



Facteurs Humains en Interaction Homme-Machine

Philippe Palanque

palanque@irit.fr - <http://www.irit.fr/~Philippe.Palanque>

IRIT-Interactive Critical Systems
Université Paul Sabatier (Toulouse 3)



USE AND CONTEXT

Social organization and work



Human-machine fit and adaptation

Application areas

HUMAN

Human information processing

Language, communication and interaction

Ergonomics

COMPUTER

Dialogue techniques

Computer graphics



Dialogue genre

Dialogue architecture



Input and output devices



Evaluation techniques

Example systems and case studies

Implementation techniques and tools

Design approaches

DEVELOPMENT PROCESS



Analyse de l'existant

objectifs : centré sur l'utilisateur et l'organisation

- contraintes sur l'environnement
 - objectifs du système / tâches / performances
 - opportunités d'amélioration, aspects organisationnels
 - caractéristiques de la population cible
 - analyse coût / bénéfice, disponibilités des ressources humaines
- informations liées aux tâches
 - groupes d'utilisateurs et leurs organisations / tâches
 - outils actuellement utilisés
 - données à manipuler, traitements, contraintes (temps, légales, ...)
- résultats
 - scénarios d'informatisation
 - modèle du nouveau système homme machine



Recueil d'informations

100 % : ce que l'émetteur veut dire

90 % : ce que l'émetteur transmet

80 % : ce que le récepteur reçoit

70 % : ce que le récepteur décode

60 % : ce que le récepteur comprend

50 % : ce que le récepteur retient

==> vous allez avoir une mauvaise note (<10)

Exemples classiques :

le bouche à oreille

le jeu de mime



Documentation utilisateur

- sommaire avec des questions pour les situations
- chapitres par thèmes, fonctions, questions
- index à clés multiples permettant un repérage rapide
- glossaire avec vocabulaire clair (celui de l'utilisateur)
- mise en page aérée avec dessins et commentaires
- mots-clés
- reliée pour une lecture facile (spirale, classeur, fiches, ...)
- mots et phrases courtes
- 1 mot = 1 sens
- tournure active et affirmative



Livraison pour un projet

- Manuel de conception
- Manuel utilisateur
- Logiciel
- Plan de formation
 - Qui fait la formation ?
 - Combien de temps ?
 - Quels supports ?
 - C'est pas le chat qui va le faire !

Manuel Utilisateur Boeing 757

QRH pages
from Boeing
B-757

AC BUS(ES) OFF

GENERATOR CONTROL

SWITCH(ES).....OFF THEN ON
Attempt one reset of the generator control switch(es).

APU (If Available).....START

After APU RUN light illuminates and APU GEN OFF light remains extinguished:

BOTH BUS TIE SWITCHES.....OFF THEN AUTO

Attempt one reset of the Bus Tie Switches.

If both BUS OFF lights were illuminated and AC power is restored:

Reactivate FMC route and reenter performance data. Select ATT mode on IRS(s) with ALIGN light(s) illuminated.

If one BUS OFF light remains illuminated:

Flight in icing conditions may result in some erroneous flight instrument indications.

Left BUS OFF light illuminated:

All autopilots inoperative.
L and C flight directors inoperative.
Flap indicator inoperative.

NOTE: Leading and trailing edge lights may be continuously illuminated, erroneously indicating disagree.

Right BUS OFF light illuminated:

R autopilot/flight director inoperative.

AC BUS(ES) OFF (CONT)

If both BUS OFF lights remain illuminated:

APU SELECTOR.....OFF

RAM AIR TURBINE SWITCH.....PUSH
Observe PRESS light illuminated.

ALTERNATE EQUIPMENT COOLING SWITCH.....ALTN

TRIM AIR SWITCH.....OFF

Master caution inoperative.
Auto speedbrake inoperative.
Antiskid for outboard wheels inoperative.

If Captain's EFIS not displayed:

Control pressurization manually - at pattern altitude position outflow valve full open.

Wing anti-ice inoperative
- avoid icing conditions.
Flap indicator inoperative.
Thrust reversers inoperative.

CAUTION: FLIGHT BEYOND 90 MINUTES WILL RESULT IN COMPLETE LOSS OF ELECTRICAL POWER.

Manuel Utilisateur Adapté

First - MAKE 100T
STANDBY POWER?

Captain has control (hydrogen - no ETO msts)
AC BUS(ES) OFF
GENERATOR CONTROL SWITCH(ES).....OFF THEN ON
APU (If Available).....START

CIRCUIT IS?
Survives to do this (MRS on DC power)

AC BUS(ES) OFF
GENERATOR CONTROL SWITCH(ES).....OFF THEN ON
Attempt one reset of the generator control switch(es).
APU (If Available).....START

After APU RUN light illuminates and APU GEN OFF light remains extinguished:
BOTH BUS TIE SWITCHES.....OFF THEN AUTO
Attempt one reset of the Bus Tie Switches.
If both BUS OFF lights were illuminated and AC power is restored:
Reactivate FMC route and reenter performance data. Select ATT mode on IRS(s) with ALIGN light(s) illuminated.

If one BUS OFF light remains illuminated:
Flight in icing conditions may result in some erroneous flight instrument indications. - probe heat y/s use ALT AD?

a/ Left BUS OFF light illuminated:
All autopilots inoperative. - both FCC
L and C flight directors inoperative. - No LS capture
Flap indicator inoperative. - No auto data app
NOTE: Leading and trailing edge lights may be continuously illuminated, erroneously indicating disagree. DATA APP

b/ Right BUS OFF light illuminated:
R autopilot/flight director inoperative.

IF hydraulic generator on
status message HYD GEN VAL
May have to descend - low fuel pressure

09.04 Both AC 757-NNC
006 MAY 15/89

CIRCUIT B?
light on means pressure available + deployed

CONCERNED EFB ON BRKES (anti-iced) MIGHT GET EQUIP COOLING OVT.
DESCEND DUE TO LOW FUEL PRESSURE

AC BUS(ES) OFF (CONT)

If both BUS OFF lights remain illuminated:
APU SELECTOR.....OFF
RAM AIR TURBINE SWITCH.....PUSH
ALTERNATE EQUIPMENT COOLING SWITCH.....ALTN
TRIM AIR SWITCH.....OFF

Master caution inoperative.
Auto speedbrake inoperative.
Antiskid for outboard wheels inoperative.

If Captain's EFIS not displayed:
Control pressurization manually - at pattern altitude position outflow valve full open.
Wing anti-ice inoperative - avoid icing conditions.
Flap indicator inoperative.
Thrust reversers inoperative.

CAUTION: FLIGHT BEYOND 90 MINUTES WILL RESULT IN COMPLETE LOSS OF ELECTRICAL POWER.

