

Ergonomie cognitive et interfaces homme-machine

Plan du cours

- Définitions de l'ergonomie cognitive
- Les critères de l'analyse ergonomique
 - Les notions d'aide, d'assistance et d'outil
 - Les recommandations de Bastien et Scapin (1993)
 - Les principes de Mayer (2005)
- La place de l'ergonomie dans le processus de conception
- Les méthodes d'évaluation ergonomique

Objectifs

- Sensibiliser à la nécessité de prendre en compte le facteur humain dans le processus de conception de machines, de logiciels, d'interfaces
- Prendre connaissance des recommandations ergonomiques pour une conception adaptée et efficace, qui prend en compte l'utilisateur final
- Connaître les méthodes de l'évaluation ergonomique

L'ergonomie

Généralités et définitions

- Ergon : travail et Nomos : lois naturelles
- Science du travail et des activités humaines (Human factors)
- Objectif : contribuer à la conception ou à la transformation/adaptation des situations de travail avec un souci de respecter la santé et la sécurité des hommes, et ce, avec le maximum de confort et d'efficacité (Noulin, 1992)

L'ergonomie cognitive

Généralités et définition

- L'ergonomie cognitive s'intéresse aux situations de travail et, plus largement, à toutes les situations complexes qui sont vécues par l'opérateur humain dans la totalité de ses fonctions.
- Ces situations présentent toutes les dimensions étudiées par la psychologie en général, dans leurs aspects cognitifs, logiques, sociaux, affectifs, neurophysiologiques ou neuropsychologiques.
- Champ multidisciplinaire

L'ergonomie cognitive

Généralités et définitions

- La particularité de l'ergonomie cognitive est de mettre l'accent sur le rôle essentiel de l'Homme dans le maintien de l'équilibre du système
- L'activité de travail est envisagé comme un dialogue entre un (ou des) hommes(s) et une (ou des) machines en vue de coordonner des informations et des actions pour résoudre des problèmes
- Etude des interactions Homme-Systèmes techniques / Homme-Interfaces

L'ergonomie cognitive

Généralités et définitions

- « Un système H/M est une organisation dont les composantes sont des H et des M, reliés par un réseau de communication et travaillant ensemble pour atteindre un but commun compte tenu des contraintes d'un environnement donné. » (Spérandio, 1984)
- La M représente ce avec quoi l'opérateur interagit lors de son travail.
- Ensemble des supports de travail, outils, techniques, outils mentaux (ex: langage), instruments (ex: grille d'entretien)...

L'ergonomie cognitive

Généralités et définitions

- Machine : outil de manipulation et d'appréhension de l'objet de l'activité
- Interface : Partie matérielle et logicielle de la machine servant aux échanges d'informations et permettant de créer un milieu pour l'interaction de l'humain et de la machine
- Interaction : ensemble des phénomènes cognitifs, matériels, logiciels et sociaux mis en jeu dans l'accomplissement de tâches avec un dispositif

L'ergonomie cognitive





Spérando (2001) : Aide, Assistance et Outil

- Termes sémantiquement proches :
 - L'aide est un auxiliaire qui soulage. Elle remplace ou opère en complément de l'homme
 - L'assistance cherche à pallier les limites humaines
 - L'outil prolonge l'humain

- Six critères de catégorisation :
 - Le niveau d'intervention, la cible, son degré de permanence, son niveau de couverture, son degré d'autonomie, les fonctions humaines associées

L'ergonomie cognitive

Gapenne, Lenay et Boullier (2002) : Assistance, Aide, Substitution et Suppléance

Suppléance	modifie le pouvoir d'action	
Substitution	permet au sujet de se délester d'une tâche	
Assistance	définit, fiabilise ou sécurise l'usage d'un dispositif	
Aide	s'établit dans la relation aidant/aidé	

Les critères ergonomiques

Spérandio (2001) : les critères d'analyse ergonomique

- Utilité
 - capacité d'un système à répondre aux besoins des utilisateurs
- Utilisabilité
 - facilité à utiliser un système, à le mettre en œuvre à s'en servir, à se l'approprier aisément parce que bien adapté aux caractéristiques de l'utilisateur (Spérandio, 2001).
- Efficacité
 - résulte des moyens et de leur mise en œuvre, de la performance réelle des utilisateurs
- Non-dangerosité
 - Le système ne doit pas entraîner un danger pour la tâche qu'il est censé permettre
- Satisfaction

Les recommandations ergonomiques

Bastien et Scapin (1993) : synthèse des critères de l'utilisabilité

Compatibilité	Adéquation de l'interface à l'utilisateur
Guidage	Orientation dans l'utilisation de l'interface
Homogénéité	Uniformité de la logique d'utilisation et/ou de présentation
Flexibilité	Variation des procédures pour un même but
Contrôle utilisateur	Maîtrise des traitements réalisés par le système
Traitement des erreurs	Protection contre les erreurs et correction
Charge mentale	Optimisation des mécanismes cognitifs

Les recommandations ergonomiques

Compatibilité

- Capacité de l'interface à s'intégrer dans l'activité réelle des utilisateurs
 - Ce critère mesure l'adéquation de l'interface avec l'environnement de travail dans lequel elle est utilisée
- Objectif : réduire le transfert de connaissances pour une meilleure intégration du logiciel et de la tâche qu'il permet de réaliser
- La logique d'utilisation du système doit correspondre à la logique de l'utilisateur

Les recommandations ergonomiques

Compatibilité

<u>E</u> diter	<u>I</u> mprimer	<u>E</u> nvoyer
Ventes Commandes Stocks	Ventes Commandes Stocks	Ventes Commandes Stocks

(a) Déconseillé



Tire parti de la similarité fonctionnelle entre les commandes, mais oblige l'utilisateur à ouvrir un nouveau menu pour chaque opération

<u>V</u> entes	<u>C</u> ommandes	<u>S</u> tocks
Editer Imprimer Envoyer	Editer Imprimer Envoyer	Editer Imprimer Envoyer

(b) Préférable



Organisation calquée sur la tâche qui permet de retrouver toutes les commandes relatives à une sous-tâche dans un même menu

Les recommandations ergonomiques

Guidage

- Regroupe l'ensemble des moyens mis en œuvre pour assister l'utilisateur dans l'emploi du logiciel
 - connaître l'état du système
 - permettre d'établir des liens de causalité entre les actions effectuées et l'état résultant
- Objectif : faciliter l'utilisation et l'apprentissage
- Guidage explicite : messages du système
 - Ex : Textes explicatifs, Indications pour la saisie etc...
- Guidage implicite : artifices de présentation pour guider l'activité
 - Ex : griser les commandes inactives etc...

