N

## Nouvelle Classification

- Positionnement dans le modèle en V - unir les approches du génie logiciel et de l'ergonomie
- Prise en compte du contexte de l'application, de son domaine et des ressources disponibles

Techniques	Spécification	Modélisation	Conception	Tests produit
Formels	X	X	X	X
Informels				X
Avis utilisateurs	X		X	X
Avis experts			X	X
Tests de conception			X	
Génération automatique			X	
Evaluation automatique			X	X

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

15

CENTRALE  
L Y O N

## Phase d'analyse et spécification

- Méthodes pour le recueil des données:
  - Observation sur le terrain : enregistrement vidéo, « think aloud », observation passive
  - Recueil d'avis des utilisateurs : questionnaire, entretien
  - Avis des experts : apprentissage du métier, grilles d'évaluation
  - Modèles formels prédictifs : GOMS, UAN

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

16

CENTRALE L Y O N	<h2>Phase de conception</h2>
Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modèles analytiques, pour prendre en compte le comportement de l'utilisateur et aider à la conception <p style="text-align: center;">Outils : Keystroke, CLG, UAN</p></li><li>• Avis des experts, pour évaluer la conception, sans la présence de l'utilisateur : grille d'évaluation, « Cognitive Walkthrough »</li><li>• Techniques QOC, pour aider à la conception : Question, Option, Critères</li><li>• Prototypage pour tests de conception, avec ou sans l'utilisateur</li></ul>
BTD/IHM/Eval	17

CENTRALE L Y O N	<h2>Phase de tests sur le produit</h2>
Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoring (Mouchard Electronique)</li><li>• Incidents critiques</li><li>• Banc d'essai final</li><li>• « Playback », Hammontrée, MRP</li><li>• Charge de travail : ICS, CINDI</li><li>• Simulation de l'utilisateur: PUM, KRI</li><li>• Aide au développement : outils pour tout le cycle (SIROCO, ADEPT, IOdE)</li><li>• Outils d'évaluation automatique: EMA, ERGOVAL, Catchit</li></ul>
BTD/IHM/Eval	18

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Exemple pratique : mise en œuvre des méthodes

- L'application : Caisse Express
- Questionnaire pour la vérification de l'utilité
- GOMS pour l'aide à la conception et pour évaluation de la performance
- CLG pour la conception
- UAN pour la conception
- Evaluation Heuristique sur le produit

BTD/IHM/Eval 19

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Conclusion

- **Prendre en compte les aspects humains dès le début**
- **Faire une conception participative**
- **Evaluation continue («formative»)**
- **Faut-il évaluer ?**
- **Modélisation de l'homme ?**

BTD/IHM/Eval 20

CENTRALE  
L Y O N  
  
 Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine  
  
 BTD/IHM/Eval

## La méthode QOC (Question - Option - Critère)

- Il s'agit d'explorer le plus systématique possible l'espace de solutions correspondant au problème posé.
- Pour chaque question, qui apparaît lors de la conception du système, les options possibles constituent l'espace de solutions qu'il faut explorer et documenter.
- *A titre d'exemple, les questions possibles concernant la gestion des salles peuvent être les suivantes: Comment repérer les salles ? Comment les adresser ? Quelles plages horaires à mettre en place, comment les représenter et les adresser ? Par quoi remplir les plages? Les options correspondent aux solutions proposées.*
- Les critères qui satisfont ou non à chacune des options sont indiqués.
- *A titre d'exemple, les critères à prendre en compte peuvent être la lisibilité, la facilité d'écriture, l'encombrement, ...*
- Trois types de nœuds sont à représenter : nœud-question, nœud-option, nœud-critère
- Deux types de liens : positifs et négatifs entre les options et les critères sont à mettre en place :
- Un trait plein (lien positif) indique que le critère est satisfait par l'option considérée.
- Un trait pointillé indique que le critère s'oppose à l'option choisie.
- Les épaisseurs des liens peuvent varier selon les poids respectifs des critères sur l'option.
- L'absence de lien entre options et critères (liens neutres) symbolise l'absence d'influence du critère sur l'option.
- Il est possible d'étudier des questions emboîtées (hiérarchiques).
- Les décisions prises qui correspondent aux options retenues seront entourées.

