



# ***IHM & Ergonomie du logiciel***

Ergonomie

# *Interface HommeMachine (IHM)*

- Ergonomie (du grec ergos, le travail et de Nomos, la loi): discipline qui vise l'adaptation d'un système à son utilisateur, afin que ce dernier puisse mener ses activités avec un maximum d'efficacité, de satisfaction et de bien-être, avec une phase d'adaptation réduite.
- De l'ergonomie physique à l'ergonomie mentale (informatique)...

## Référence bibliographique

AFNOR (2003). *Ergonomie de l'informatique.*

*Aspects logiciels, matériels et environnementaux*, Recueil Normes Informatique, ISBN 2-12-236211-1.

# Qu'est-ce que l'ergonomie ?

- Exemple de la mise en page d'une bible (d'après Alain GIBOIN) ... pourquoi cette mise en page ?

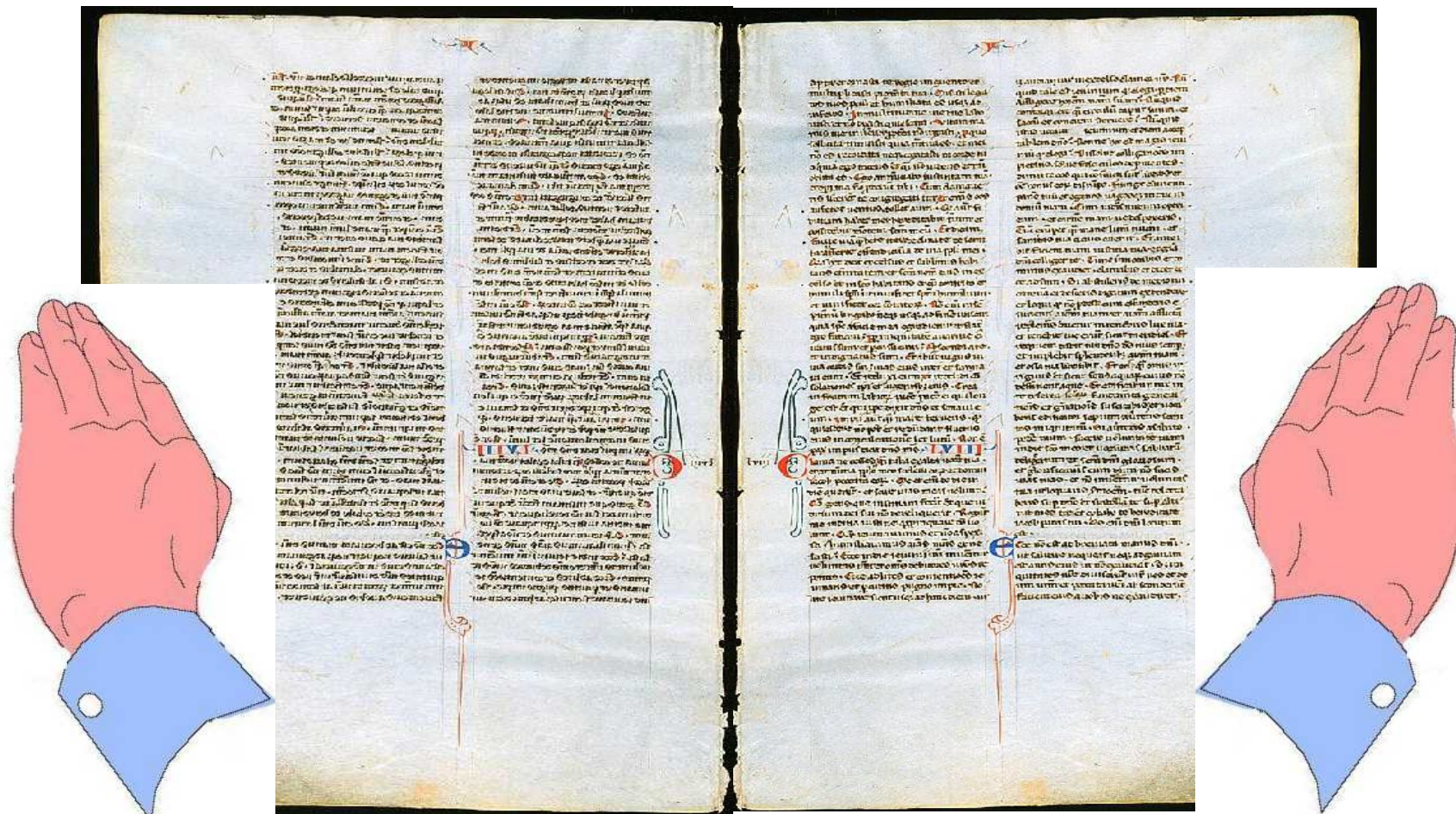


- La réponse est dans la situation de lecture
- La Bible est posée sur un lutrin
  - lecture debout...
  - fatigue et besoin de trouver un appui...
  - l'appui : la bible...





# Lecture debout, les mains appuyés sur la bible



Les marges sont là pour permettre de s'appuyer sans gêner la lecture

# Qu'est-ce que l'ergonomie ?

- Exemple de la mise en page d'une bible
  - Rappel de la question : pourquoi cette mise en page ?



- Réponse : pour adapter l'objet à son utilisateur
  - Adaptation à l'utilisateur = Ergonomie
  - Mettre l'utilisateur au centre du processus...

# Qu'est-ce que l'ergonomie ?

- Un millénaire plus tard...





# Qu'est-ce que l'ergonomie ?

- Ergonomie = adaptation d'un objet/outil à son utilisateur
- Logiciels de grossissement de caractères pour personnes handicapées visuelles





# Qu'est-ce que l'ergonomie ?

Fig 4

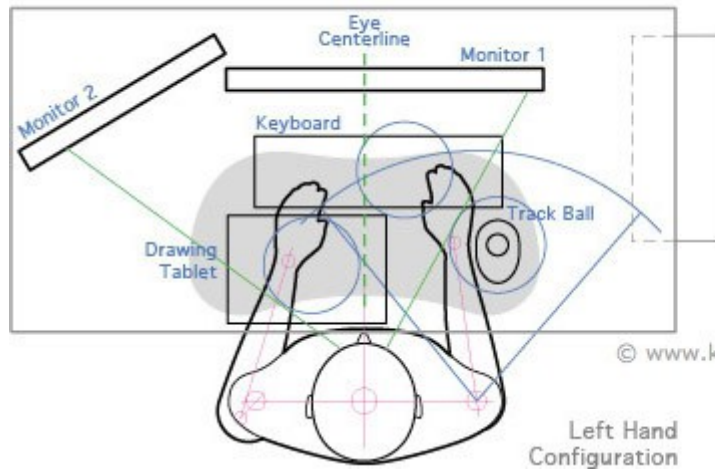


Fig 5

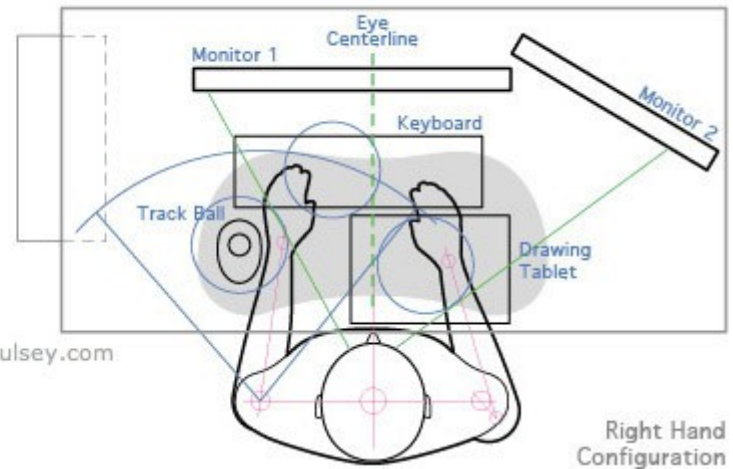


Fig 1



Fig 2

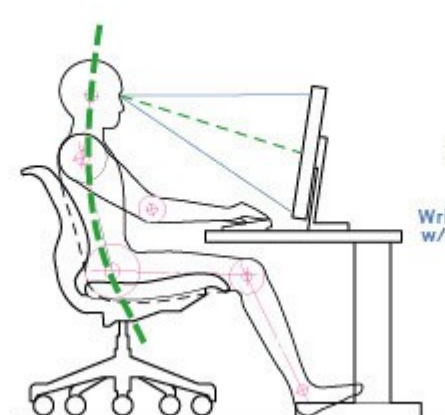
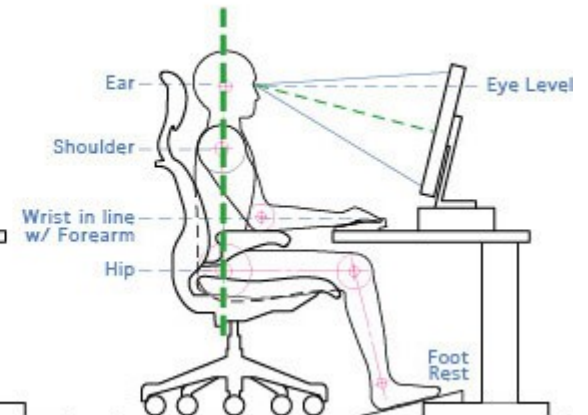