EROPS - aux fan comes on automatically if both AC bus fail (HMG on left FMC IRS comes off left transfer)

10-20-09
Hyd gen powers except F/O's (left) transfer
Flap operation will be slower with HMMC working (How limiter)
EFIS restoration is signal that HMG

008-1 NOV 30/92 757-NNC 09.05

Same QRH pages WITH pilot annotations



Analyse de l'utilisateur

- son rôle
- ses tâches
- sa connaissance du domaine
- sa connaissance de l'informatique

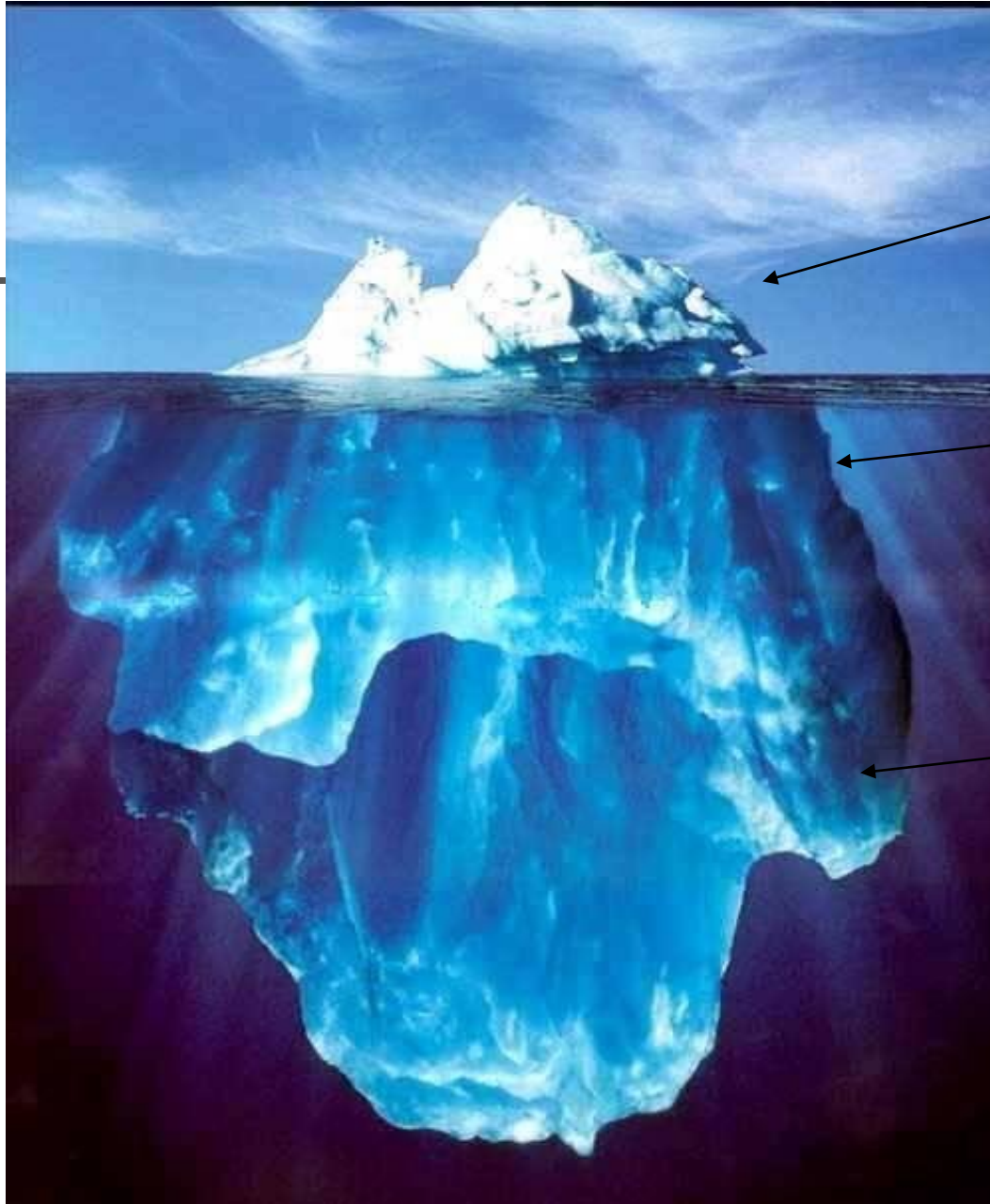
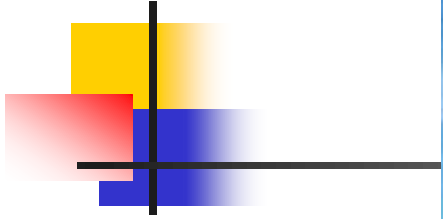
on obtient :

- son type (occasionnel ou non)
- ses habitudes de travail
- ses besoins en formation