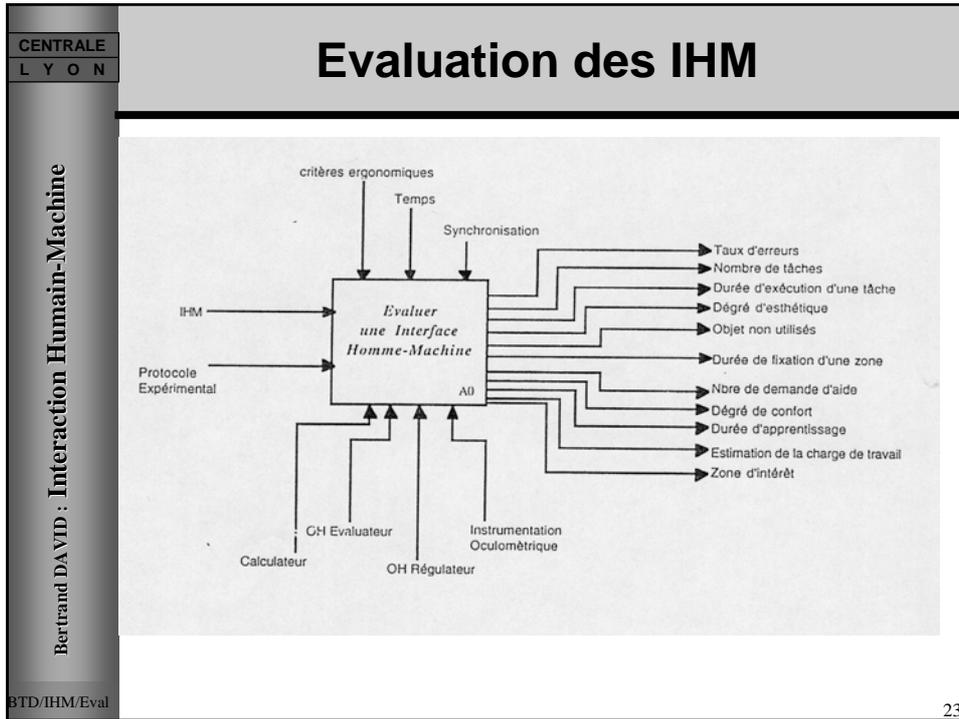
BTD/IHM/Eval
21

CENTRALE  
L Y O N  
  
 Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine  
  
 BTD/IHM/Eval

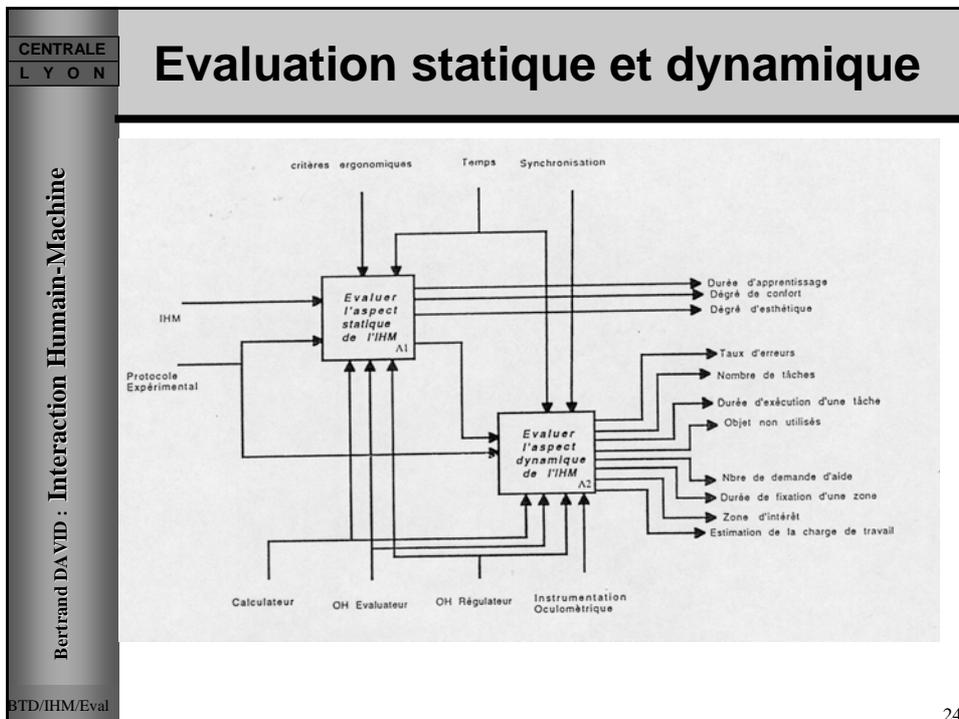
## La méthode QOC (Question - Option - Critère)

The diagram illustrates the QOC method's structure. On the left, three 'Question' labels are shown with arrows pointing to a central 'Option' box. From this 'Option' box, three arrows point to 'Critère' labels. Dashed lines, labeled 'Argument', connect the 'Option' box to the 'Critère' labels, indicating the reasoning behind the connections. Below this, a 'Question Conséquente' label has an arrow pointing to the 'Option' box, suggesting a hierarchical or consequential relationship between questions.