Fig 3



# *Interfaces HommeMachine (IHM)*

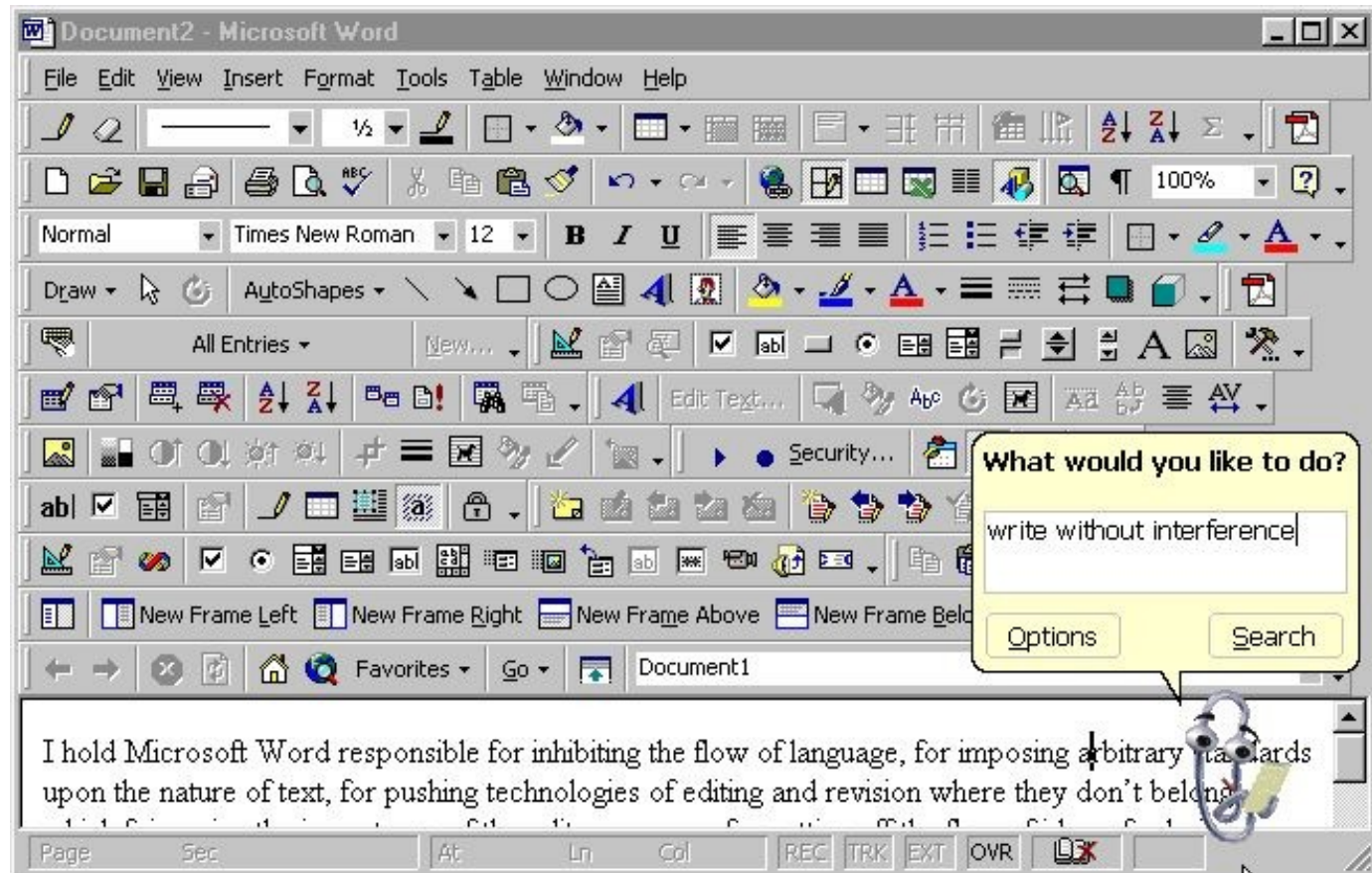
- Pourquoi faut-il s'intéresser à la conception et au développement des Interfaces HommeMachine (IHM)?
  - Une mauvaise interface peut provoquer le rejet de la part des utilisateurs, leur frustration, voire leur anxiété, face au système qu'ils ont à utiliser. Augmente les coûts, le support...
  - Inversement, une bonne IHM amplifie les sensations positives de succès et de contrôle. Augmente le rendement, les achats (par exemple les Mac-addicts...)
- Mais qu'est-ce qu'une bonne IHM ?
  - D'une façon générale, une bonne IHM est une interface que l'utilisateur ne remarque plus
- Pour l'informatique, on parle d'IHO (O = ordinateur)

# *Objectifs de la conception des IHM (1)*

- Concrètement, les objectifs généraux pour la conception d'une IHM sont :  
(d'après US Military Standards for Human Engineering Design Criteria)
  - permettre la réalisation des tâches prévues,
  - minimiser l'investissement nécessaire pour pouvoir utiliser l'interface
  - garantir des interactions fiables
  - favoriser la standardisation

# Objectifs de la conception des IHM (2)

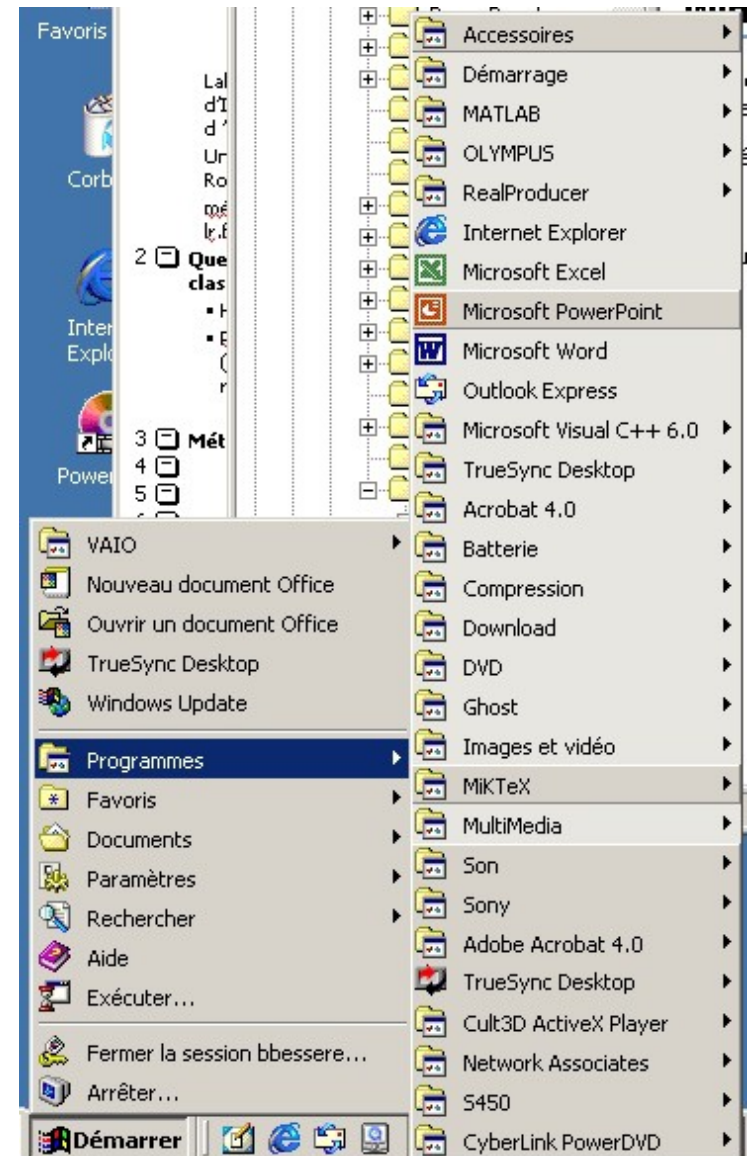
- Permettre la réalisation des tâches prévues:
  - La richesse fonctionnelle doit être adaptée.  
Trop peu de fonctions → système inutilisable  
Richesse fonctionnelle trop importante → système difficile à maîtriser.





# Analyse fonctionnelle

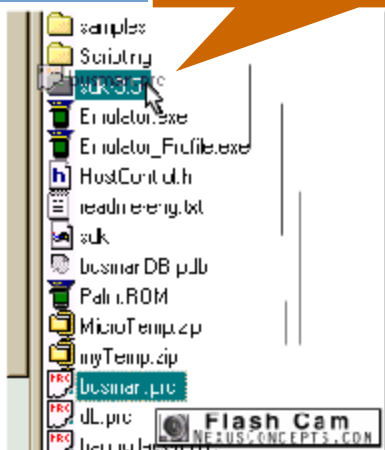
- Une analyse fonctionnelle doit être réalisée pour recenser l'ensemble des tâches et sous-tâches véritablement nécessaires, ainsi que leur fréquence d'utilisation.
- "Analyse fonctionnelle dynamique"  
Règle du MRU (Most Recently Used)



# Objectifs de la conception des IHM (3)

- Minimiser l'investissement de l'utilisateur:
  - Minimiser la durée d'apprentissage et le niveau de compétences requis, ce qui peut s'obtenir, entre autre, par un mimétisme plus ou moins marqué avec d'autres IHM auxquelles l'utilisateur à déjà été confronté (desktop Windows)

**Exemple :  
le drag & drop  
(glisser & déposer)  
à la souris**



**au stylet**



**Ou avec le doigt**



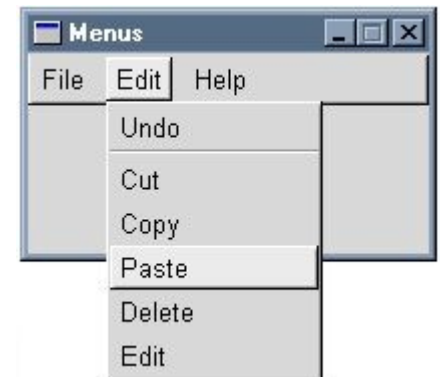
# Objectifs de la conception des IHM (3)

- Et demain par la voix GRACE à l'IA ?  
*assistant virtuel ECHO d'Amazon :*  
« Alexa, Remind me to buy shampoo, »  
« Alexa, Play some bluegrass music, »  
« Alexa, How many moons does Saturn have? »



# Objectifs de la conception des IHM (4)

- Garantir des interactions fiables :
  - Garantir un bon degré de fiabilité lors des interactions.
  - La confiance que place l'utilisateur dans le système est souvent fragile! Les interactions offertes par une bonne IHM doivent donc contribuer à augmenter la confiance de l'utilisateur : fonctionnement sans erreurs, organisation fonctionnelle claire et cohérente, stabilité dans le temps,...
- Favoriser la standardisation :
  - La standardisation permet de réduire les temps d'apprentissage, augmente la confiance et les performances des utilisateurs (moins d'erreurs) et améliore la portabilité des systèmes.
  - Interfaces multiplateforme : Qt, Tcl/Tk, GTK, ect...