Erreurs Humaines (Reason 1990) - survol

- Slips
- Lapses
- Mistakes





ACCIDENTS

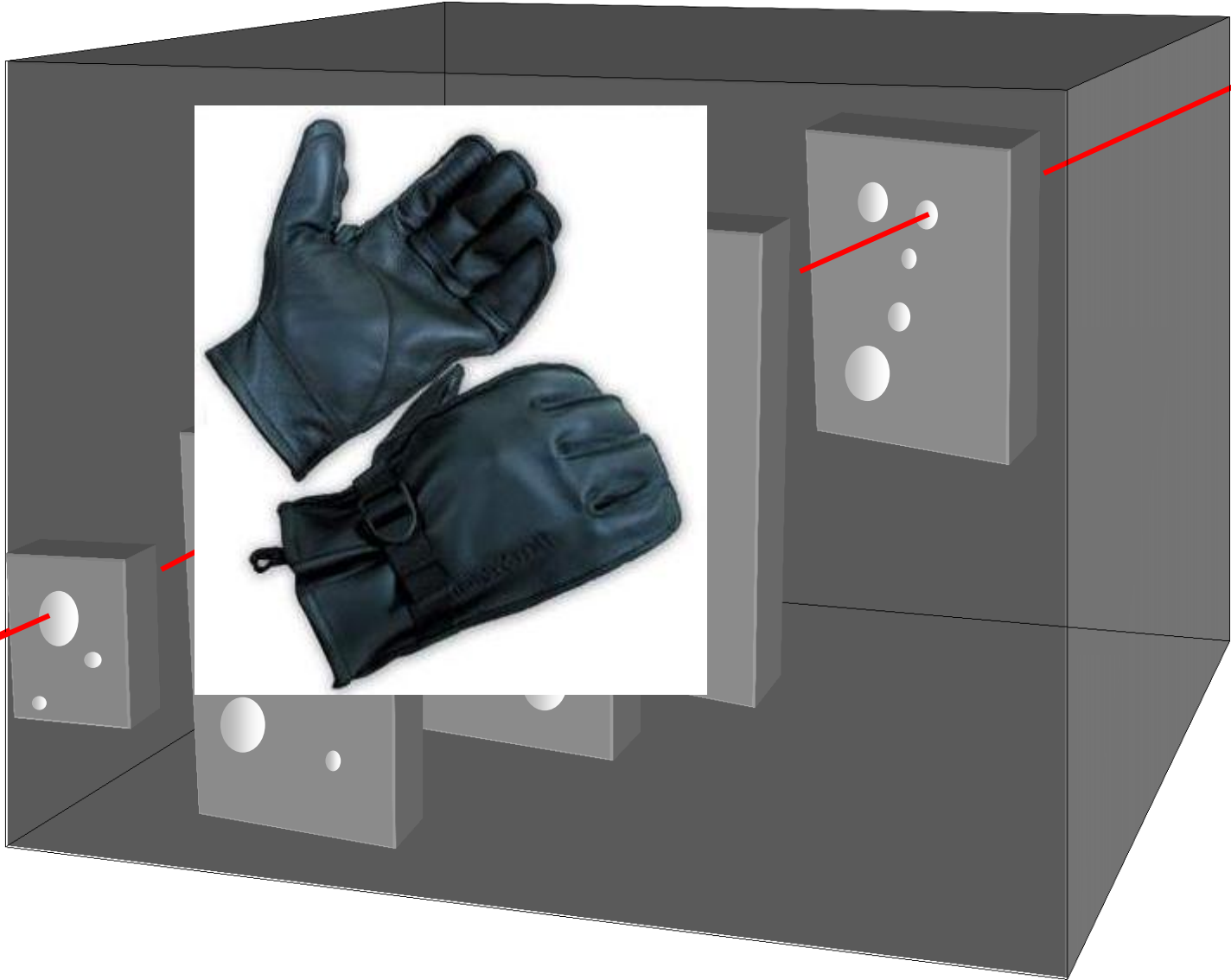
INCIDENTS

ERREURS (Non)

Notion des barrières

ACTIVE

LATENT





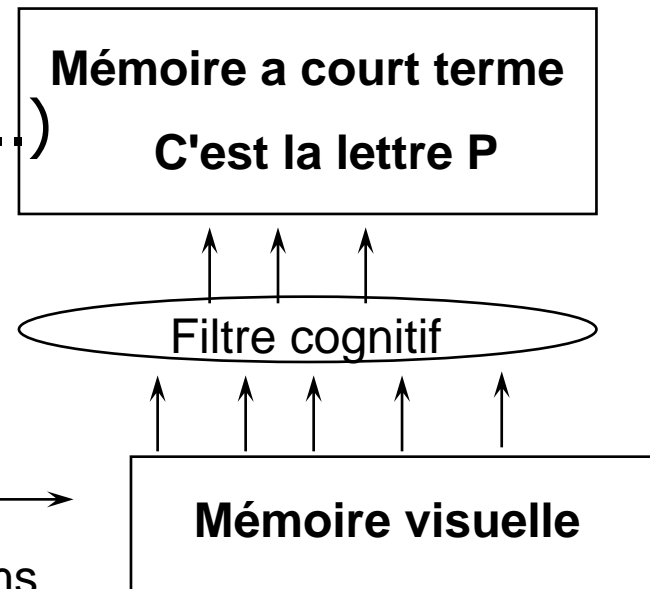
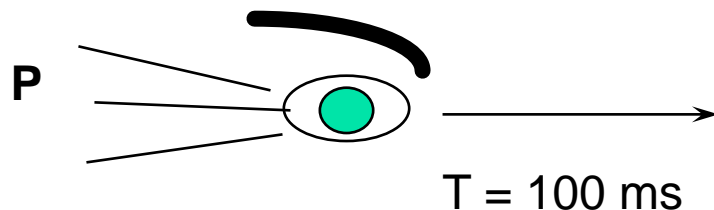
Le processeur humain

Le processeur humain comprend trois sous-systèmes

- le système sensoriel :
 - ensemble des sous-systèmes spécialisés chacun dans le traitement d'une classe de stimuli (phénomène physique détectable)
- le système moteur :
 - responsable des mouvements
- le système cognitif :
 - composé de la mémoire à court terme, de la mémoire à long terme et du processeur cognitif

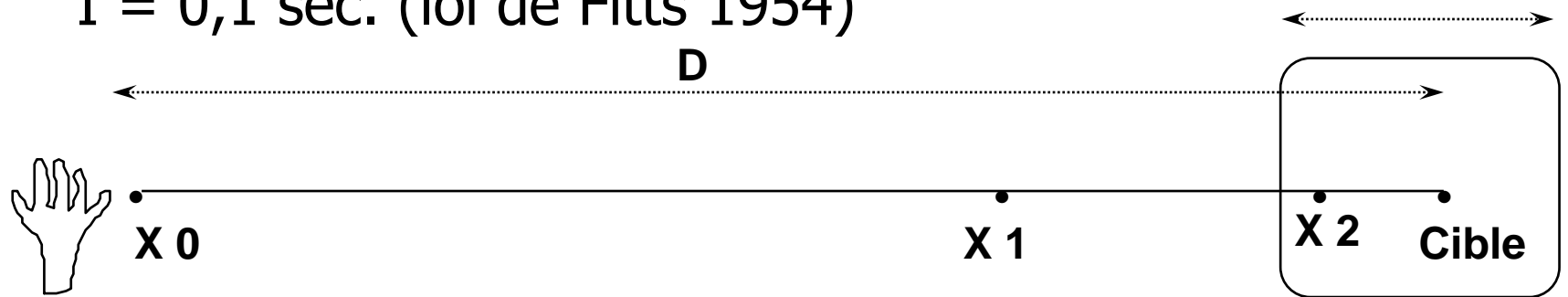
Systeme sensoriel de l'utilisateur

- représentation non interprétée des entrées
- persistance des informations = 200 ms pour la mémoire visuelle et 1500 ms pour la mémoire auditive
- capacité de stockage
- type d'information (physique, symbolique, ...)
- temps de cycle 100 ms (dépend de l'intensité)



Le système moteur

- Un mouvement n'est pas continu mais est une suite de micro-mouvements discrets
- Le mouvement correspond aux manipulation physiques des dispositifs d'entrée
 - temps d'un micro-mouvement : 70 ms (cycle de base du processeur du système moteur)
 - temps de sélection d'un élément graphique : $T = I \cdot \log \frac{2D}{L}$ avec D : distance a parcourir, L : largeur de la cible, $I = 0,1$ sec. (loi de Fitts 1954)





Le système cognitif

- la mémoire à court terme
 - informations sensorielles représentées sous forme symbolique
 - les infos en provenance de la mémoire à long terme sont appelées "chunks" (unité cognitive symbolique). Ex. S.N.C.F.
 - 7 +/- 2 chunks (au-delà dégradation (Loi de Miller, 1956))
- la mémoire à long terme
 - structurée
 - organisée sous la forme de réseaux sémantiques
- le processeur cognitif
 - cycle de base : 70 ms
 - fonctionne selon un cycle reconnaissance-action



Le modèle du processeur humain

- intérêts
 - cadre fédérateur pour les différentes connaissances en psychologie
 - il utilise la terminologie de l'informaticien
 - est orienté psychologie expérimentale (et applicable)
- inconvénients
 - de trop bas niveau dans le cas général (ne fournit pas les informations intéressantes pour la conception d'IHM)
 - pas les problèmes de l'erreur et du parallélisme
 - ne présente pas de méthode de conception (ne dit pas comment intégrer ces contraintes dans un système)