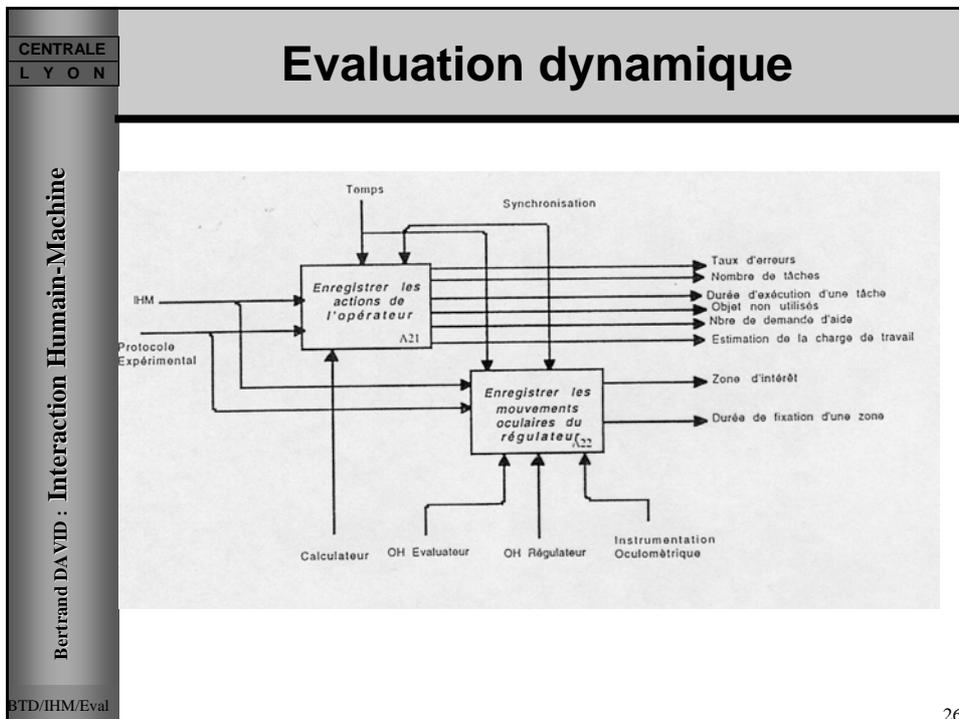
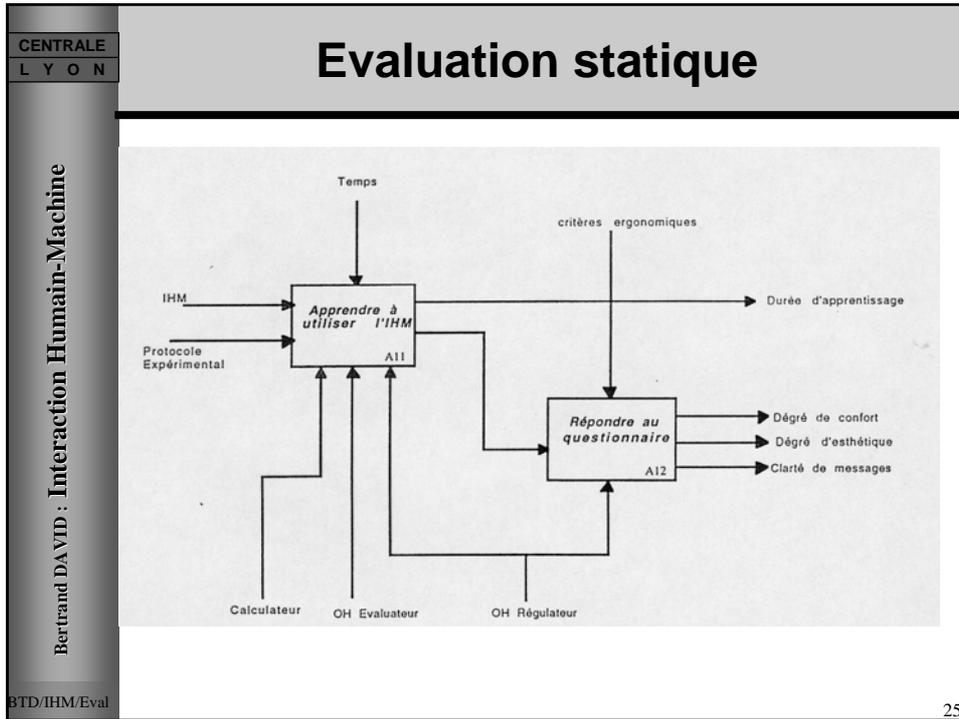
BTD/IHM/Eval
22