Les recommandations ergonomiques

Guidage : Groupement / Distinction

Fichier	Edition	Format
<u>N</u> ouveau Ouvrir...	<u>C</u> ouper Copier Coller	<u>P</u> olice <u>A</u> lignement <u>I</u> nterligne Modifier la casse
<u>E</u> nregistrer Enregistrer sous...	Sélectio <u>n</u> ner tout E <u>ff</u> acer	<u>F</u> orme automatique
<u>Q</u> uitter		

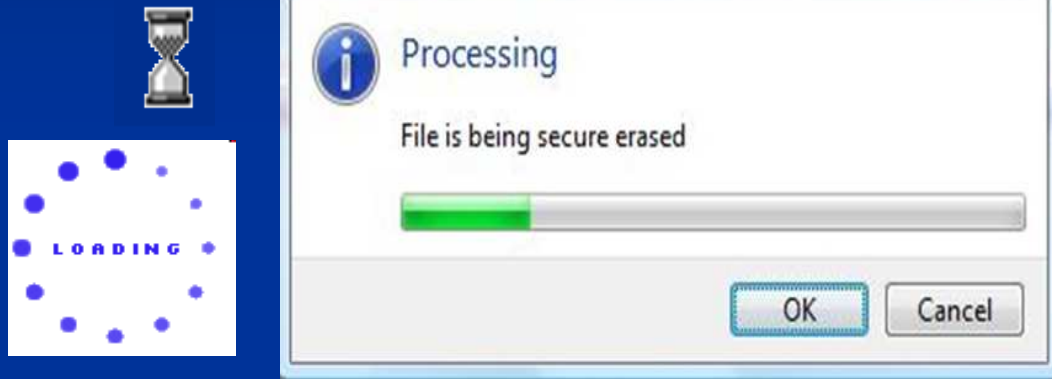


Chaque menu présente à l'utilisateur un ensemble cohérent de commandes, facilitant l'accès, la mémorisation et l'apprentissage

- les informations et les fonctions de même type sont regroupées
- le groupement s'appuie sur deux attributs graphiques :
 - le format de présentation (couleur, forme, syntaxe...)
 - la position à l'écran

Les recommandations ergonomiques

Guidage : Retour utilisateur



Le retour utilisateur réunit les différents comportements de l'interface visant à montrer le fonctionnement du système, en signalant ce que fait le logiciel et en fournissant un retour adapté aux actions de l'utilisateur

- contribue à accroître la confiance dans le système
- favorise l'établissement de liens entre les actions et l'état résultant
- améliore la compréhension et l'acceptation du système

Les recommandations ergonomiques

Guidage : Lisibilité

The screenshot displays the HavenWorks.com website, which is highly cluttered and difficult to navigate. At the top, there is a navigation bar with links for 'HavenWorks.com', 'A-Z', 'Search', 'News by Date', 'NewsStand', and 'Global'. Below this is a secondary navigation bar with a list of letters from A to Z and a '+2008 Election' link. The main header area features the HavenWorks.com logo, the date 'Monday, 3 May 2010', and a 'CALENDAR' link. There is a search bar with 'Google' as the engine and a 'GO' button. To the right, there are links for 'TV Online Television', 'News', 'Bill Movers Journal', 'FRONTLINE: News War', and 'NOW! Exposé'. Below the header, there are two main sections: 'Democratic News' and 'Republican News'. The 'Democratic News' section includes a '2010 TV' link and a 'Blog Radio' link. The 'Republican News' section includes a link to 'Atwater Politics'. A prominent headline reads 'Two Santa Clauses or How The Republican Party Has Conned America for Thirty Years.' Below the headline, there are several columns of content. The first column is a 'Weblog' section with a 'Weblog' link and a '20090330' date. The second column is a 'DEM 2010 TV' section with a link to 'OBAMA TV' and a 'WHITE HOUSE TV' link. The third column is a 'U. S. A.' section with a link to 'Politics' and a '20090330' date. The fourth column is a 'WORLD' section with a link to 'Terrorism' and a '20090331' date. The fifth column is an 'INTELLIGENCE' section with a link to 'IRAQ NEWS' and a 'War Crime' link. The overall layout is very dense, with many overlapping elements and a lack of clear visual hierarchy, which is a key ergonomic issue.

Les recommandations ergonomiques

Guidage : Lisibilité

The screenshot displays the SNCF website interface with the following components:

- Top Navigation:** Language selection (FR, UK, DE), links for "Bas débit / Accessibilité" and "Acheter un billet".
- SNCF Logo and Menu:** "GROUPE" and "FONDATION" links. Main navigation: "VOYAGER" (with sub-links "RAILTEAM" and "EJF"), "TRANSPORTS / LOGISTIQUE", "S'INFORMER" (with sub-link "FONDATION SOLIDARITÉ"), and "CONSEIL / EXPERTISE".
- Search and Filters:** "Sélectionnez" dropdowns for "CARTES DE FIDELITE" and "Sélectionnez". "SNCF la radio" player. Search bar: "Vous recherchez" with "OK" button. Filter buttons: "le groupe", "finance", "emploi", "vie pratique", "innovation et recherche", "écomobilité", "culture", "hier et demain", "journaliste", "territoire", "professionnel", "fournisseur".
- Content Area:** "DERNIER COMMUNIQUÉ DE PRESSE" (28/04/2010 Activité du 1er trimestre 2010). "journaliste" category filter. "CHIFFRE D'AFFAIRES AU 1ER TRIMESTRE 2010" article with a train image. "LES GARES EN LIGNE" article with a butterfly image. "8 / 9" pagination indicator.
- Footer and Services:** "Rejoignez-nous" (Génération écomobile, Podcast littéraire, Opinions & débats). "SERVICE MOBILE" (Téléchargez gratuitement l'appli iPhone SNCFDirect maintenant!). "LES SERVICES SNCF" (Acheter un billet, Consulter les horaires, Le trafic en temps réel, SNCF La Radio). "Acheter un billet" form with fields for "Départ", "Arrivée", "Aller le" (03/05/10, 16h), and "Retour le". "Consulter" button.
- Bottom Links:** "contacts", "plan du site", "juridique", "extranet".

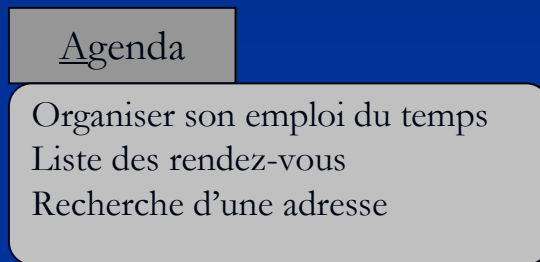
Les recommandations ergonomiques

Homogénéité

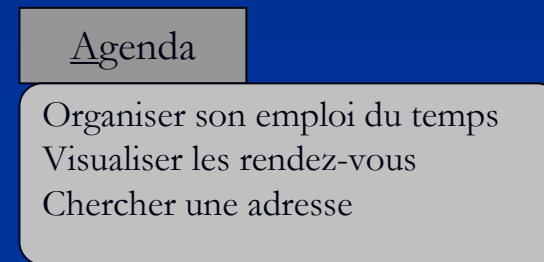
- L'homogénéité concerne la cohérence globale de l'interface
- Objectif : respecter une logique d'utilisation constante dans l'exécution des commandes et dans la présentation des informations
- Stabilise le système en le rendant prévisible pour l'utilisateur
 - Diminue le temps de recherche
 - Favorise l'apprentissage en permettant une généralisation des connaissances

Les recommandations ergonomiques

Homogénéité (1)