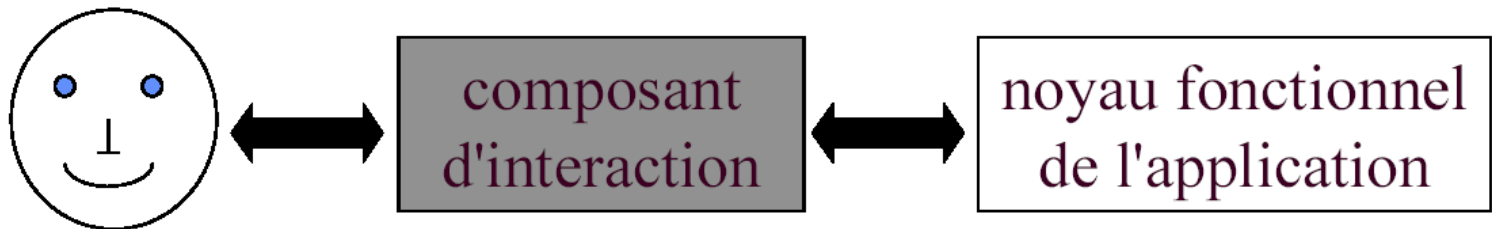


# Méthodes de conception

## ■ Règles :

- Séparer la conception de l'application de la conception de l'interface
- Prendre en compte les utilisateurs
- Concevoir de manière itérative, avec phases d'affinement progressif
- Par une équipe pluridisciplinaire

**séparation IHM / application**



**Modèle de Seeheim**

Présentation, la Gestion du Dialogue, le Modèle d'Interfaçage de l'Application

# ***Domaines connexes***

- Le développement d'IHM est une activité multidisciplinaire. Il faut des spécialistes:
  - **en psychologie et facteurs humains**  
pour prendre en compte les concepts issus des théories de la perception et de la cognition;
  - **en conception logicielle**  
pour utiliser au mieux les techniques informatiques disponibles;
  - **en développement de matériel**  
pour mettre à profit les progrès dans le domaine de la conception de nouveaux périphériques, et offrir un accès au système au plus grand nombre de personnes (handicapés compris)
  - **en conception graphique**  
pour la fabrication des «layouts» qui seront utilisés dans le cas d'interfaces visuelles

# *Principales étapes de la conception*

- Les principales étapes de la conception d'une IHM sont:
  1. déterminer l'ensemble des tâches que l'IHM devra permettre de réaliser :  
une bonne IHM est une IHM dont les objectifs fonctionnels sont clairement identifiés;
  2. déterminer les caractéristiques principales des utilisateurs qui seront amenés à utiliser l'IHM (leur profil) :  
la qualité d'une IHM est directement dépendante de son adéquation avec la population d'utilisateurs pour laquelle elle est prévue;
  3. proposer plusieurs prototypes d'interface qui seront discutés et évalués par les concepteurs et les utilisateurs potentiels :  
une bonne IHM naît le plus souvent de la diversité... et plusieurs pistes doivent donc être explorées;

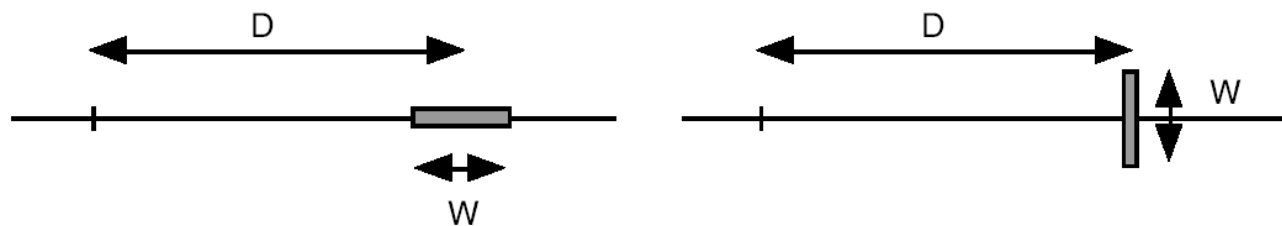
# *Principales étapes de la conception*

1. produire une spécification explicite de l'IHM, décrivant à la fois les contraintes fonctionnelles et les contraintes de `layout`; un manuel d'utilisation et une référence technique pourront également être produits durant cette phase;
2. réaliser l'IHM proprement dite (phase d'implémentation effective);
3. évaluer l'IHM produite sur la base d'indicateurs reconnus



# Loi de Fitts

- En ergonomie, la loi de Fitts est un modèle du mouvement humain.
- Elle prédit le temps mis pour se déplacer rapidement d'un point à une zone cible, en fonction de la distance de la cible et de sa taille
- Utiliser pour modéliser l'acte de pointer
  - Monde réel
  - Sur les IHM
- Publié par **Paul Fitts** en 1954.



Tâche de pointage (à gauche) et de traversée debut (à droite).

- Le modèle (formulation de Shannon) pour un mouvement dans une direction

$$T = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$

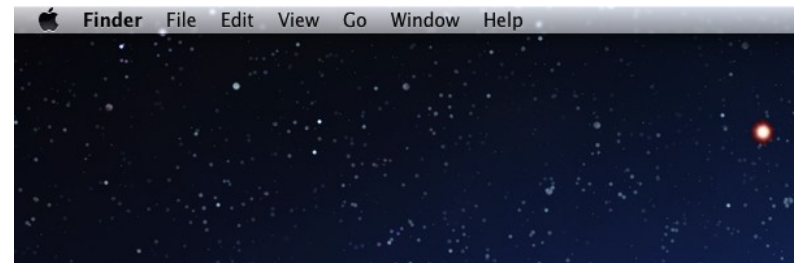
avec

- T : temps moyen pour effectuer le mouvement
- a et b : constantes empiriques
- D : distance du point de départ au centre de la cible
- W : largeur de la cible dans la direction du mouvement (tolérance)

⇒ Compromis vitesse/précision

$$T = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$

- Les bords et les coins d'un moniteur (e.g., emplacement du bouton 'Demarrer' sous Microsoft Windows, menus et Dock de Mac OS X) sont particulièrement facile à attendre car le pointeur reste bloqué (largeur infinie)

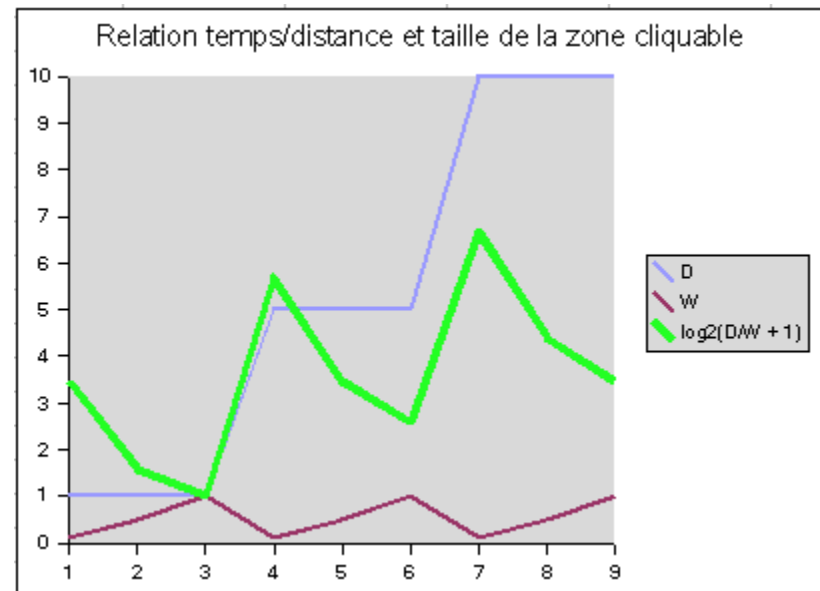


## ■ Exemple d'exercice

- Voici des temps en secondes mesurés lors d'une expérimentation avec un dispositif particulier. Déterminer (grossièrement) les constantes de la loi de Fitts

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D	1	1	1	5	5	5	10	10	10
W	0,1	0,5	1	0,1	0,5	1	0,1	0,5	1
T	0,22	0,11	0,07	0,35	0,22	0,17	0,41	0,27	0,22
$\log_2(D/W+1)$	3,46	1,58	1	5,67	3,46	2,58	6,66	4,39	3,46

$$T = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$



# ***Zone de visibilité / accessibilité***

Bases de l'exploration visuelle et de l'accessibilité :

<b>Très visible</b> <b>Peu accessible</b>	<b>Très visible</b> <b>Peu accessible</b>	<b>Très visible</b> <b>Peu accessible</b>
<b>Très visible</b> <b>Très accessible</b>	<b>Très visible</b> <b>La plus accessible</b>	<b>Très visible</b> <b>Très accessible</b>
<b>Peu accessible</b>	<b>Peu visible et Peu accessible</b>	<b>Peu accessible</b>