La théorie de l'action

D. Norman 1986

- l'individu élabore des modèles conceptuels qui correspondent à son comportement
 - le modèle conceptuel
- Manipulation du modèle
 - les aspects d'une tâche
 - distance (d'exécution et d'évaluation)



Le modèle conceptuel

- modèle de conception (modèle conceptuel de l'outil)
 - doit aider l'utilisateur dans sa tâche
 - doit contenir : étude des besoins, des possibilités et des limitations de l'utilisateur type
- modèle de l'utilisateur (représentation mentale que l'utilisateur élabore à propos de l'outil)
 - image d'un outil = interface d'utilisation
 - il faut que l'interface permette à l'utilisateur de construire un image correspondant au modèle de conception

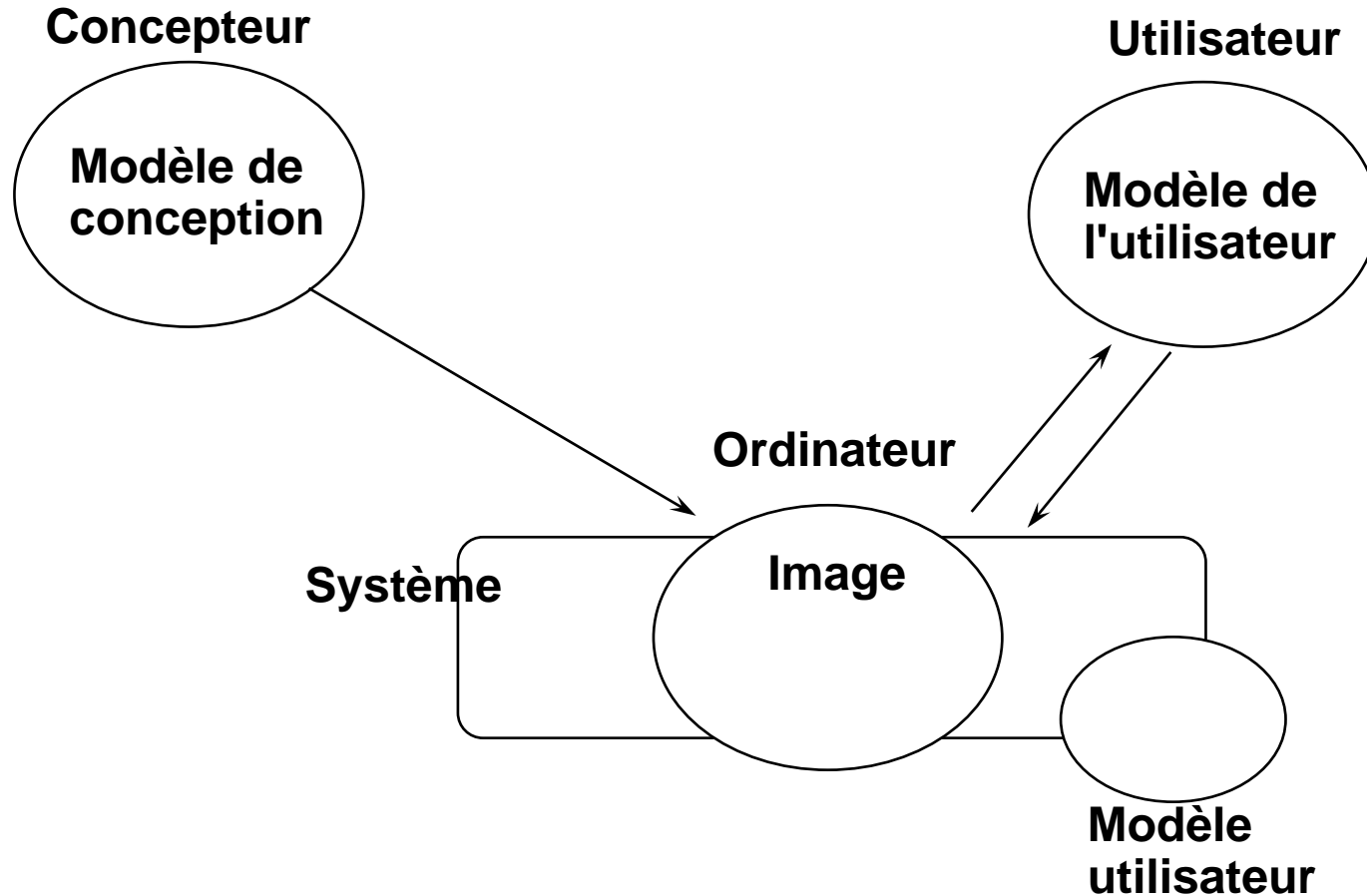
s'applique à tous les outils



Le modèle conceptuel (II)

- pour l'ordinateur un modèle supplémentaire : le modèle de l'utilisateur qui utilise l'outil
 - modèle intelligent
 - interface adaptative (évolue dynamiquement en fonction des caractéristiques et de l'état mental de l'individu)
- image = passerelle entre le monde physique (système) et le monde psychologique (utilisateur)
 - chacun des deux mondes a un langage spécifique
 - passage d'un langage à l'autre difficile

Le modèle conceptuel (III)





Exemple : le bain

Une baignoire avec deux robinets indépendants eau chaude - eau froide

- variables psychologiques
 - d : débit de l'eau t : température du bain
- variables physiques
 - d_c, t_c : eau chaude (débit et température)
 - d_f, t_f : eau froide (débit et température)
- commandes physiques : les robinets liés à d_c et d_f
- relations entre variables physiques et psychologiques
 - $d = d_f + d_c$
 - $t = (d_c.t_c + d_f.t_f) / (d_f+d_c)$



Exemple : le bain (II)

Problèmes de la réalisation de la tâche

- correspondance variables physiques / dispositifs
 - quel robinet dispense de l'eau froide
 - comment faire varier le débit (dans quel sens tourner)
- correspondance variables physiques / psycho.
 - refroidir le bain tout en gardant le débit ?
 - manipulation simultanée de deux dispositifs en sens inverse
 - diminuer le débit en gardant la température cste ?
- évaluation du résultat
 - évaluer la valeur du débit
 - évaluer la valeur de la température