(a) Déconseillé

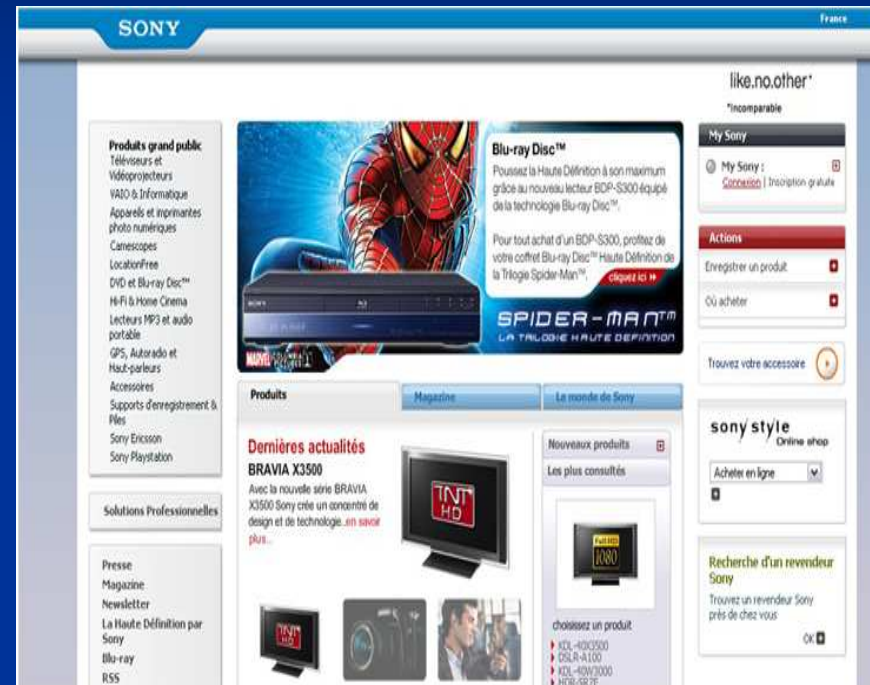


(b) Préférable

La lecture est plus simple lorsque les commandes suivent la même syntaxe. C'est le cas du menu (b) où tous les items sont construits en verbe + nom

Les recommandations ergonomiques

Homogénéité (2)



Suivant la langue choisie, le site change radicalement de structure générale. Les choix de conception de l'interface (codes, dénominations, agencement, formats, procédures...) doivent être conservés d'une page à l'autre

- Une interface non-homogène favorise la désorientation

Les recommandations ergonomiques

Flexibilité

- La flexibilité concerne la capacité de l'interface à s'adapter à différents contextes d'utilisation : les connaissances, les exigences de la tâche et les habitudes de travail sont propres à chaque utilisateur
- Objectif : fournir plusieurs moyens pour réaliser une même tâche, en veillant à leur complémentarité et à leur adaptation à différents contextes
 - Permettre plusieurs modes d'activation pour une même commande
 - Permettre le paramétrage selon les préférences

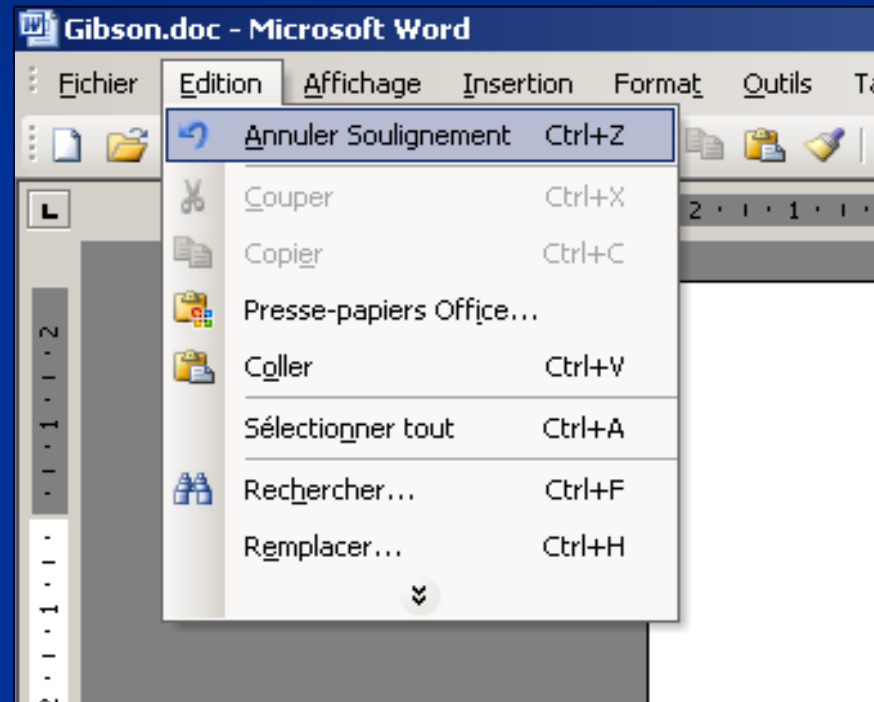
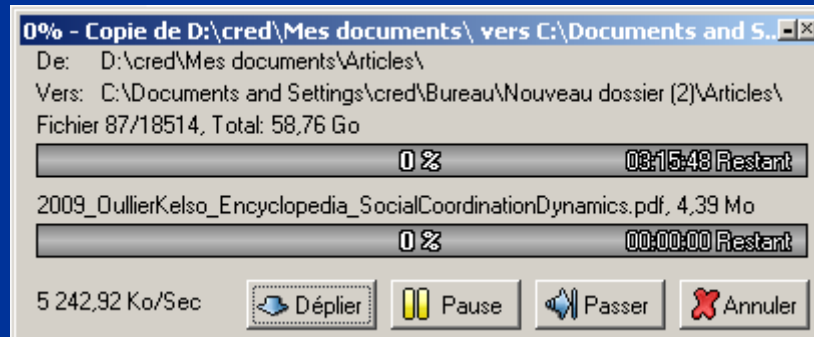
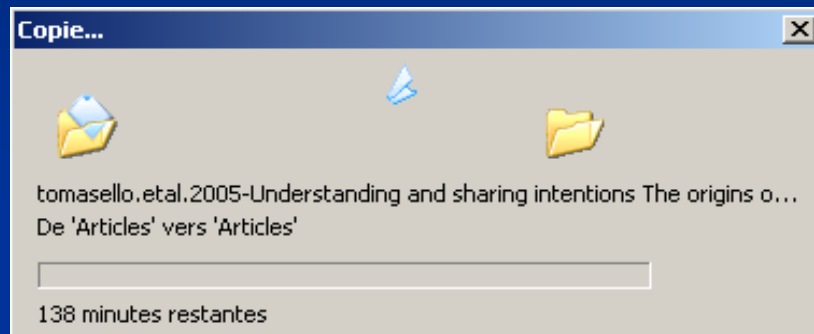
Les recommandations ergonomiques

Contrôle utilisateur

- Le contrôle utilisateur concerne le degré de maîtrise de l'utilisateur sur les traitements réalisés par le système
- Objectif : favoriser la compréhension du système, et rendre l'utilisateur plus autonome
- Deux niveaux de contrôle :
 - Actions explicites : seules les opérations demandées sont réalisées
 - Contrôle : l'utilisateur garde le contrôle sur les traitements effectués

Les recommandations ergonomiques

Contrôle utilisateur



Donner des moyens de contrôle autorise l'utilisateur à revenir à l'état précédant l'exécution de la dernière commande ou à interrompre un traitement long