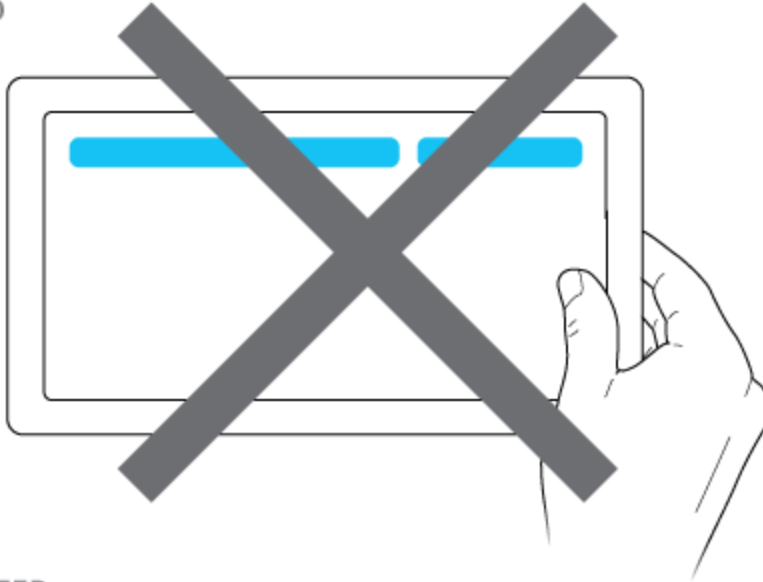
# Exemple : MAC OS 10

## ■ Zone de meilleure accessibilité/ visibilité

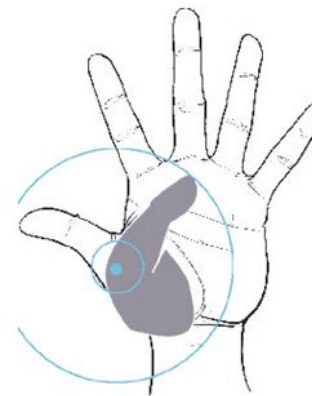
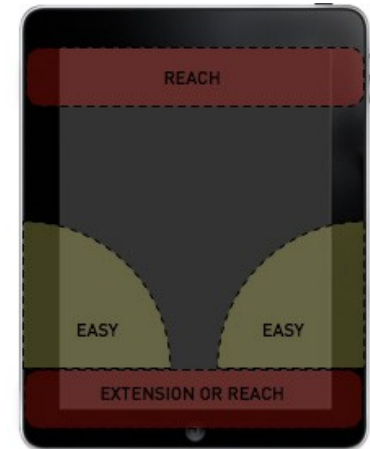
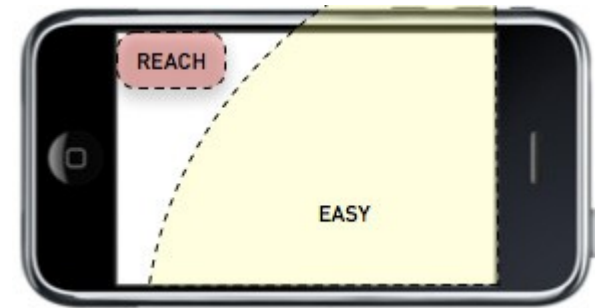
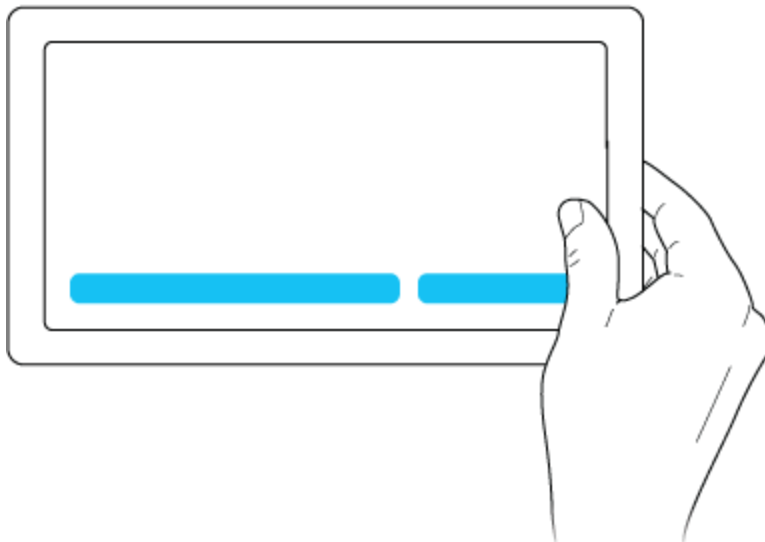


# Et pour les Smartphones

BAD



BETTER



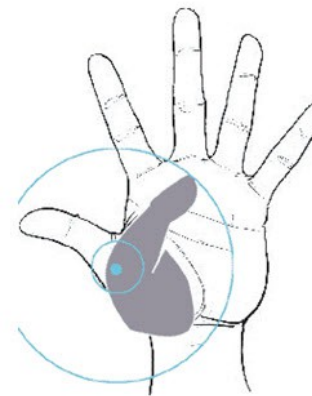
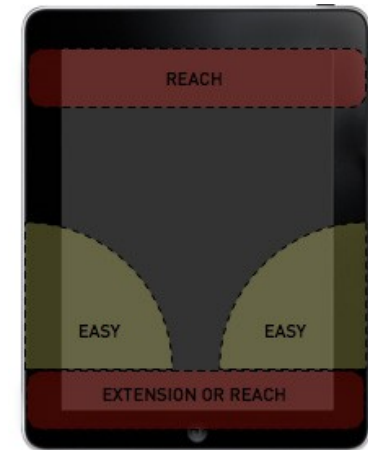
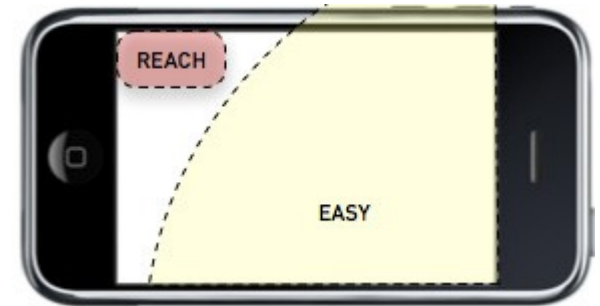
# Et pour les Smartphones

*Activity zones: Put the high-use controls in the Easy zones*

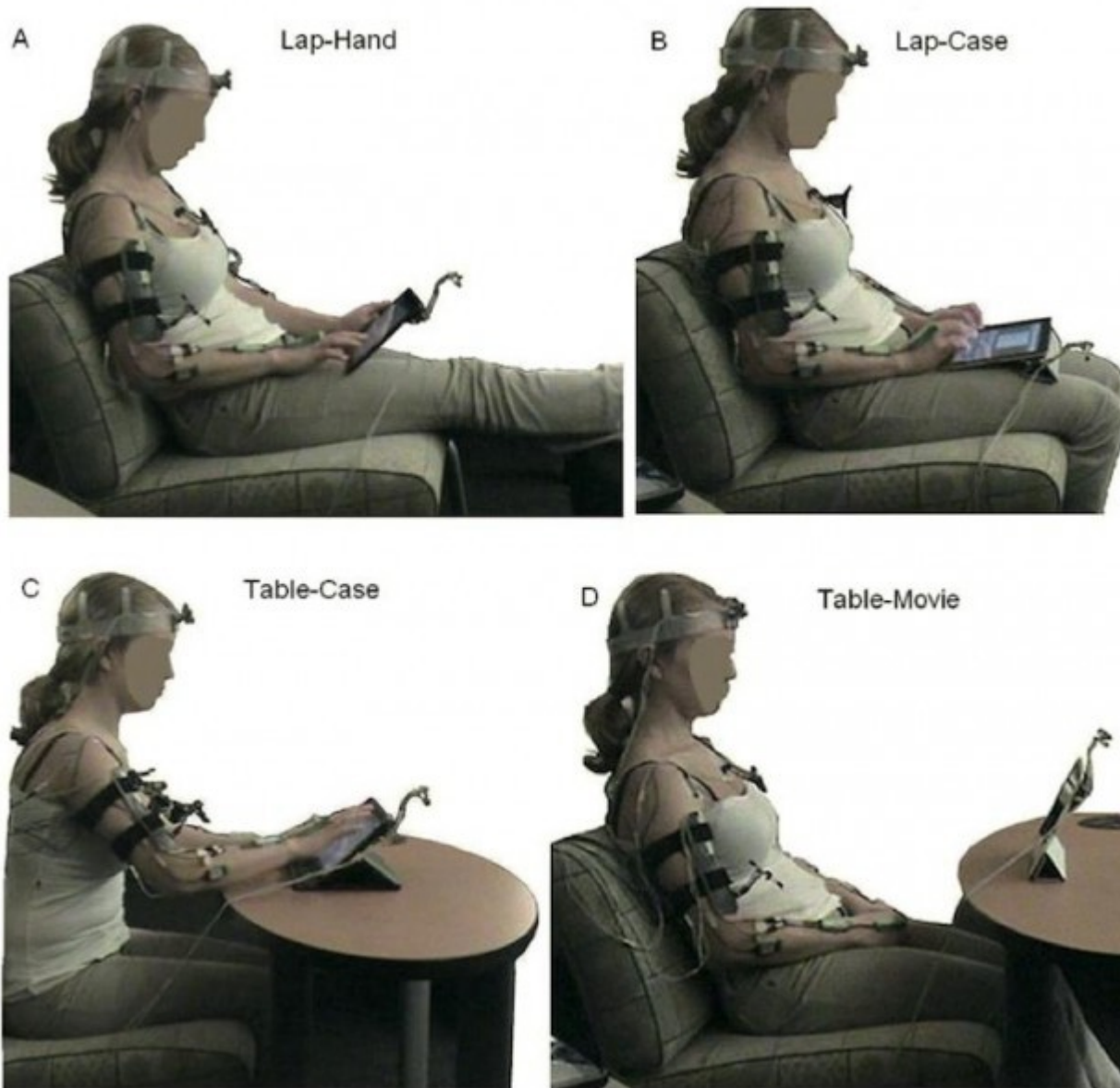
Pour les smartphones, les boutons doivent être placés dans des endroits qui correspondent à l'ergonomie de la main

- Pouce (easy)
- L'index pour les autres parties (Reach)

Tout en gardant le téléphone en main!

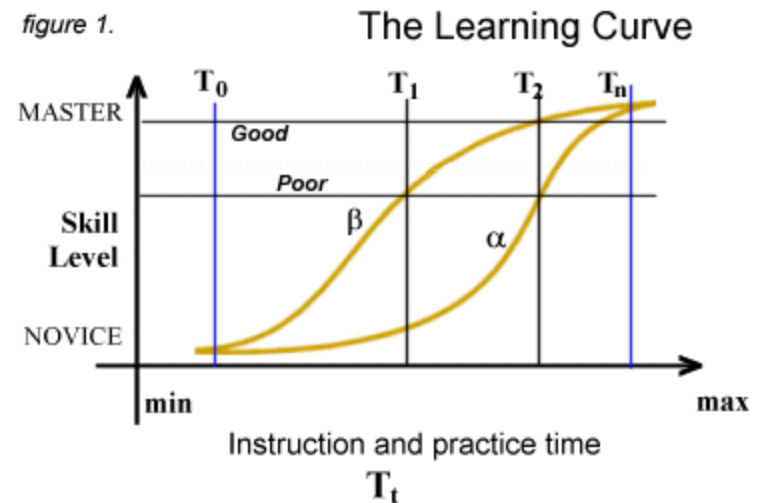
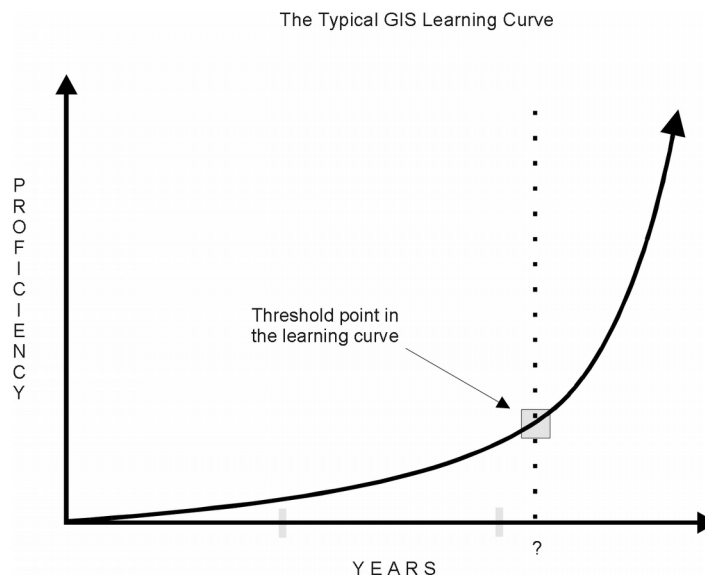


# *Evaluation objective*



# Critères d'évaluation

- Dans le but de quantifier (mesurer) la qualité d'une IHM, quelques indicateurs sont fréquemment employés:
  - **La durée d'apprentissage :**  
la durée moyenne nécessaire pour qu'un utilisateur typique maîtrise les fonctions pour lesquelles l'IHM a été développée;





# Critères d'évaluation

- Une analyse ergonomique n'est pas fondée sur des opinions individuelles ou subjectives mais sur l'analyse de données qualitatives/quantitatives provenant du comportement des utilisateurs. Elles peuvent être de différents ordres:
  - Variable nominales
  - Variables ordinales
  - Variables numériques
- Puis analyse statistique des différentes mesures recueillies (distributions, corrélations...)