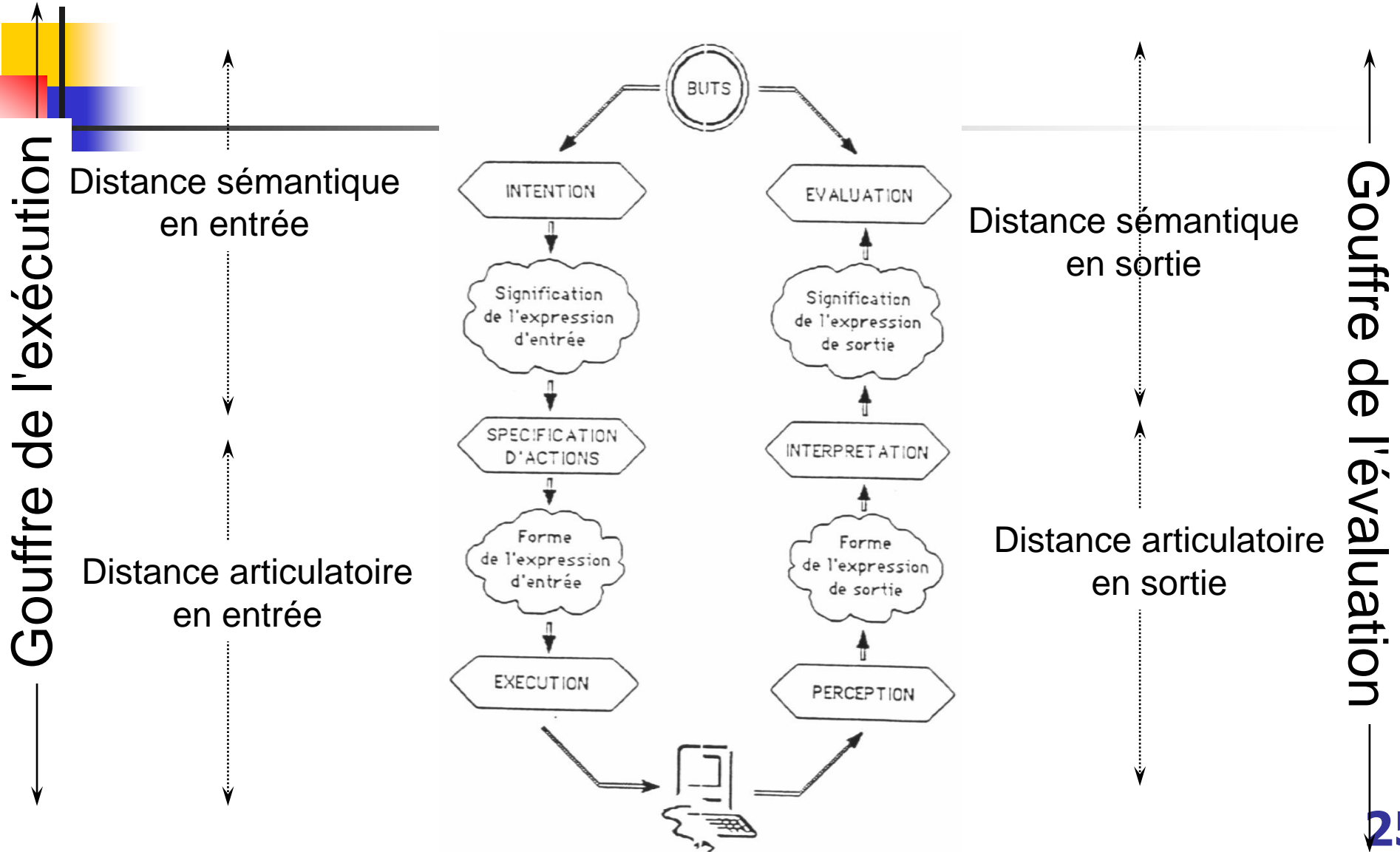


Les aspects d'une tâche

- l'établissement d'un but
- la formation d'une intention
- la spécification d'une suite d'action
- l'exécution des actions
- la perception de l'état du système
- l'interprétation de l'état du système
- l'évaluation de l'état du système par rapport au but

exemple : intervertir deux mots dans un texte

Distance sémantique et articulatoire



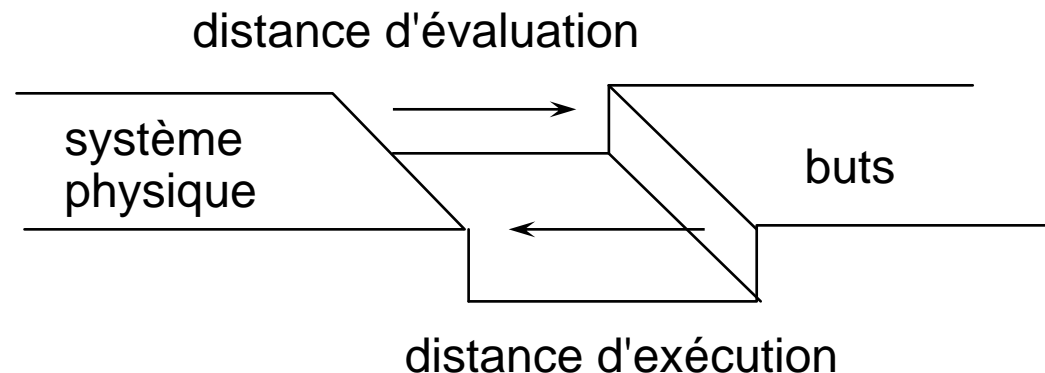
Les aspects d'une tâche (II)

- intervertir deux mots dans une lettre
- examen de l'état du système et comparaison avec le but recherché . La différence (ou distance) entre l'état du système et la représentation mentale du but a atteindre donne naissance à l'intention : la décision d'agir pour atteindre le but.
- concrétisation en une suite d'actions. Elle nécessite la connaissance des relations entre les variables physiques et les variables psychologiques, ainsi que les liens entre les variables physiques et les dispositifs de commande qui permettent de les modifier. Dans ce cas l'utilisateur doit connaître le lien entre la variable psychologique "lieu d'insertion" et la variable physique "curseur" et le dispositif de commande "souris". En résultat, il va produire un plan de résolution (suite d'action physiques à exécuter).
- actes moteurs qui conduisent au changement de l'état du système qui doit être toujours représenté à l'utilisateur.
- l'état du système est interprété en terme des variables psychologiques du but
- comparaison avec les variables du but (révision et nouveaux plans possible)

Distance d'exécution et d'évaluation

- dissimilitude entre la représentation de l'image et celle de l'utilisateur
- distance d'exécution est l'effort de l'utilisateur pour la mise en correspondance entre la représentation mentale de la tâche et la représentation physique externe imposée par l'image
- distance d'évaluation effort cognitif inverse (de l'utilisateur)

but du concepteur : **réduire la distance au moyen de l'image**



Évaluation de la théorie de l'action

■ Avantages

- précise la notion d'état
 - état perçu : traduction de l'état effectif sous forme de variables psychologiques
 - état effectif : fonction sur les variables physiques
- prend en compte les erreurs
- explique les difficultés des utilisateurs
- identifie les phases où l'utilisateur effectue des interprétations

■ Inconvénients

- donne peu d'informations sur le travail de l'informaticien pour faire des applications intégrant la théorie de l'action
- le niveau de détail (état, variables) n'est pas forcément adéquat en fonction des phases du cycle de vie