- permet d'éviter les erreurs et de minimiser le stress

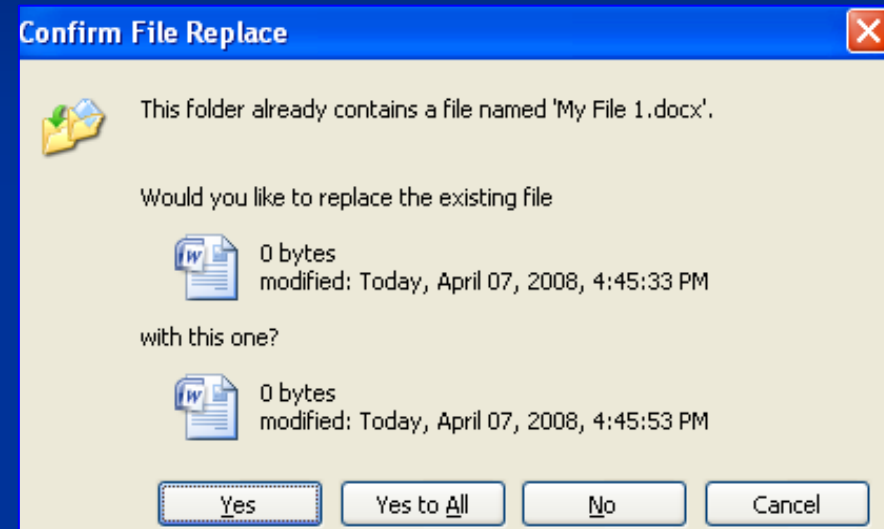
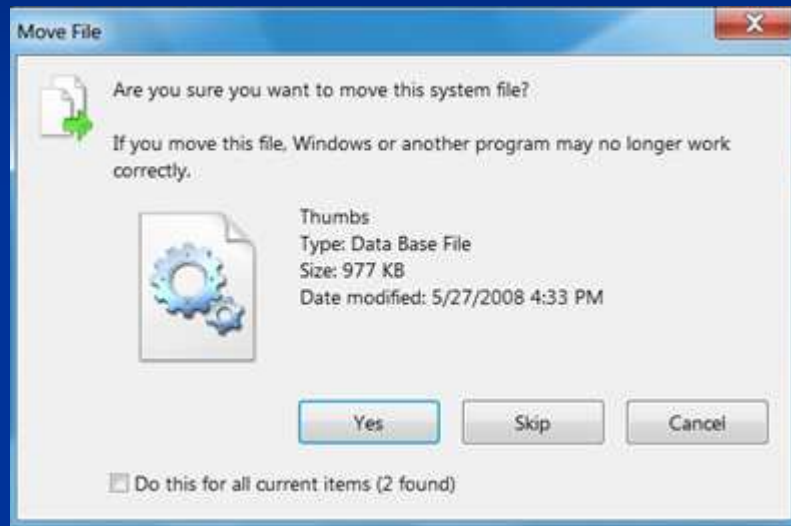
Les recommandations ergonomiques

Traitement des erreurs

- Le traitement des erreurs regroupe les différents moyens visant à protéger l'utilisateur des erreurs et à lui permettre de les corriger
- Objectif : minimiser les interruptions de la tâche et favoriser l'efficacité dans sa réalisation
- Si les erreurs sont traitées efficacement, l'exploration est facilitée et l'apprentissage du système est favorisé

Les recommandations ergonomiques

Traitement des erreurs : Protection

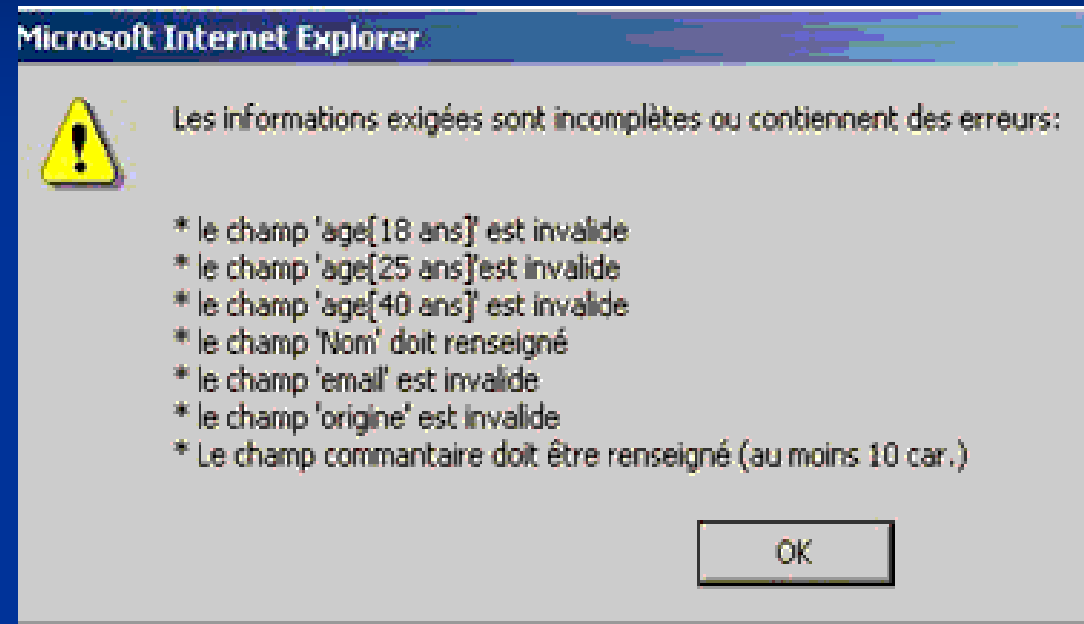
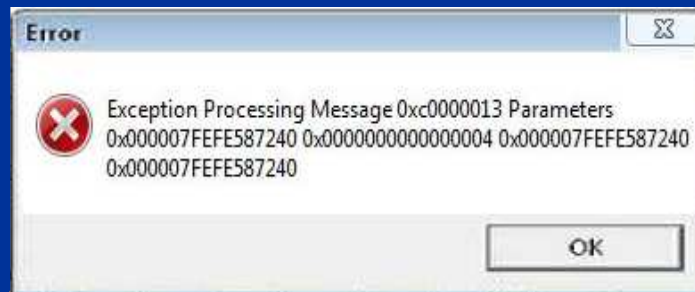
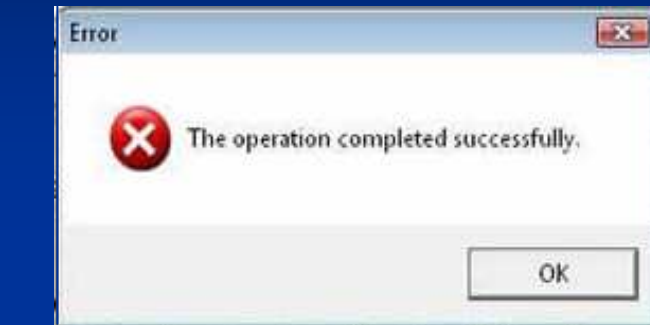


Concerne les moyens visant à éviter les erreurs, à les détecter et à alerter l'utilisateur.

- demander une confirmation peut permettre de protéger l'utilisateur contre une destruction involontaire de données
- réduit le risque de ne pas satisfaire la tâche ou de compromettre le système
- la protection contre les erreurs possède un lien étroit avec le guidage