# Critères d'évaluation

- **La rapidité d'exécution :**  
la durée moyenne de réalisation d'un ensemble test de tâches par un groupe d'utilisateurs de référence;
- **Le taux d'erreur :**  
le nombre et la nature des erreurs faites par le groupe d'utilisateurs de référence lors de la réalisation de l'ensemble test de tâches ;
- **La mémorisation dans le temps :**  
c'est à dire l'évolution dans le temps des critères précédents (qu'en est-il après une heure d'utilisation, un jour, une semaine, ... ?);
- **La satisfaction subjective :**  
la satisfaction subjective des utilisateurs pourra être mesurée par le biais de questionnaires ou d'interviews face à face.

# Critères d'évaluation

- Il n'est souvent pas possible d'optimiser l'ensemble des critères mentionnés ci-dessus et des compromis devront être faits selon les domaines d 'application des IHM
- Outils automatiques d'évaluation
  - Monkey Test
  - Test d'utilisabilité (suivant une norme: ex. ISO 9241-11)  
On considère qu'une IHM est utilisable lorsque :
    - l'utilisateur peut réaliser sa tâche (efficacité)
    - qu'il consomme un minimum de ressources pour la faire (efficience)
    - et que l'interface est agréable à utiliser (satisfaction)

# Évaluation heuristique

- Promenade (walkthrough) informelle
  - A partir d'une liste de principes (heuristics), inspecter l'interface afin d'identifier des problèmes potentiels d'utilisabilité
- Avantages et inconvénients
  - Économique et facile à appliquer (+)
    - Aucun utilisateur n'est requis
    - Peut être réalisée individuellement
    - Nécessite une planification minimale
  - Utilisable très tôt dans le cycle de conception (+)
  - Problèmes liés au domaine de l'application difficilement identifiables (-)
  - « E.H. = a discount usability engineering method »

# Évaluation heuristique

## ■ Heuristiques initiales

- Dialogue simple et naturel
  - Parler le langage de l'utilisateur
  - Ne pas parler trop vite
  - Feed-back
  - Sorties
  - Raccourcis
  - Messages
  - Prévenir les erreurs
  - Aide et documentation
- La manière d'interagir avec le système doit être simple
  - Éviter le langage technique
  - Utiliser le langage du domaine
  - Éviter le langage informel
  - Éviter les métaphores
  - Indiquer quand le système est en train de faire un traitement
  - Fournir un feed-back aux actions de l'utilisateur
  - Fournir un feed-back en rapport avec la tâche de l'utilisateur
  - Indiquer quand le système a échoué



## ■ Heuristique

- Dialoguer
- Parler
- Ne pas
- Feed-back
- Sorties clairement
- Raccourcis
- Messages d'erreur appropriés
- Prévenir les erreurs
- Aide et documentation

- Montrer le chemin suivi par l'utilisateur dans le système

- Mon

- al

- M

- l'é

- Utiliser des raccourcis pour réaliser les actions

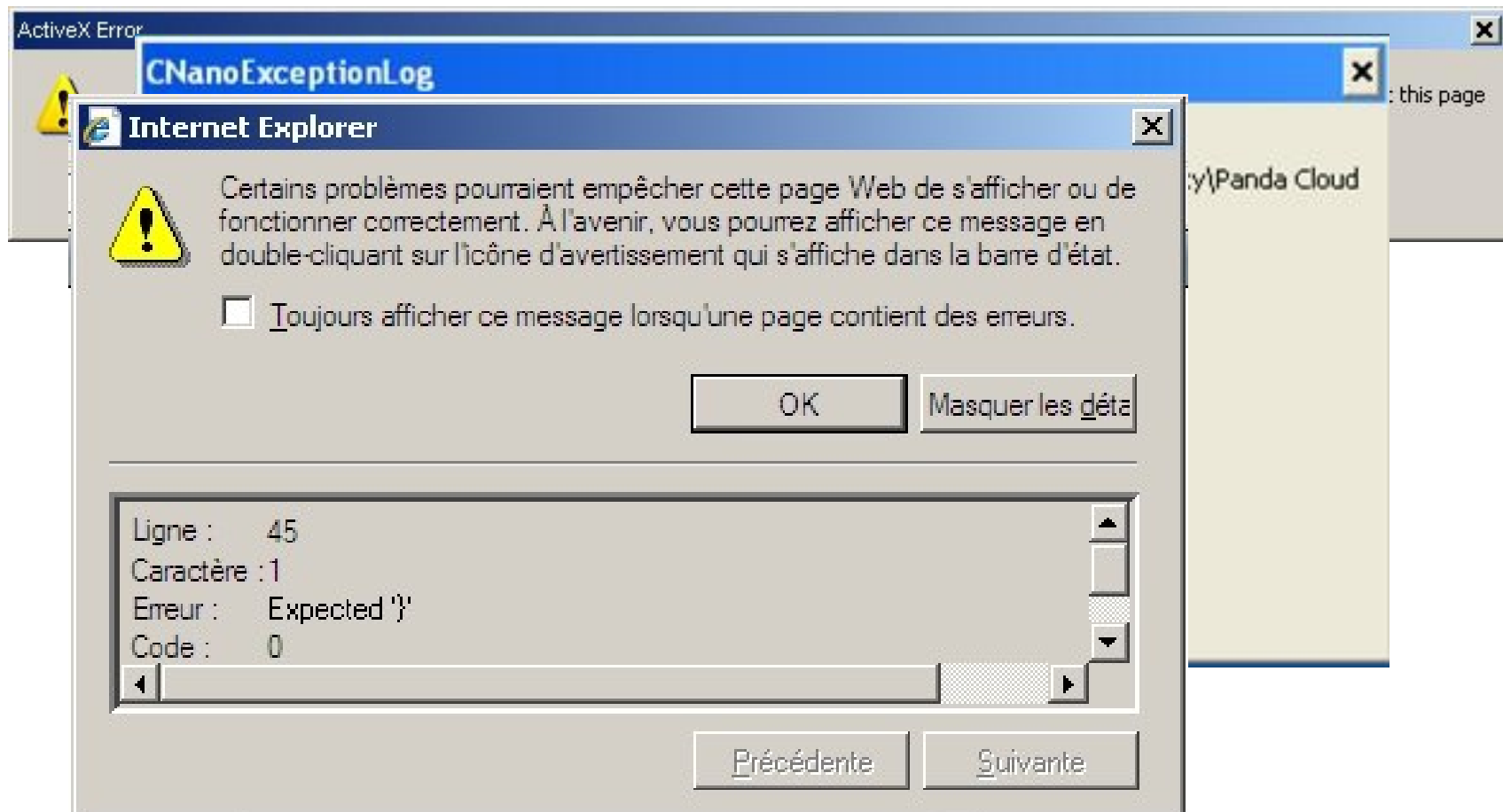
- Inférer la suite d'une frappe clavier

- Autoriser les sauts vers les endroits où l'utilisateur veut aller

- Réutiliser l'historique de l'interaction

# Évaluation heuristique

- Messages d'erreurs pertinents
  - Eviter d'utiliser un langage codé comme « Erreur No 31 »



# Évaluation heuristique

## ■ Prévenir les erreurs

- Engager un dialogue système-utilisateur lors des actions de l'utilisateur peuvent conduire à des conséquences désastreuses
- Indiquer le statut du système et de ses actions
- Utiliser les commandes « undo » et « redo »

## ■ Aide et documentation

- Les manuels papier ne devraient pas être nécessaires
- Fournir l'aide en ligne à la demande de l'utilisateur
- Sinon, fournir l'aide à l'initiative du système

# Évaluation heuristique

- Estimation de la gravité des problèmes
  - 0 = Ceci n'est pas un problème d'utilisabilité
  - 1 = Problème « cosmétique » uniquement : pas nécessaire de le régler si l'on n'a pas le temps
  - 2 = Problème mineur : problème à régler avec une priorité faible
  - 3 = Problème majeur : important à régler (priorité élevée)
  - 4 = Problème « catastrophique » : à régler impérativement avant de diffuser l'interface

# ***Domaines d'application (1)***

- Les principaux domaines d'application pour les IHM se répartissent dans trois grandes catégories:
  - les systèmes critiques (généralement temps réel)
  - les systèmes commerciaux et industriels
  - les systèmes personnels



# Domaines d'application (2)

- Les systèmes critiques:  
(contrôle aérien, pilotage d'avions ou de centrales nucléaires, appareillage médical, ...)
  - Dans ce domaine, la fiabilité (faible taux d'erreur) et la performance (temps de réponse très court) sont centrales, y compris et en particulier dans des conditions de stress pour les utilisateurs.
  - Elles seront souvent obtenues au prix de durées d'apprentissage plus longues, et la mémorisation est garantie par des entraînements fréquents



# Domaines d'application (3)

- Les systèmes commerciaux et industriels:  
(applications de type transactionnels, dans le domaine des banques, assurances, gestion des stocks, comptabilité, réservations vente, ...)

- facteur déterminant :  
le coût.

La formation des utilisateurs coûte cher; la durée d'apprentissage devra donc être réduite... tout en garantissant cependant des taux d'erreurs acceptables (car les erreurs représentent également un coût, souvent mesurable).

- La rapidité d'exécution est également importante (nombre d'opérations réalisées.)