23



24



CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Typologie des évaluations

### Evaluation des interfaces utilisateur

L'évaluation est une nécessité quels que soient les moyens mis en œuvre en matière de conception. Elle se fait à différents niveaux :

- *En cours de conception :*
  - tests papier (revue de conception) ;
  - vérification d'hypothèses (expérimentation) ;
  - maquettes.
- *En cours de réalisation :*
  - expérimentation par prototypage ;
  - tests de déverminage.
- *Avant diffusion :*
  - vérification des performances d'usage ;
  - test d'acceptabilité et recette.
- *Après diffusion :*
  - enquêtes ;
  - interview ;
  - expertises chez les utilisateurs ;
  - boîte de suggestions en ligne ;
  - bulletins d'utilisations en ligne.

BTD/IHM/Eval 27

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

## Typologie des évaluations

**ÉVALUATION DES INTERFACES**

APPROCHE ANALYTIQUE  
Contrôle de qualité selon un modèle défini a priori

APPROCHE EMPIRIQUE  
Expérimentations menées avec des utilisateurs

MODELES INFORMELS

Méthodes

- Intervention d'un spécialiste
- Apprentissage personnel du métier
- Grilles d'évaluation

MODELES FORMELS

Méthodes

- Modèles prédictifs : GOMS, Keystroke, ALG, CLG, CCT...
- Modèles de qualité : approches cognitives et approches optimales

DIAGNOSTIC D'USAGE

Avec expérience de l'utilisation

Méthodes

- Incidents critiques
- Questionnaires
- Monitoring
- Traces écrites
- Charge de travail
- Mouvements oculaires

TESTS DE CONCEPTION

Sans expérience de l'utilisation

Méthodes

- Sélection d'alternatives
- Evaluations itératives
- Banc d'essai final

BTD/IHM/Eval 28

CENTRALE L Y O N		
	<b>Fin</b>	
Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine		
BTD/IHM/Eval	29	

CENTRALE L Y O N	<b>UAN</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une évaluation centrée utilisateur est en général basée sur l'analyse des utilisateurs et de leurs façons d'accomplir les tâches. Pendant la phase de conception, l'évaluation est basée sur les modèles de l'utilisateur et des tâches. Les tâches des utilisateurs, qui s'expriment plus ou moins directement par les actions d'interaction, sont donc les éléments dont il faut tenir compte lors de la conception de l'interface. La notation UAN est une méthode formelle pour décrire l'interaction homme-machine, d'une façon précise, détaillée et sans ambiguïté. C'est une notation centrée utilisateur qui décrit donc les comportements, en particulier physiques, de l'utilisateur et de l'interface pendant leurs interactions.</li> <li>• Cette notation, créée pour spécifier les IHM de type manipulation directe, a été enrichie d'opérateurs de composition et de relations temporelles pour permettre la modélisation des tâches complexes qu'un utilisateur peut accomplir dans un système informatique, ce qui nous a permis de l'utiliser comme support d'évaluation de plusieurs types d'interfaces pendant la phase de conception. UAN nous permet également de prendre en compte les relations temporelles entre les tâches, les interruptions des tâches et de spécifier les retours d'informations, facteur vraiment important dans une spécification d'interface homme-machine.</li> </ul>	
Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine		
BTD/IHM/Eval	30	

**UAN**

**UAN**

Graphe des tâches

Séquence	ex: la valeur ligne: A, B SÉQU. des tâches successives: A B	
Alternative	A   B	
Conjonction	A & B	
Entrelacé	A ↔ B	
Concurrence	A // B	
Optionnelle	A [B] C	
Répetition	A B*	
Occurrence	A B** C	

31

**Evaluation des IHM**

L'évaluation des interfaces à pour but de vérifier deux aspects importants qui sont :

- l'utilisabilité de l'IHM,
- l'utilité de l'IHM

Les définitions suivantes donnent le sens à ces deux notions :

- l'**utilisabilité** rend compte de la qualité de l'interaction homme-machine en termes de facilité d'apprentissage et s'utilisation, ainsi que de la qualité de la documentation.
- l'**utilité** détermine si l'IHM permet à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs de travail. Elle correspond aux capacités fonctionnelles, aux performances et à la qualité de l'assistance technique fournie à l'utilisateur par le système.