Les recommandations ergonomiques

Traitement des erreurs : Qualité des messages d'erreur

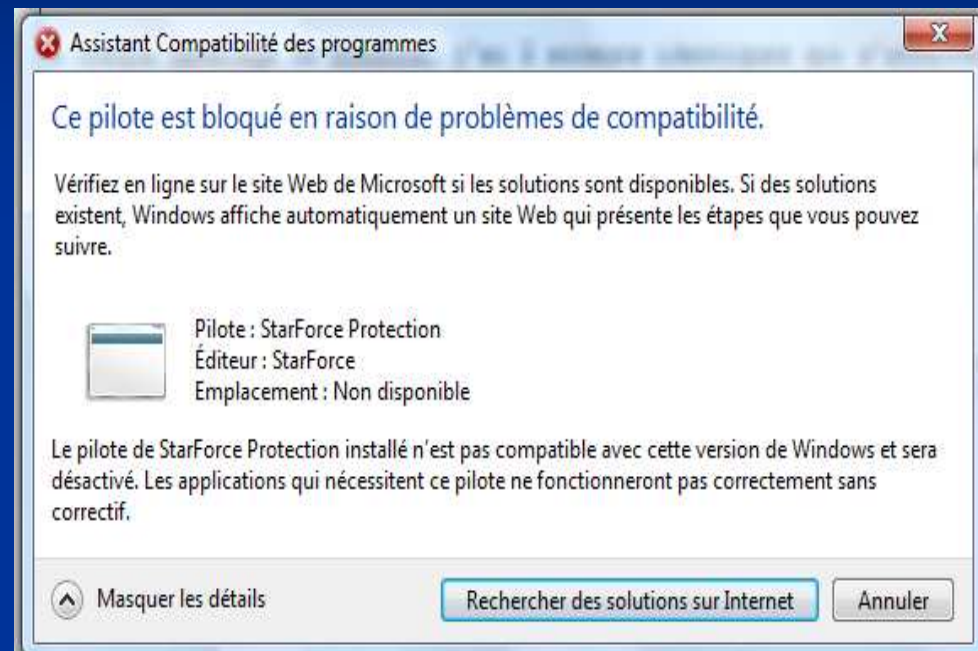
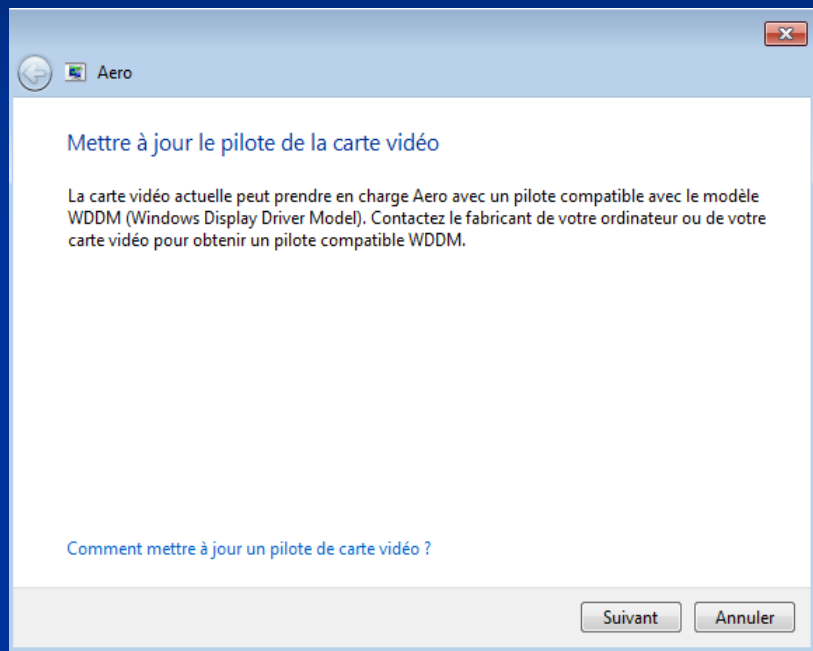


Concerne la pertinence, la facilité de lecture et l'exactitude de l'information donnée aux utilisateurs sur la nature des erreurs commises et sur les actions à entreprendre pour les corriger

- Favorise la compréhension de l'erreur et la confiance dans le système

Les recommandations ergonomiques

Traitement des erreurs : Correction



Tend à dédramatiser l'erreur aux yeux de l'utilisateur. Lorsqu'il peut facilement la corriger avec une procédure adaptée, il suffit de le prévenir et de donner directement les moyens de résoudre le problème.

- informer sur la nature de l'erreur
- informer sur les procédures de correction

Les recommandations ergonomiques

Charge mentale / Concision

- Le critère charge mentale regroupe l'ensemble des moyens visant à réduire la charge perceptive et mnésique de l'utilisateur
- Objectif : laisser disponible le maximum de ressources au système cognitif pour réaliser la tâche et éviter les erreurs liées à la mauvaise compréhension du système
- Il s'agit de concevoir un dialogue simple, c'est-à-dire limiter le travail cognitif et réduire les étapes nécessaires à l'accomplissement de la tâche

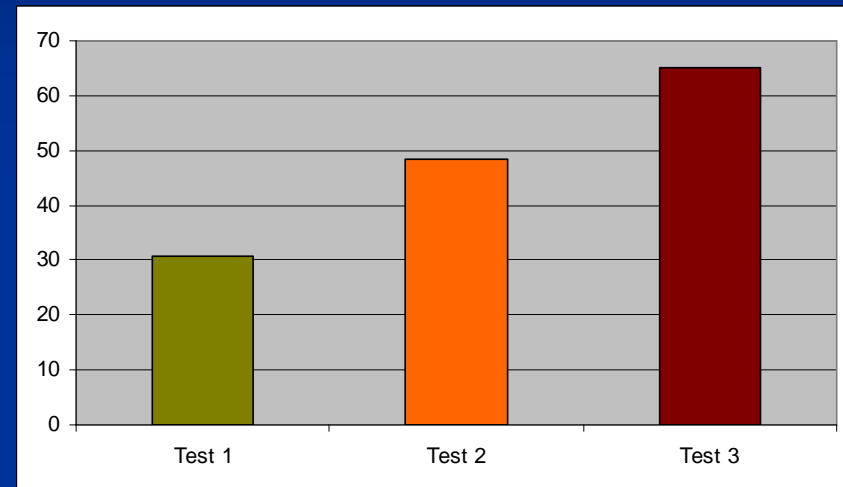
Les recommandations ergonomiques

Charge mentale / Concision

Sujets	Test 1	Test 2	Test 3
1	27,34	33,97	48,35
2	46,74	64,02	81,63
3	30,88	42,62	61,19
4	17,71	52,99	69,01



(a) Déconseillé



(b) Préférable

Lorsque les informations sont affichées de façon à en faciliter l'exploitation, elles sont plus simples à comprendre car elles répondent directement au besoin de l'utilisateur. Ici, le graphique est plus rapide à interpréter que le tableau, car il demande moins de ressources

Les recommandations ergonomiques

Les principes de Mayer (2005)

Multimédia	Effet positif de la présence d'illustrations explicatives liées au texte
Contigüité spatiale	Effet positif de la proximité spatiale du texte et de l'image
Modalité	Effet positif (ou négatif) de l'utilisation de l'oral (et/ou de l'écrit)
Contigüité temporelle	Effet positif de la proximité temporelle du visuel et de l'auditif
Cohérence	Effet négatif des informations non nécessaires pour la tâche
Redondance	Effet positif ou négatif de la duplication d'information
Signalement	Effet positif de la mise en saillance des informations importantes

Conception et ergonomie

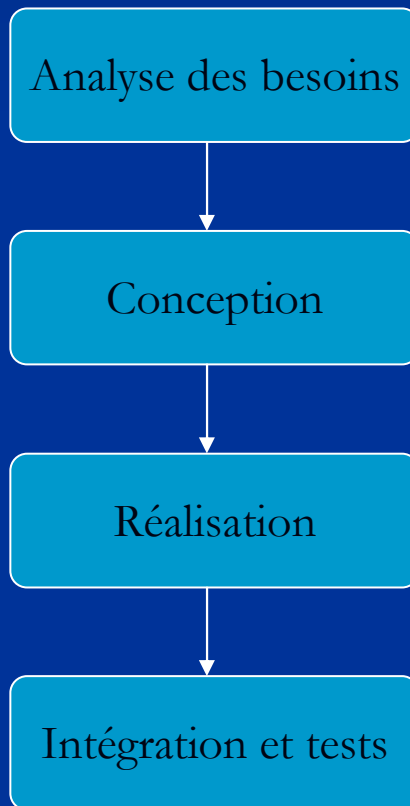
Vers une conception centrée utilisateur

- Conception technocentrée :
 - recherche de l'optimisation du système technique
 - l'être humain doit s'adapter à la machine