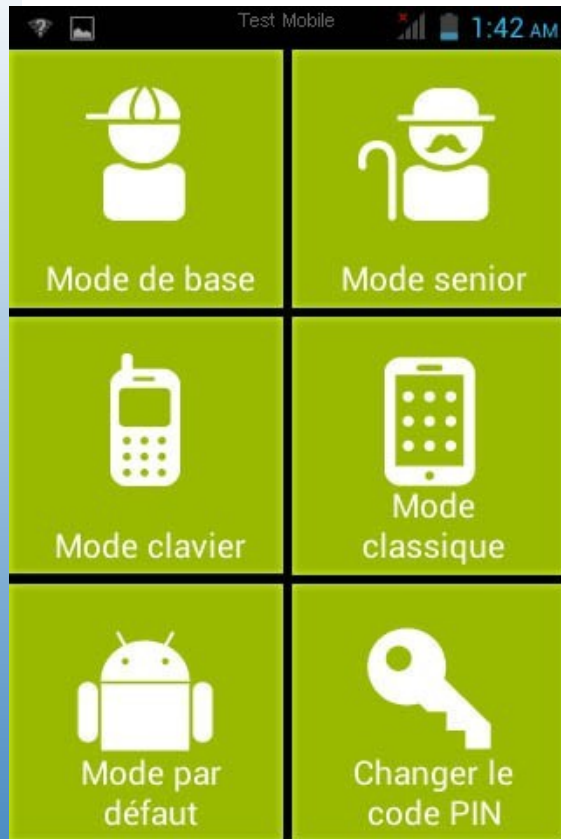


# Domaines d'application (4)

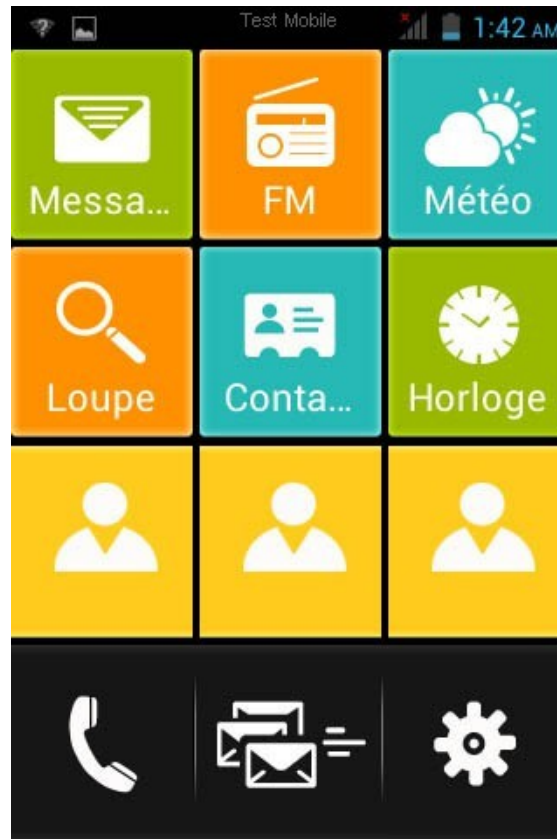
- Les systèmes personnels et de loisirs:  
(suites bureautiques, jeux, applications éducatives, systèmes d'exploitation, ...)
  - La satisfaction subjective des utilisateurs est l'élément central car c'est souvent le critère déterminant pour le choix d'un système... et la concurrence est féroce.
  - La rapidité de l'apprentissage et de faibles taux d'erreurs seront également déterminants.
  - Difficulté : l'extrême variété des utilisateurs (du néophyte à l'expert confirmé), qui va souvent nécessiter une structure à plusieurs niveaux pour les interfaces (multilayered interface)



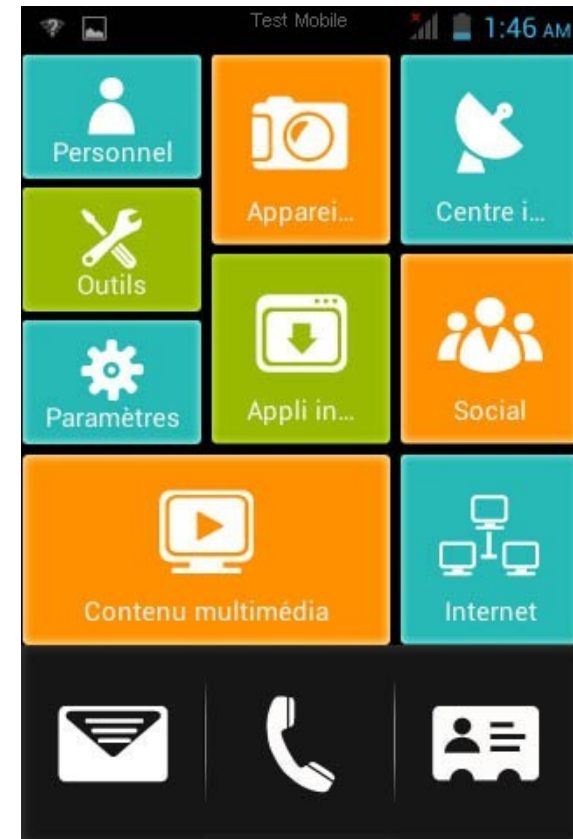
# Exemple : interface Android



Mode senior



Mode de base



# *IHM, ergonomie et couleurs...*

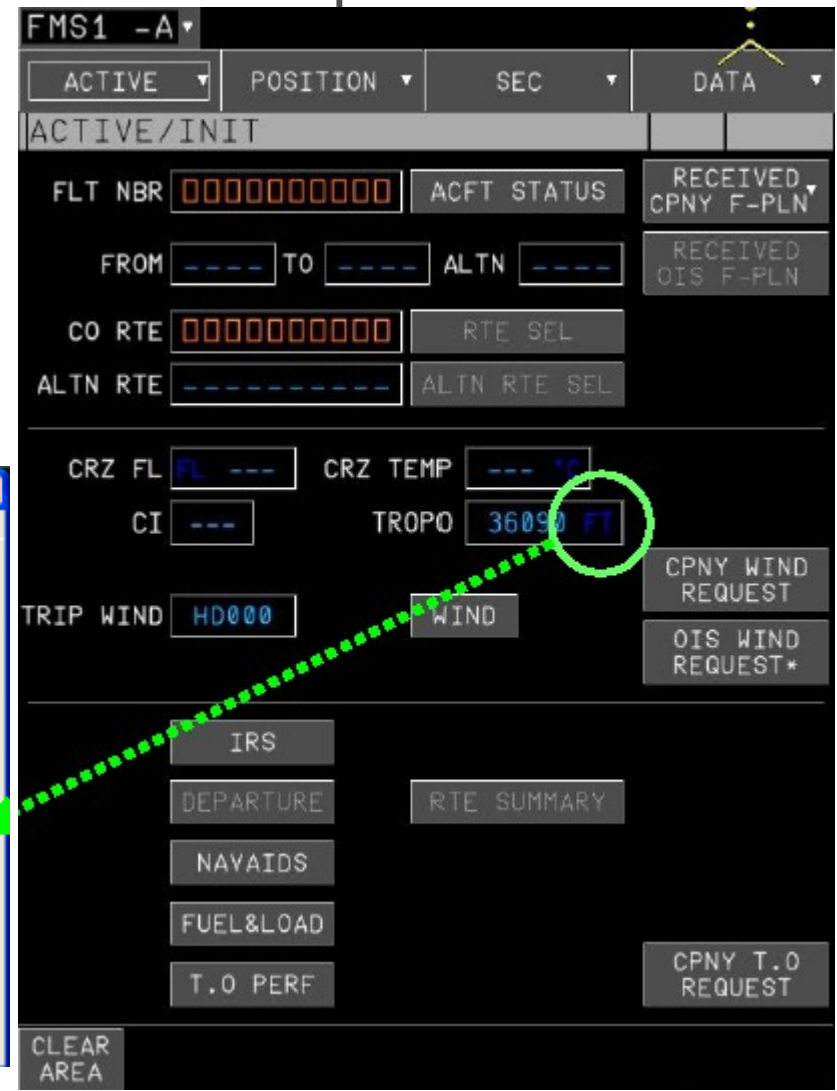
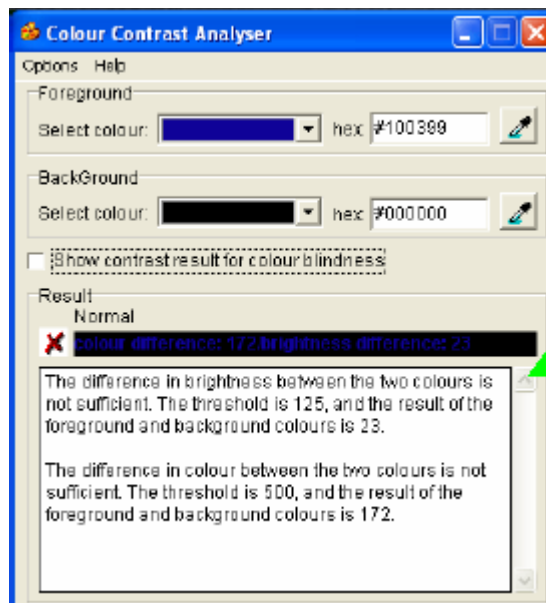
- Énoncez les précautions essentielles d'utilisation de l'attribut couleur dans les IHM?