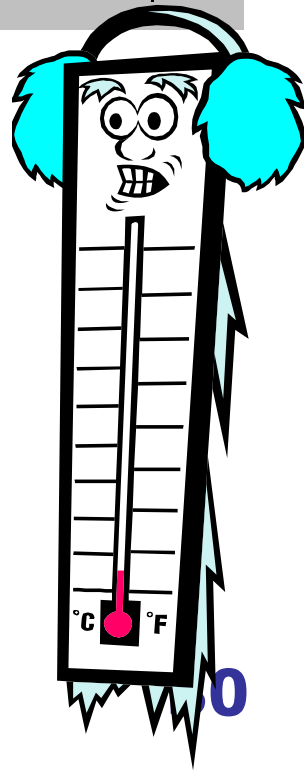
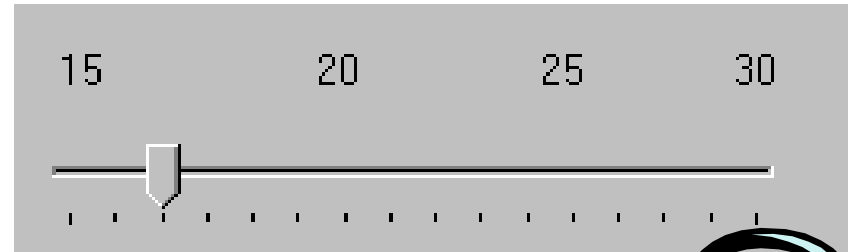


Mise en pratique de la Théorie de l'action

Analyse d'un comportement de la
vie quotidienne

Exemple : Thermostat de chauffage central

- Vous rentrez chez vous et il fait froid. Que faites-vous avec le thermostat du chauffage central ?
 - A : Je le monte à fond
 - B : Je le monte à 20° C





80% des personnes interrogées montent le chauffage à fond*

- Questions :

- Comment interpréter ce comportement d 'après la théorie de l 'action ?
- Quelle amélioration apporter au thermostat pour éviter ce comportement ?



Interprétation de ce comportement

Trois « modèles de l'utilisateur » possibles :

- Le thermostat régule directement la température de l'eau dans les tuyaux (ou la température de la résistance électrique)
- Le thermostat régule la proportion de temps ou le chauffage fonctionne (0% du temps en bas, 100% du temps à fond)
- Le thermostat agit comme un interrupteur, ouvrant le chauffage si la température est inférieure à celle programmée

Modèle erroné →

Comportement erroné

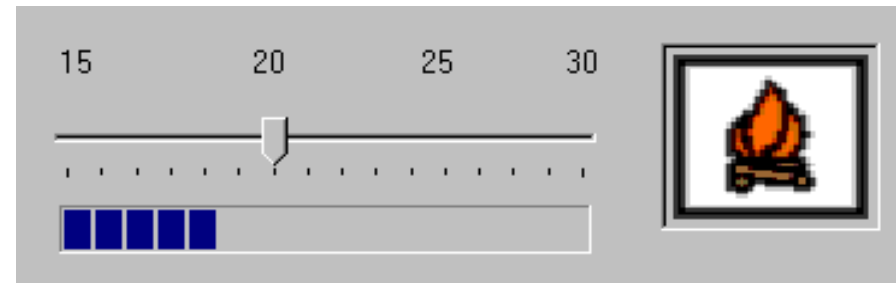
- D 'après les modèles (1) ou (2), l'utilisateur déduit que le fait de monter le thermostat au maximum réduira le temps nécessaire pour que la température remonte à 20°C
- Le modèle (3) est conforme au fonctionnement du chauffage central



Problème : « gouffre de l'évaluation »

- Pourquoi certaines personnes construisent-elles un modèle mental erroné ?
- Manque de feedback
 - L'action sur le thermostat n'a pas d'effet immédiatement perceptible
 - Difficile de savoir si le « but » est atteint (perception de la température)

Améliorations



- Permettre à l'utilisateur de construire un meilleur modèle du système
- Améliorer le feedback
 - Indication visuelle du fonctionnement du chauffage (feedback immédiat)
 - Indication de la température réelle par rapport à la température programmée
 - Permet de déterminer facilement si le but est atteint



Analyse de tâche

Utiliser l 'analyse de tâche pour
concevoir une interface

Récréation : Le jeu de 15

- Le jeu se joue à 2
- Vous disposez des chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
- On joue chacun son tour, chaque joueur prend un chiffre à la fois, un chiffre ne peut être pris qu'une fois
- Le premier qui possède 3 chiffres dont la somme est 15 a gagné



Jouez à ce jeu sans aucun outil (papier, crayon ou autre !)