- Conception anthropocentrée :
 - prend en compte les caractéristiques, les capacités et les ressources des utilisateurs finaux, ainsi que le contexte d'utilisation des systèmes conçus, et les activités réelles des utilisateurs
 - la machine doit être adaptée, adaptable ou adaptative à l'être humain

Conception et ergonomie

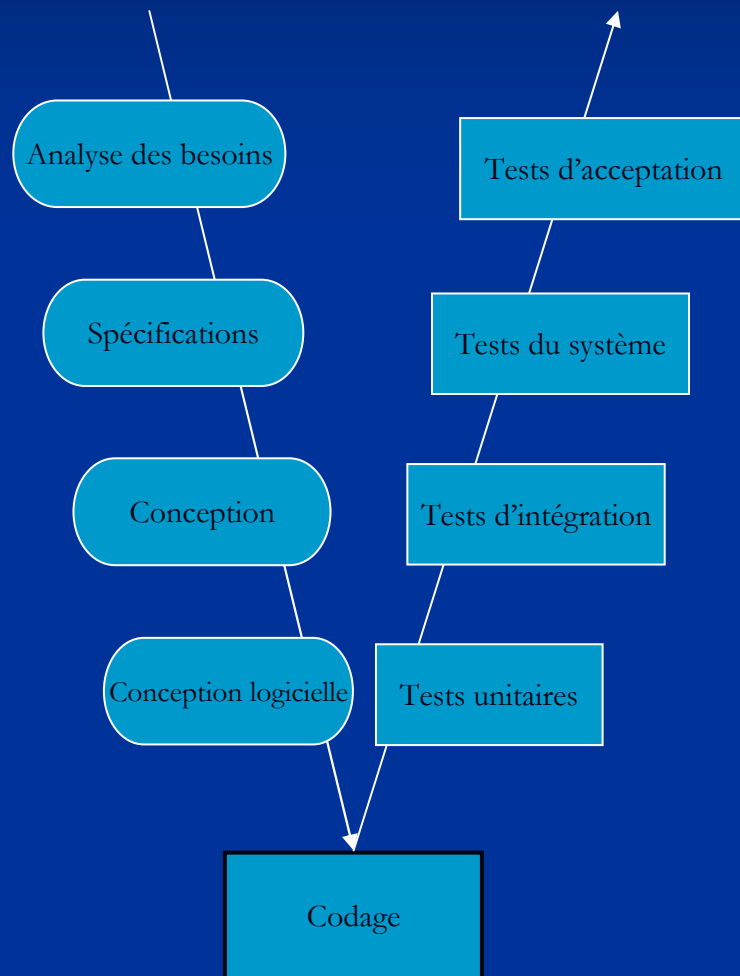
Conception : modèle sériel



- Principe de non-retour
- La conception est orientée vers l'implantation dans le contexte effectif
- L'évaluation intervient en dernier
- Nécessite une évaluation corrective très coûteuse en cas de problème

Conception et ergonomie

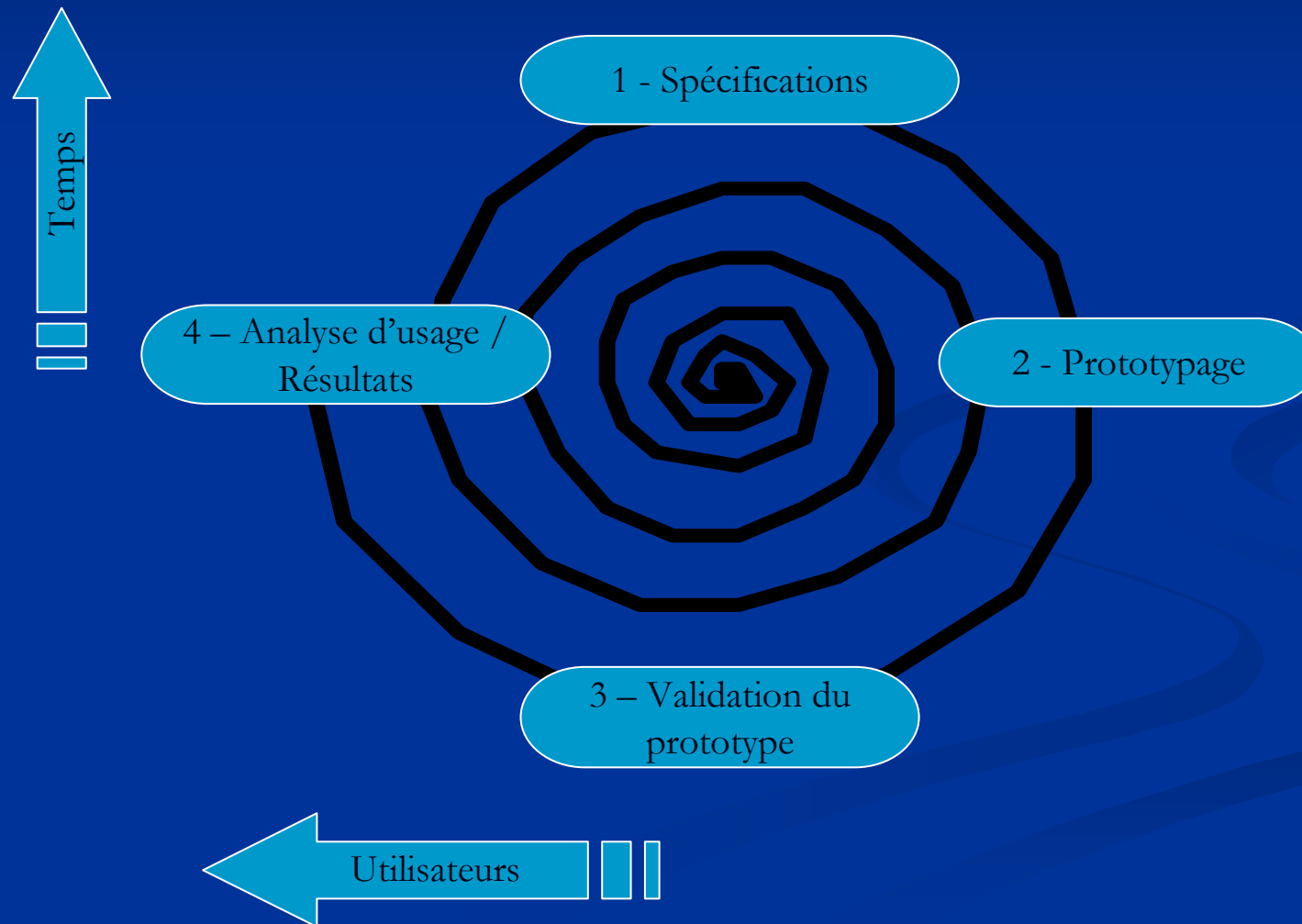
Conception : modèle en V



- L'évaluation se fait après le codage
- Le modèle ne précise pas la nature des liens qui unissent les phases descendantes aux phases en vis-à-vis, ni la possibilité ou la portée des retours en arrière
- Nécessité importante de documentation pour assurer la continuité du processus