32

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

UAN

Symbole	Signification
[X]	contexte d'un objet graphique ce qui signifie généralement dans la surface qu'il couvre à l'écran. X peut être une fenêtre, un bouton, un symbole graphique, etc.
[X in Y]	désigne le contexte de l'objet graphique X présent dans le contexte de l'objet Y. X est dans Y.
-[X]	déplacement du curseur jusqu'à ce qu'il soit dans le contexte de X
[X]-	déplacement du curseur hors du contexte de X
-[x,y]	déplacement du curseur jusqu'au point de coordonnées x,y
-[x,y in X]	déplacement du curseur jusqu'au point de coordonnées x,y au sein du contexte de l'objet X
Xv	appui de X où X peut être un bouton M, une touche « T » ou un switch matériel. Par exemple MRv signifie l'appui du bouton droit de la souris.
X <sup>n</sup>	relâchement de X où X peut être un bouton M, une touche « K » ou un switch matériel. Par exemple MR <sup>n</sup> signifie un clic (appui / relâché) du bouton droit de la souris
K «toto»	indique la saisie de la chaîne de caractère « toto »
K(varX)	indique la saisie d'une valeur pour la variable varX
X > ~	dragge l'objet X avec le curseur en traçant un filigrane de l'objet (ou l'objet lui-même) qui suit le curseur

Tableau des symboles d'effet de présentation pour UAN

Symbole	Signification
X !	met en évidence l'objet X. Cette mise en évidence peut se faire par inverse vidéo mais tout autre méthode peut être spécifiée. S'il existe plusieurs moyen de mise en évidence il suffit d'étendre le formalisme. Par exemple en utilisant « ! »
X -!	enlève la mise en évidence
affiche(X)	affiche l'objet X. Par exemple affiche(FenAccueil) affiche la fenêtre d'identificateur FenAccueil.
efface(X)	efface l'objet X
maj(X)	remet à jour les valeurs affichées dans X à partir de celle de l'applicatif. Cette opération permet de prendre en compte les évolutions de l'état de l'applicatif.
surligne(X)	entoure l'objet X d'un surlignage. Utilisé généralement pour des groupes d'icônes, etc.
X ? : et X -? :	où X est une expression signifie un prédicat. Par exemple affiche(X) ? signifie si X est affiché. On indique après les deux points l'action correspondante si la condition est vérifiée.

33

CENTRALE  
L Y O N

Bertrand DAVID : Interaction Humain-Machine

BTD/IHM/Eval

UAN

Parmi les opérateurs utilisées en UAN, nous pouvons mentionner ceux que seront utilisés dans notre exemple :

- (A B) : séquence des tâches dans l'ordre spécifié A et après B. Cette séquence peut être spécifiée de façon verticale (la spécification que nous avons adoptée).
- (A | B) : l'utilisateur accomplit soit la tâche A, soit la tâche B.
- A\* : la tâche A est accomplie 0 ou plus fois .
- (A | B)\* : l'utilisateur choisit la tâche A ou la tâche B, après il fait un autre choix, et ainsi ensuite.
- (t > x secondes ou t < y secondes) : signifie que l'utilisateur doit attendre x secondes ou, au contraire, il ne doit pas dépasser y secondes avant l'exécution de la tâche suivante.
- (A -> B) : interruption de la tâche B par la tâche A, qui est exécutée jusqu'à sa fin.
- (A & B) : l'utilisateur peut choisir l'ordre des tâches (les 2 seront accomplies).
- {action} : action optionnelle
- Les actions : pour spécifier chaque action, nous devons utiliser les formalismes suivants :
- v : presser. Dans notre cas, v sera utilisé pour exprimer la pression du doigt à l'écran.
- ^ : relâcher. Dans notre cas, ^ sera utilisé pour exprimer la fin du contact entre le doigt et l'écran.
- K(nom) : taper une chaîne variable à partir du clavier . Cette chaîne peut être spécifique. Par exemple, pour le cas du code secret (4 caractères), nous avons :
- K (code = [0 - 9] 4 ) .
- P = action de pointage sur l'écran.
- icône ' = spécification d'un icône.
- cmd icône = icône de commande.
- condition : action = pour mettre une condition à l'action.

34