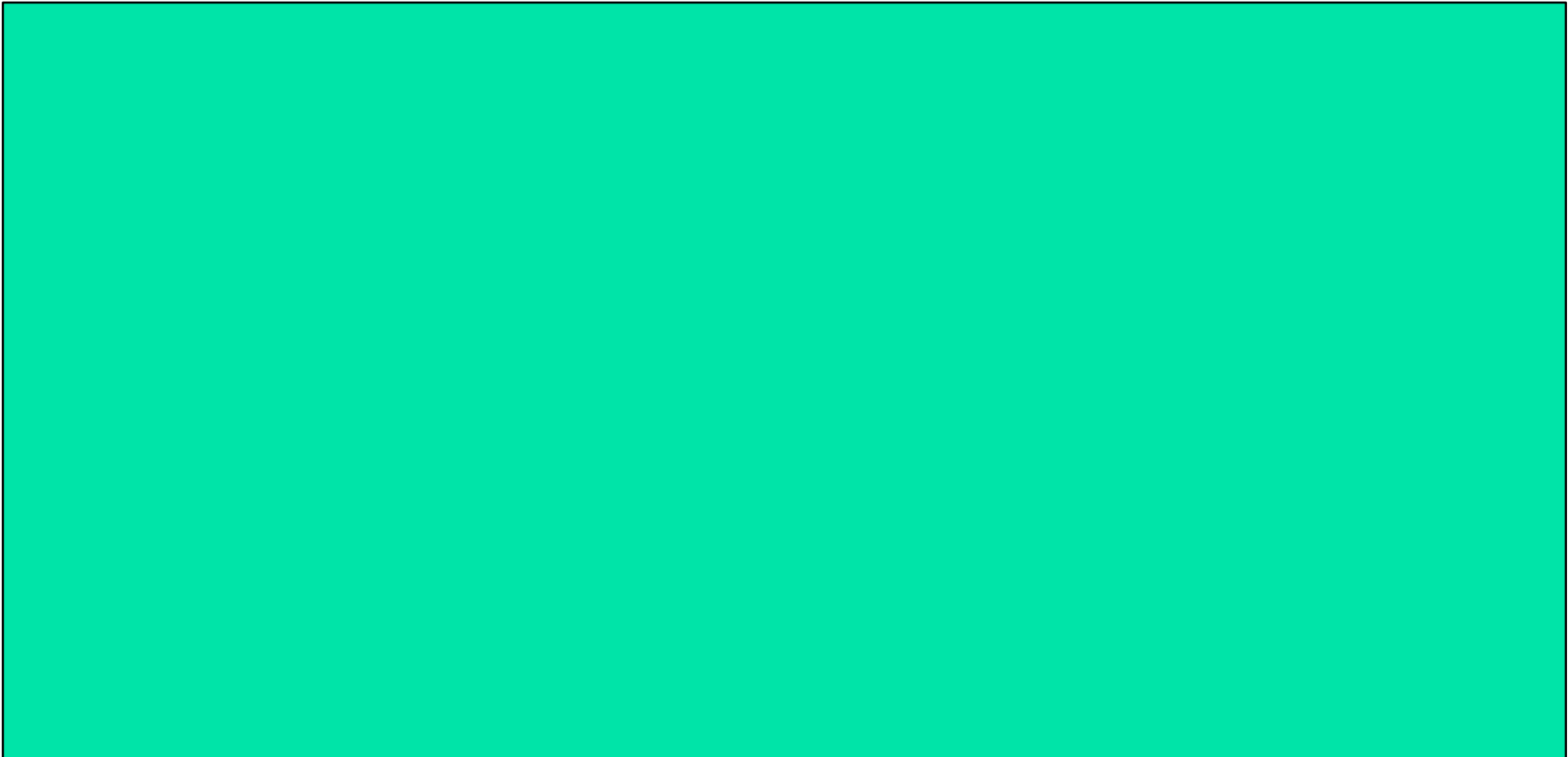
Exercice sur le jeu de 15

- Analyser la tâche d 'un joueur
 - Proposer une décomposition en sous-tâches
- Proposer une interface (papier + crayon ou informatique) pour ce jeu
 - L 'interface doit (bien entendu) assister au maximum la tâche du joueur



Analyse de la tâche

Hiérarchie des tâches et sous-tâches





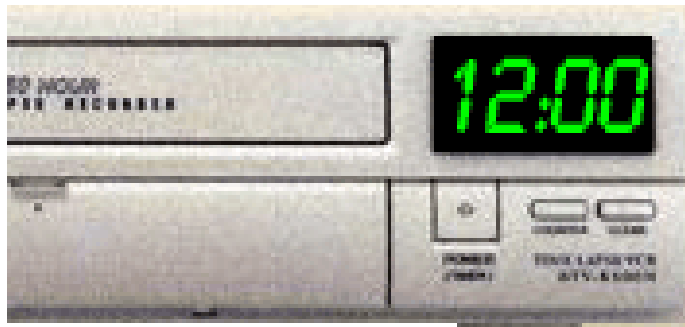
Votre solution



Une autre solution

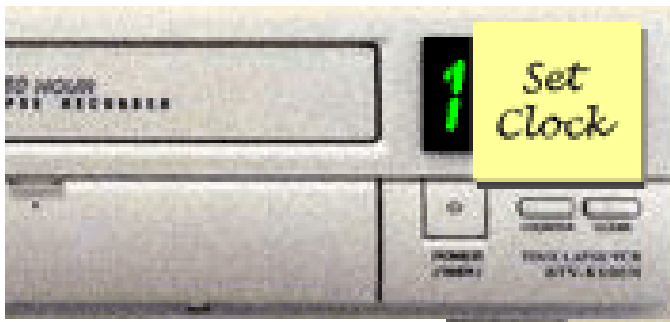


Évaluation du magnétoscope 1



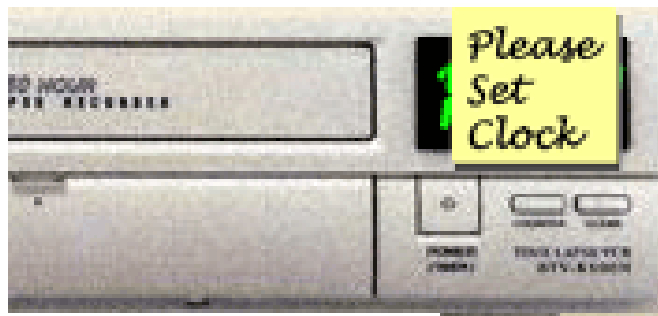
Avant évaluation
de l'utilisabilité

Évaluation du magnétoscope 2



Après la première
évaluation

Évaluation du magnétoscope 3



Après la deuxième
évaluation

Évaluation du magnétoscope 4




Après les premiers tests en situation

Évaluation du magnétoscope 5



Après les
validations finales

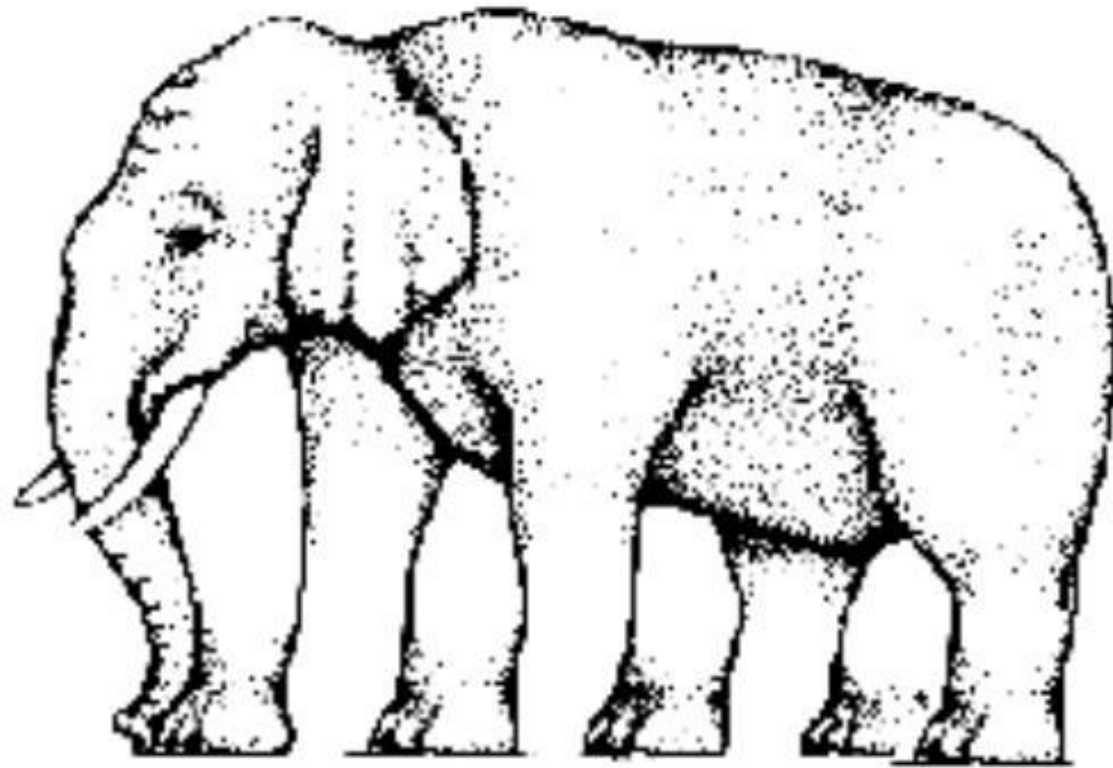
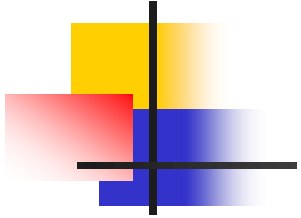


FINISHED FILES ARE THE RE-
SULT OF YEARS OF SCIENTIF-
IC STUDY COMBINED WITH THE
EXPERIENCE OF YEARS.