Conception et ergonomie

Conception : modèle en spirale



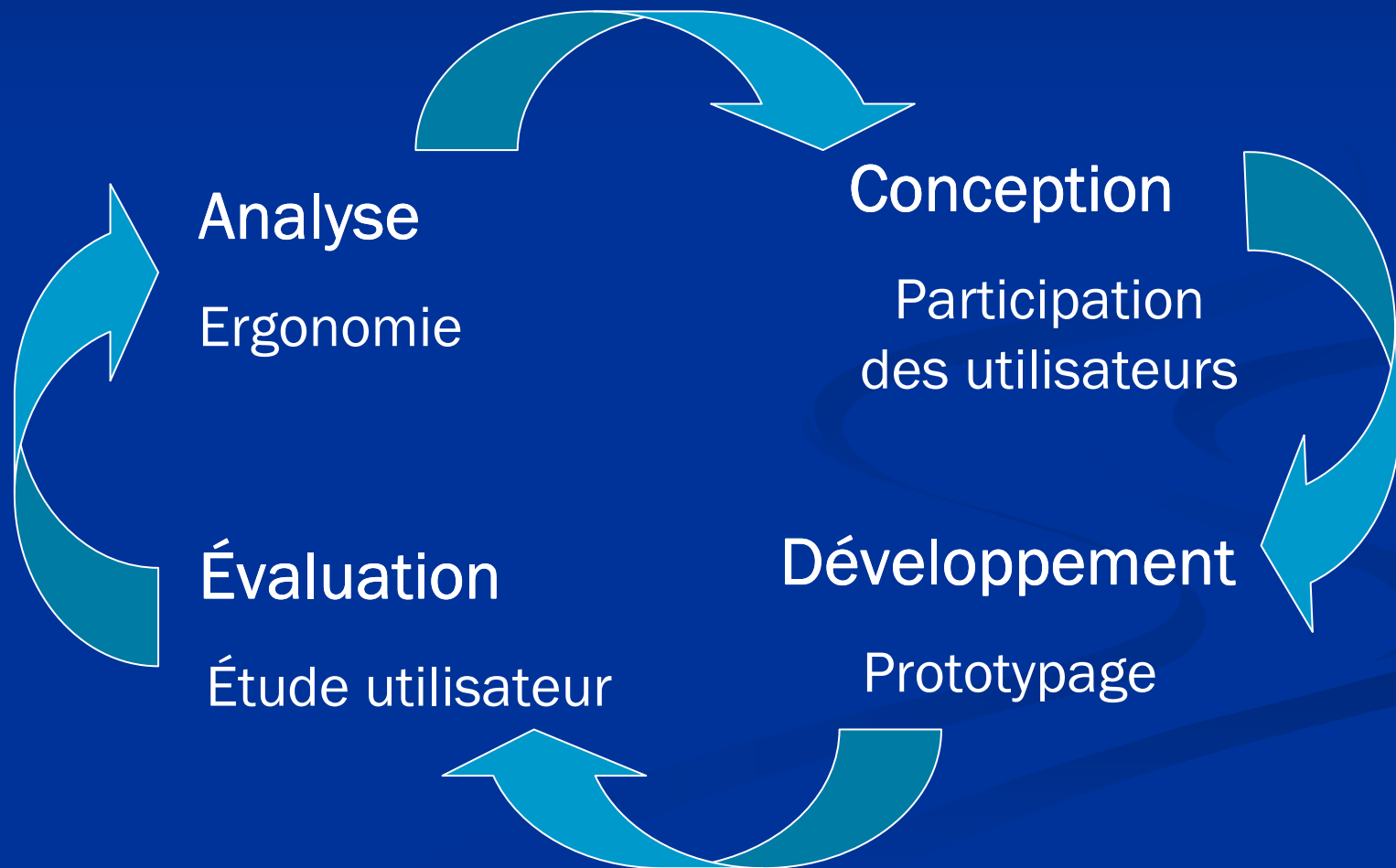
Conception et ergonomie

Conception centrée utilisateurs

- Conception centrée utilisateurs (Norman, 1986 et normes ISO 13407)
- Analyse des besoins des utilisateurs, de leurs tâches et activités ainsi que de leur contexte de travail (variabilité, spécificités...) centrée sur les dimensions humaines, sociales et cognitives de l'utilisation d'un système
- Participation active de ces utilisateurs à la conception : on parle de démarche itérative

Conception et ergonomie

Conception centrée utilisateur



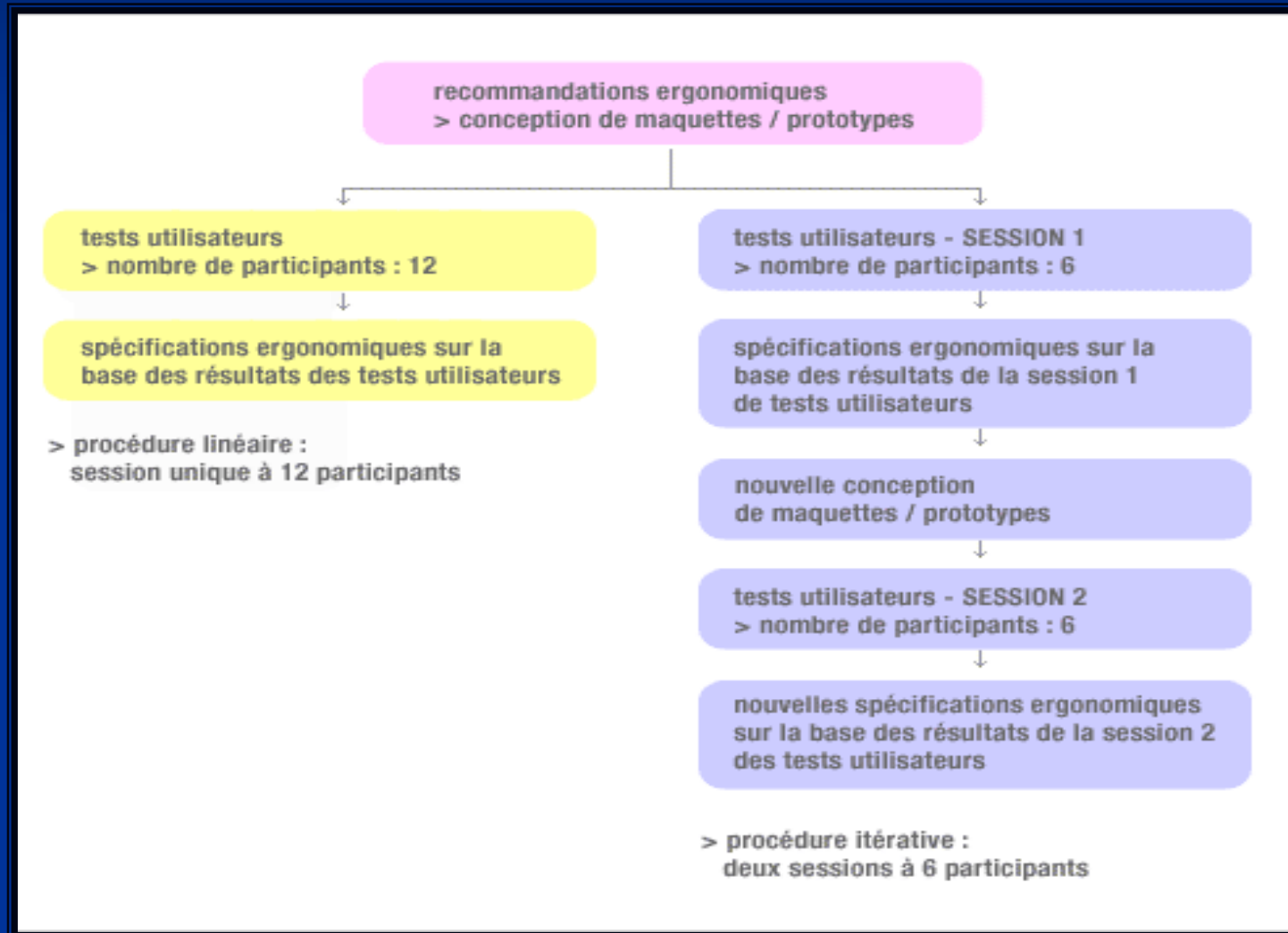
Conception et ergonomie

Conception itérative

- Succession des phases avec affinement des spécifications
- Réalisation, évaluation et intégration jusqu'à obtenir un produit satisfaisant
 - Le processus n'est ni ascendant, ni descendant
 - Développement de solutions partielles, intermédiaires
 - Redéfinition constante des objectifs
 - Anticipation des problèmes en cours de conception
 - Permet l'étude d'alternatives de conception
 - S'assure de l'utilisabilité finale