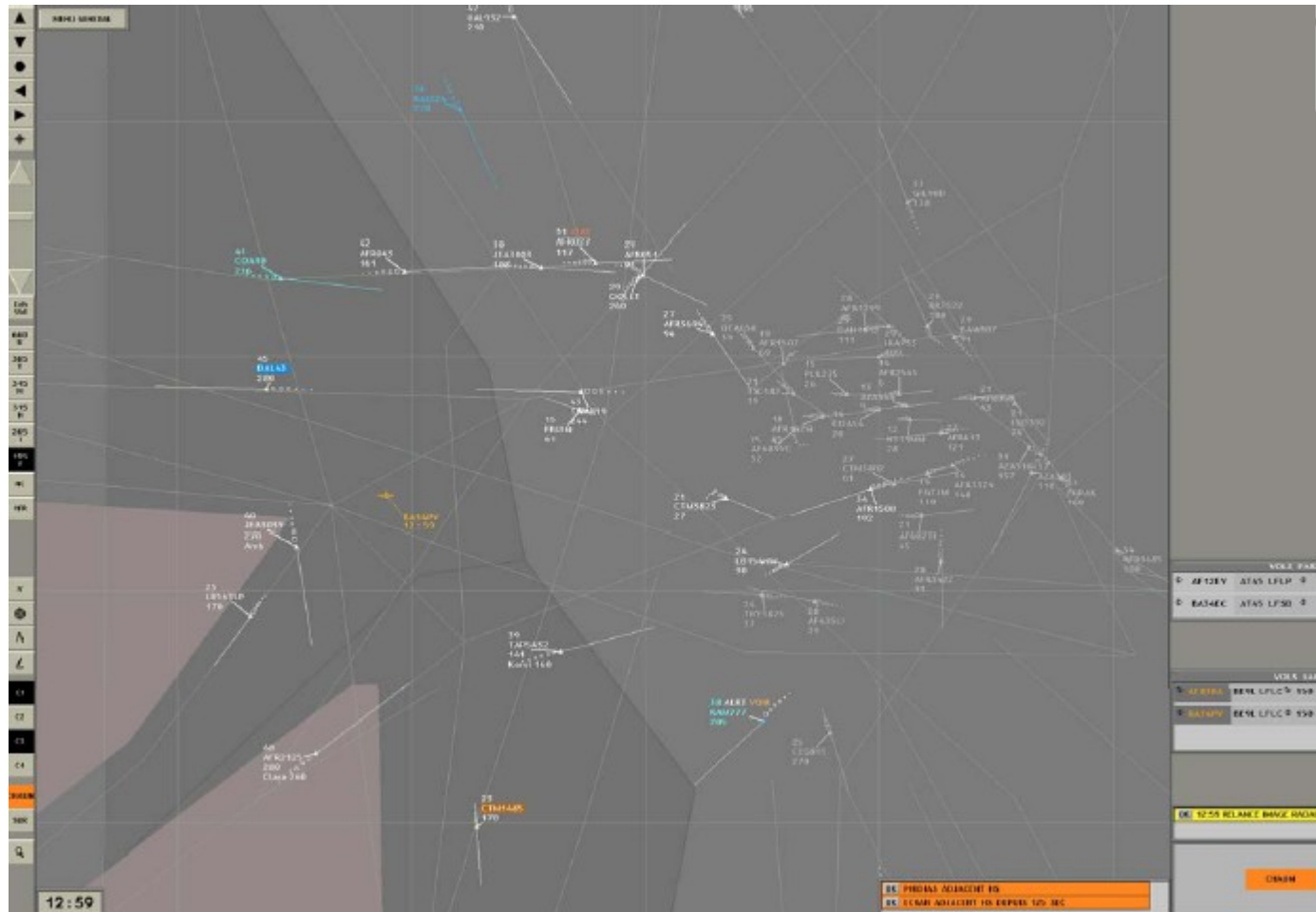
- utiliser la couleur pour attirer l'attention, montrer une organisation, indiquer un état, montrer des relations ;
- concevoir d'abord en monochrome puis rajouter les couleurs ;
- prévoir la modification possible par l'utilisateur ;
- utiliser au maximum 8 couleurs (4 au plus est conseillé) ;
- pour un objet donné, le nombre de couleurs utilisés doit être nettement inférieur au nombre de ces attributs ;
- Le bleu permet de centrer l'attention (encadrement) mais ce ne doit pas être un élément déterminant de l'interface.
- Mais ce ne doit pas être le seul élément discriminant. Utiliser la couleur et un autre moyen de mise en évidence pour afficher une information importante.
- Problème du daltonisme : 8% des hommes ont des difficultés de percevoir les couleurs (un peu moins chez les femmes (0,4%)).



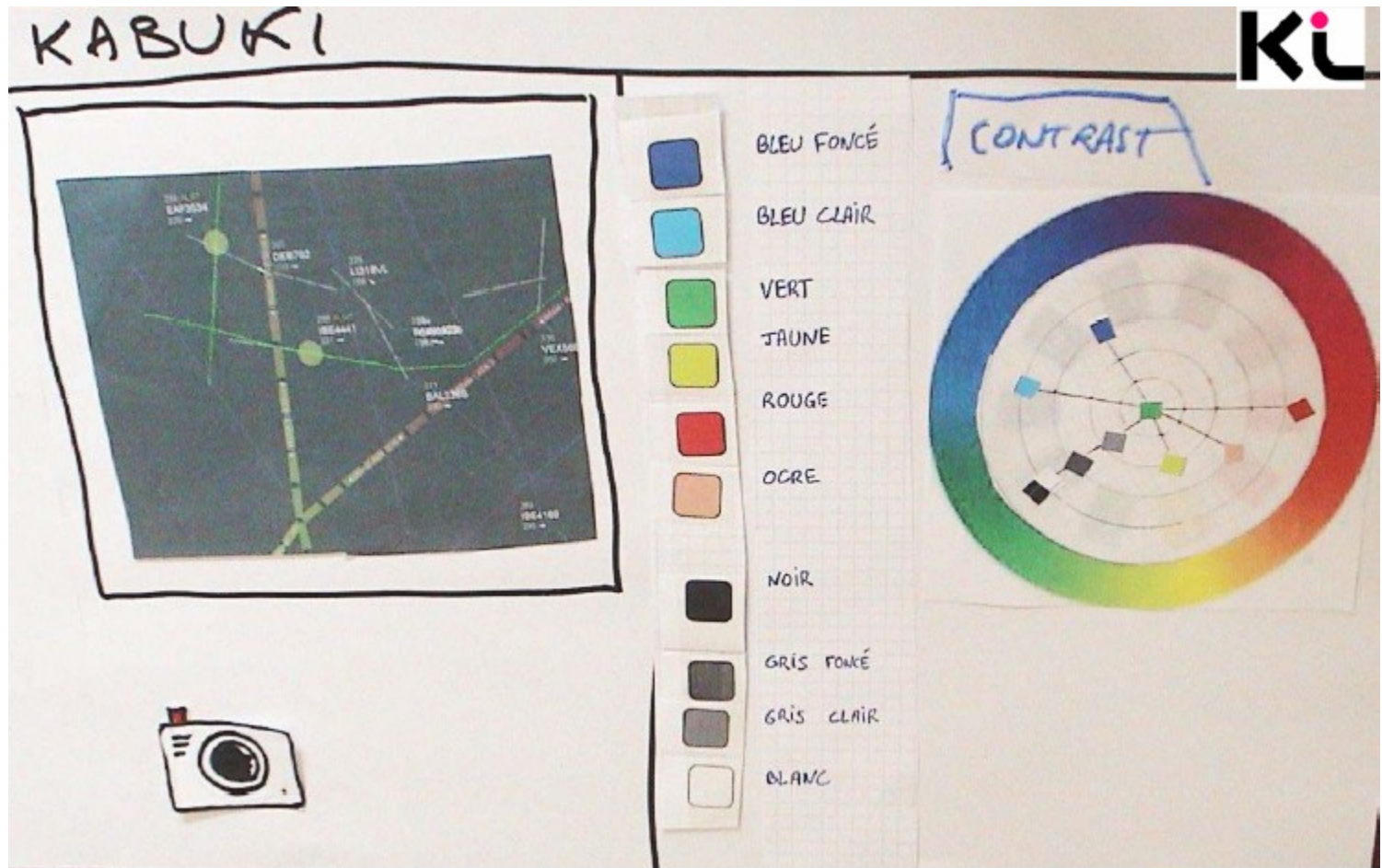
- Mais attention pour les IHM « critiques »
- Exemple de contraste faible sur un afficheur d'ordinateur de vol



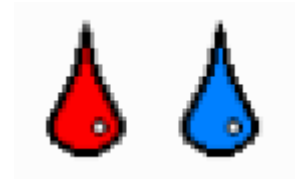
- Logiciel pour le guidage des avions (aiguilleurs du ciel)



## ■ Travaux de recherche sur la couleur et les contrastes



- *La couleur ne doit pas être le seul élément déterminant de l'interface !*
- *Utiliser la couleur et un autre moyen de mise en évidence pour afficher une information importante.*



- N'oubliez pas que :
  - Les manuels sont le plus souvent en noir & blanc !
  - *Problème du daltonisme : 8% des hommes ont des difficultés de percevoir les couleurs (un peu moins chez les femmes (0,4%)).*
- Ne mettre que la couleur sur l'élément principal

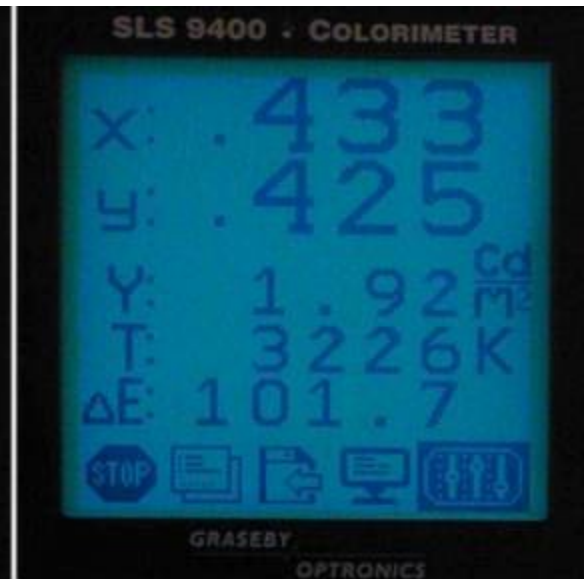
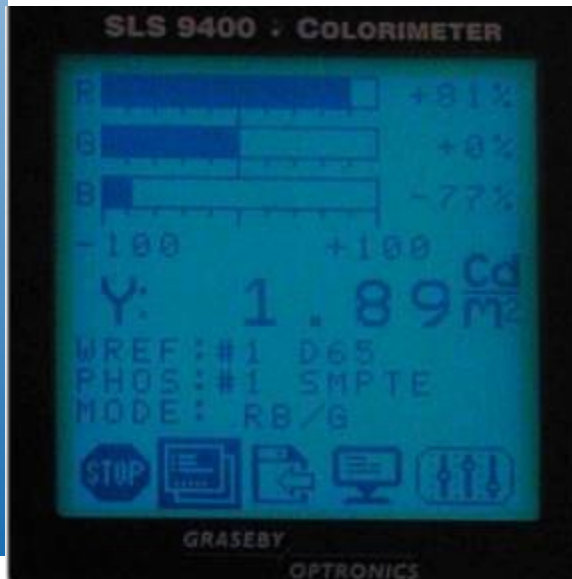
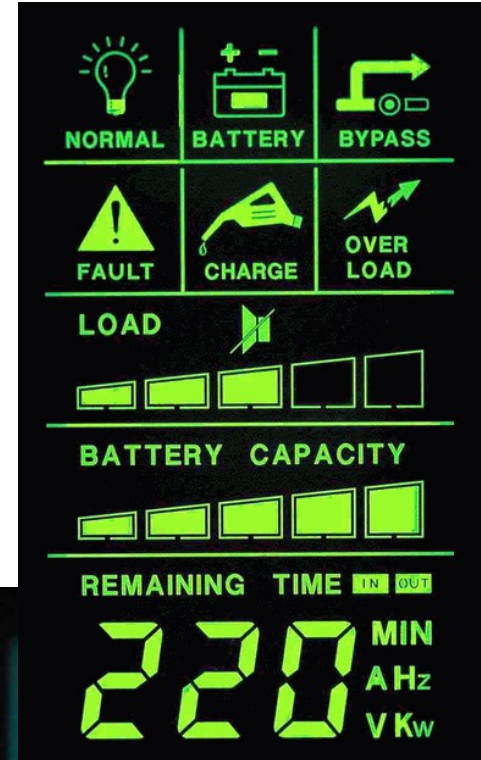
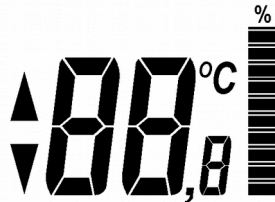
# *IHM et symboles graphiques*

A votre avis, pour qui est destiné ce feu?