Conception et ergonomie

Conception itérative



Les méthodes d'évaluation

Typologie des méthodes

- Observations
 - Directe
 - Indirecte
 - Auto-confrontation / Analyse de l'activité

- Entretiens et questionnaires
 - Questions ouvertes ou fermées
 - Echelles subjectives ou classements

- Expérimentations
 - Tests en laboratoire
 - Tests-utilisateur

Les méthodes d'évaluation

L'observation directe ou indirecte

- Observer et/ou enregistrer l'activité des utilisateurs
 - sans intervention directe de l'observateur, elle doit être « armée »
 - avec verbalisations simultanées ou consécutives
 - méthode mixte : l'auto-confrontation
- Avantages :
 - permet de voir ce que les gens font et non ce qu'ils disent qu'ils font
 - l'activité est éclairée sur l'instant
- Inconvénients :
 - méthode intrusive qui peut perturber l'activité
 - difficulté de définir des observables

Les méthodes d'évaluation

Entretiens et questionnaires

- Evaluation subjective de l'utilisabilité et de la satisfaction de l'existant ou du produit conçu
- Identification des caractéristiques des utilisateurs (âge, sexe, formation, niveau d'expertise...)
 - Evaluation de la satisfaction
 - Estimation subjective du niveau de charge de travail
 - Identification des attentes, des besoins et des préférences
- Avantages :
 - Permet d'obtenir des informations quantitatives et des retours d'utilisateurs sur la satisfaction liée au dispositif
- Inconvénients :
 - Relativité des informations subjectives

Les méthodes d'évaluation

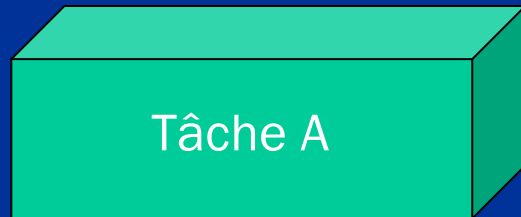
Expérimentations et tests-utilisateur

- Méthode de recueil systématique de données
- Expérimenter consiste à faire varier les éléments constitutifs d'une situation dans le but de provoquer un phénomène et de mesurer son évolution
- Le test-utilisateur consiste à proposer un scénario d'utilisation du système à plusieurs utilisateurs, à recueillir un ensemble de données puis à les analyser en fonction d'hypothèses définies
 - Scénario d'usage
 - Choix d'indicateurs pertinents

Les méthodes d'évaluation

La mesure de la charge de travail (Posner et Boies, 1971)

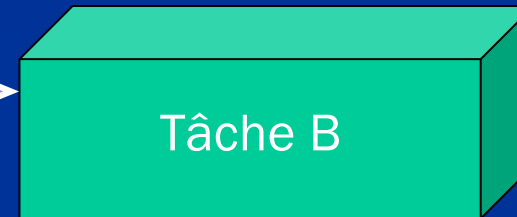
Tâche principale



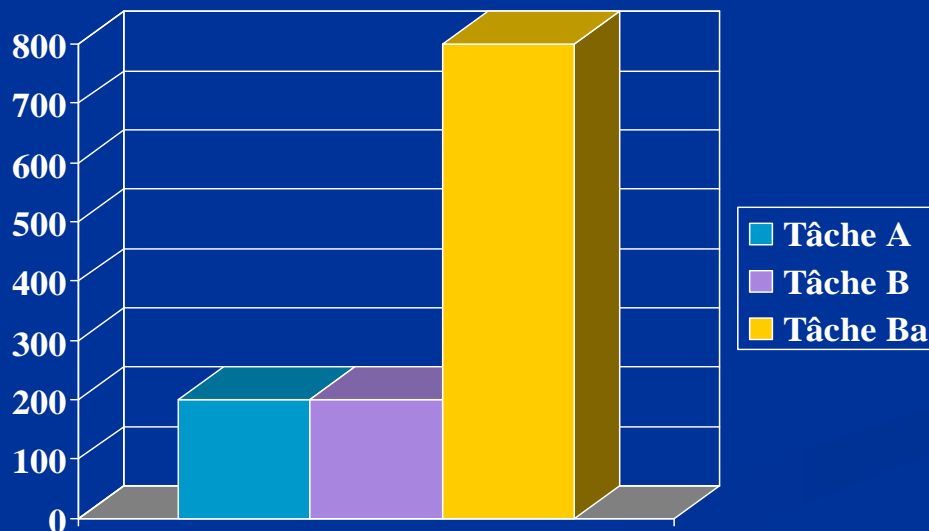
Simultanément



Tâche secondaire



Enregistrement
des TR



L'allongement des TR comme indicateur de l'accroissement des ressources consommées par la tâche A.

Les méthodes d'évaluation

L'indice de désorientation (Smith, 1996)

- Propose un indice d'efficacité calculé sur la base d'un recueil de l'activité lors de la recherche dans un document numérique
 - T : nombre total de nœuds utilisés
 - D : nombre de nœuds différents utilisés
 - R : nombre de nœuds que la tâche nécessite de façon optimale
 - S : nombre total de nœuds visités pendant la recherche
 - N : nombre de nœuds différents visités pendant la recherche
 - V : nombre de nœuds visités pendant la vérification

- Recherche optimale :
 - $T = D = R$
 - $S = T$
 - $N/S = 1$
 - $R/N = 1$

Les méthodes d'évaluation

L'indice de désorientation (Smith, 1996)

$$L = \sqrt{[(N/S - 1)^2 + (R/N - 1)^2]}$$

- Valeur critique = 0.42
 - Si $L < 0.42$, l'utilisateur n'est pas perdu
 - Si $L > 0.42$, l'utilisateur est perdu
 - Si $L = 0$, la recherche est optimale
- Indice intéressant, mais qui souffre d'un problème de rationalité
 - On peut savoir si un utilisateur est perdu, mais il est plus difficile de savoir pourquoi (Cf critères d'utilisabilité)

L'ergonomie cognitive

Bilan

- Identifier les caractéristiques des utilisateurs
- Analyser les tâches et activités en contexte de travail usuel
- Observer les pratiques usuelles de travail (Routinières, Exceptionnelles, Situations de stress)
- Identifier les buts des utilisateurs et les contraintes organisationnelles (entretiens, observations, questionnaires...)
- Produire des solutions de conception et les matérialiser

L'ergonomie cognitive

Bilan

- Tester les idées nouvelles avant de développer un logiciel (maquette, simulation, prototypage)
- Evaluer ces solutions de façon constante (observations, analyse de l'activité, tests-utilisateur...)
- Créer des scénarii d'utilisation réelle
- Ne pas oublier que la conception est un processus itératif
- Ne jamais oublier l'utilisateur !