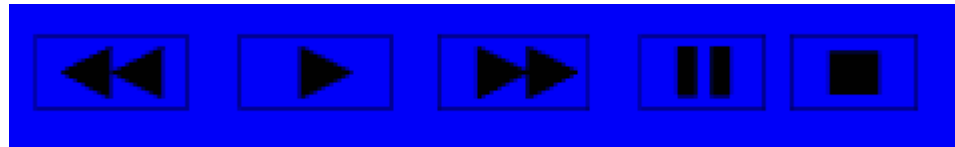


# Cas particulier : IHM des systèmes embarqués

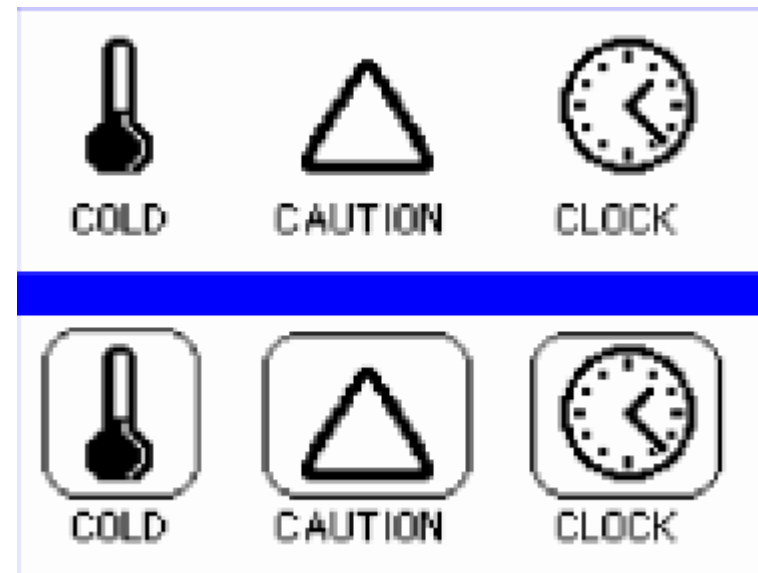


# IHM pour les systèmes embarqués

- Utilisation d'icônes simples et couramment utilisées (pas d'apprentissage)



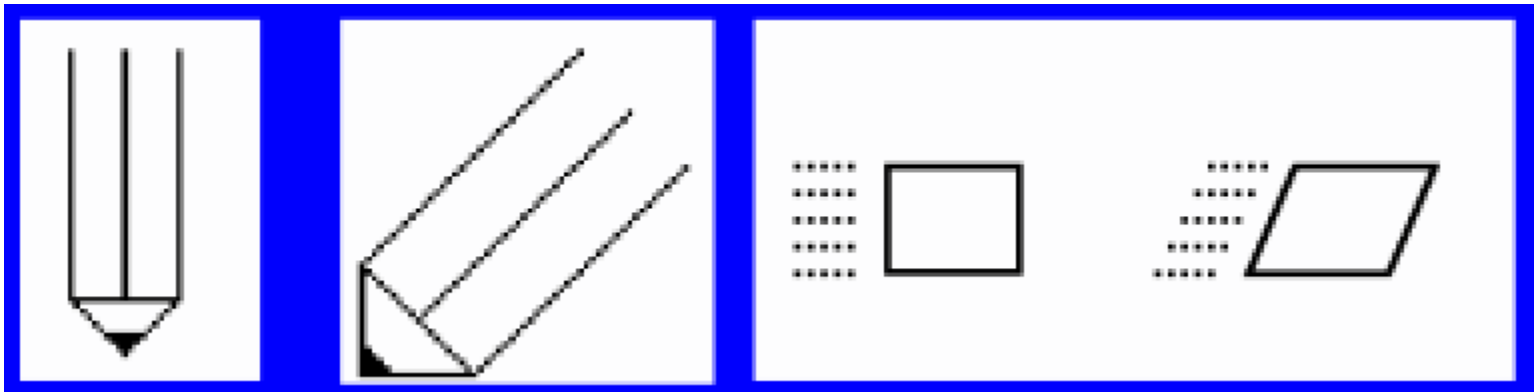
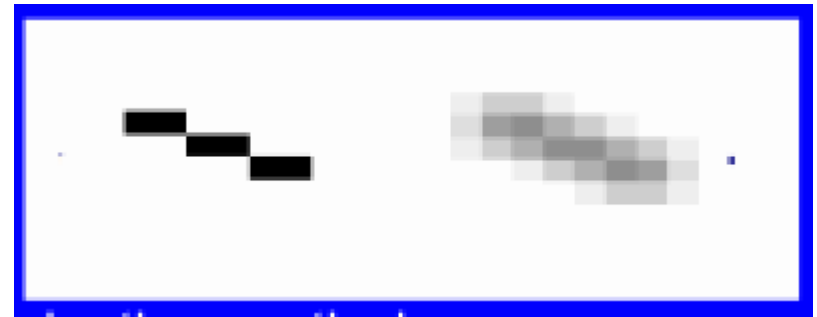
- Définir les icônes en Noir & Blanc
- Ne mettre un cadre que si c'est utile  
→ l'icône sert également de bouton poussoir
- Sinon, le cadre nuit à la lisibilité





# IHM pour systèmes embarqués

- Le tracé en diagonale n'est pas aisé, surtout sur des afficheurs LCD faible résolution
- L'anti-aliasing ne marche que sur des afficheurs disposant de plusieurs niveaux de gris
- Attention à la distorsion géométrique lors de l'usage des diagonales.
- Utile pour la représentation du mouvement

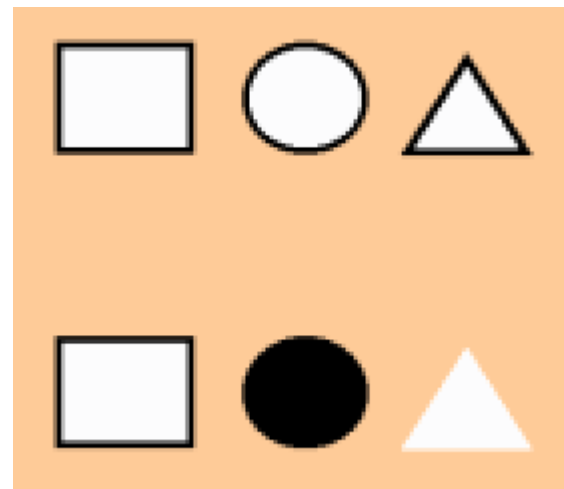


# IHM pour systèmes embarqués

- Jouer sur la taille, la position et la perspective pour représenter la 3eme dimension



- Pour les tâches critiques, différencier les icônes avec plusieurs attributs



# *Attentions aux symboles « culturels »*

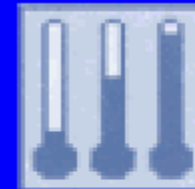
- Enfin, attention aux « symboles culturels » pour un produit qui peut être vendu à l'étranger



Marriage



OK

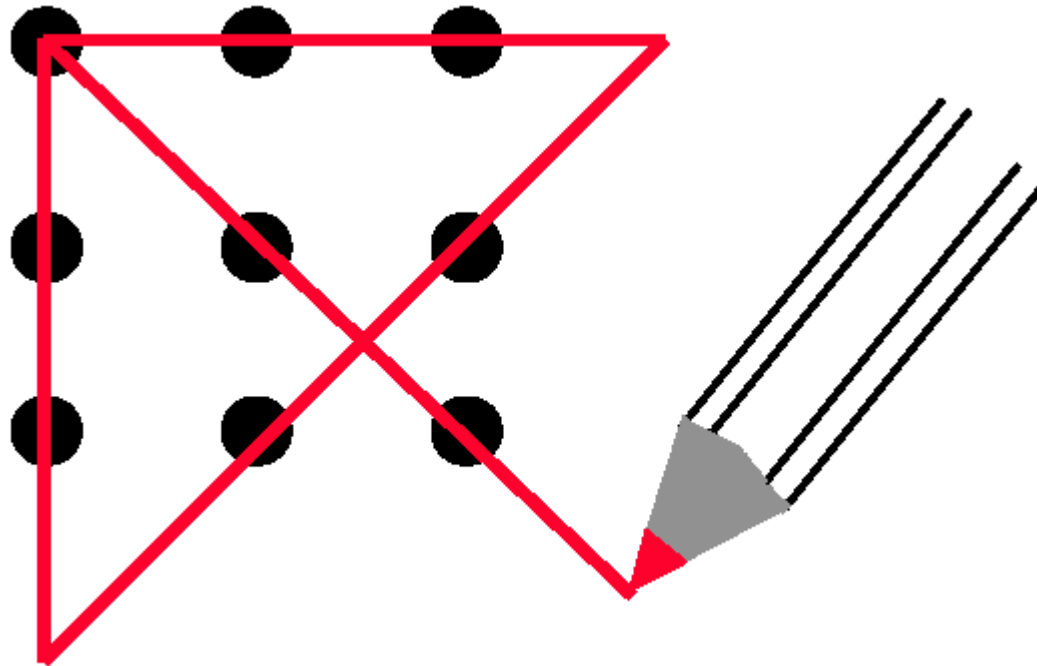


Getting  
Hotter

# Exercices 1

- Un petit jeu perceptif...

Comment réunir ces 9 points par 4 lignes droites sans lever de crayon?



L'utilisateur a toujours tendance à chercher dans le champ...

## Exercice 5

- Avec le "File Manager" de Windows 3.11, l'action de renommer un fichier entraînait l'affichage de la boîte de dialogue suivante. Ce n'est pas un modèle du genre, et peut induire des mauvaises manipulations de la part de l'utilisateur. Quels sont les défauts de l'IHM et que suggérez-vous.