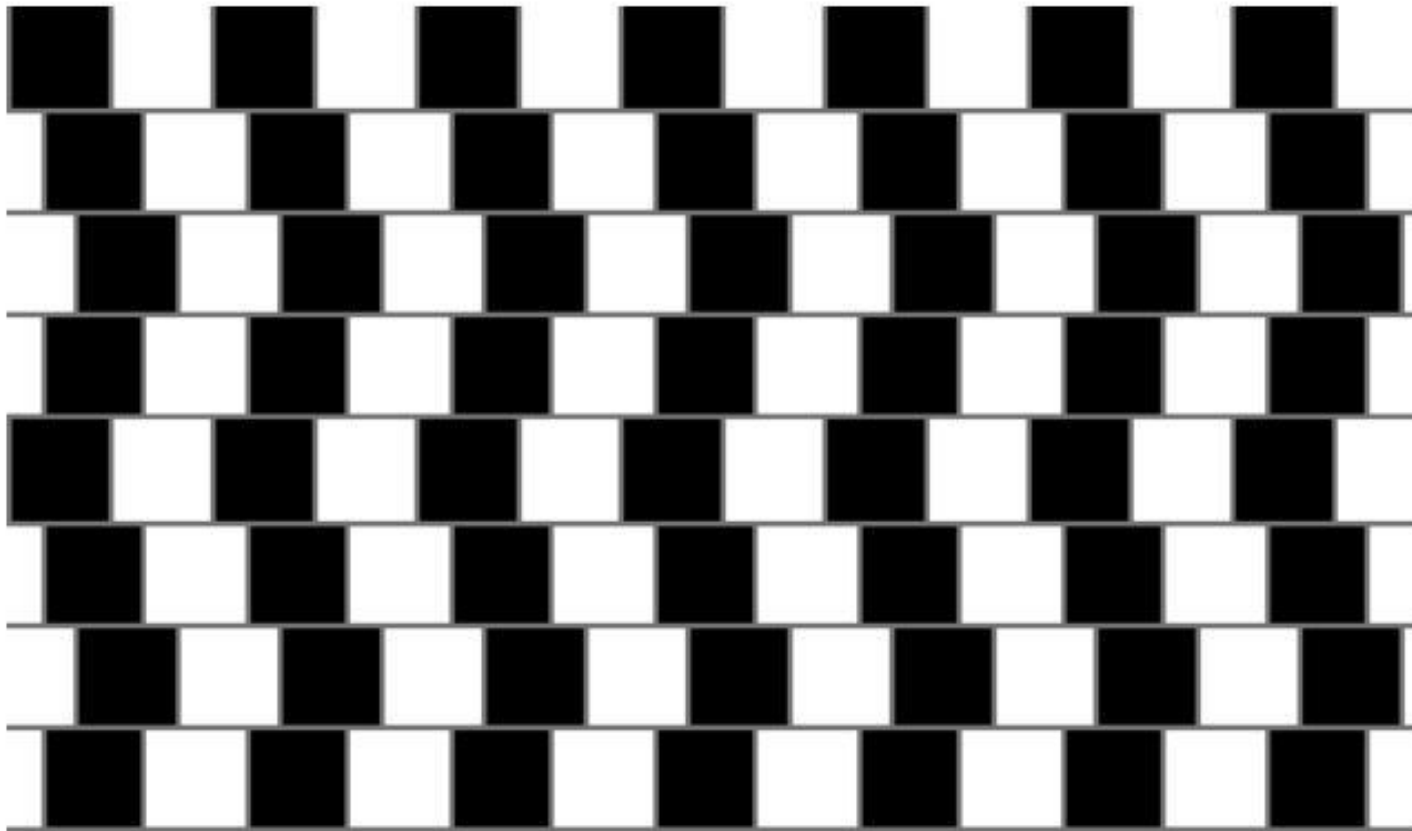


Facteurs Humains

Selon une étude de l'Université de Cambridge, l'ordre des lettres dans un mot n'a pas d'importance, la seule chose importante est que la première et la dernière soit à la bonne place. Le reste peut être dans un désordre total et vous pouvez toujours lire sans problème. C'est parce que le cerveau humain ne lit pas chaque lettre elle-même, mais le mot comme un tout.



How many legs does this elephant have?



Are the horizontal lines parallel or do they slope?



Cerveau droit - cerveau gauche

- S'asseoir
- Faire des cercles avec le pied dans le sens des aiguilles d'une montre
- Lever le bras droit et dessiner un 6

- Raté !!!

They Should Have Used Another Font





Couleurs facile

BLEU

VERT

MARRON

NOIR

NOIR

JAUNE

JAUNE ROSE

ROUGE

NOIR

VIOLET

VIOLET



Couleurs moins facile

BLEU

VERT

MARRON

NOIR

JAUNE

NOIR

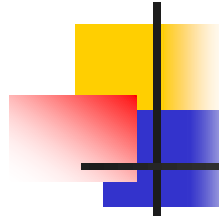
JAUNE ROSE

ROUGE

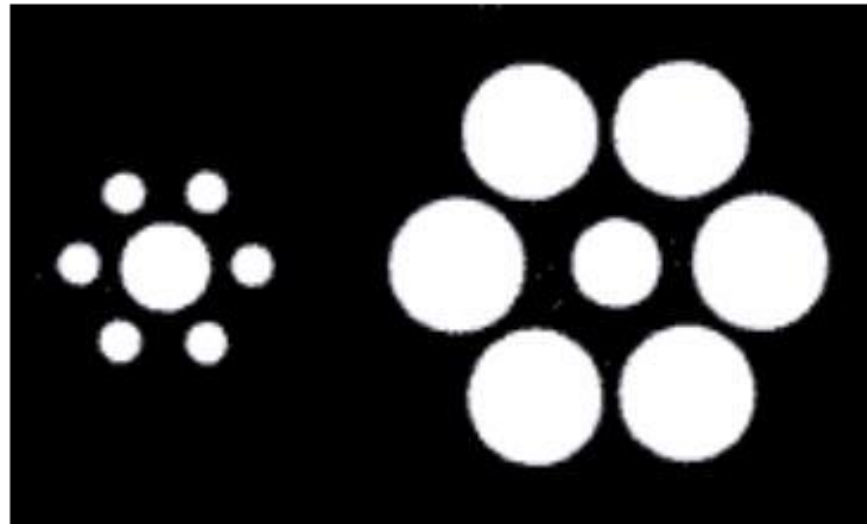
NOIR

VIOLET

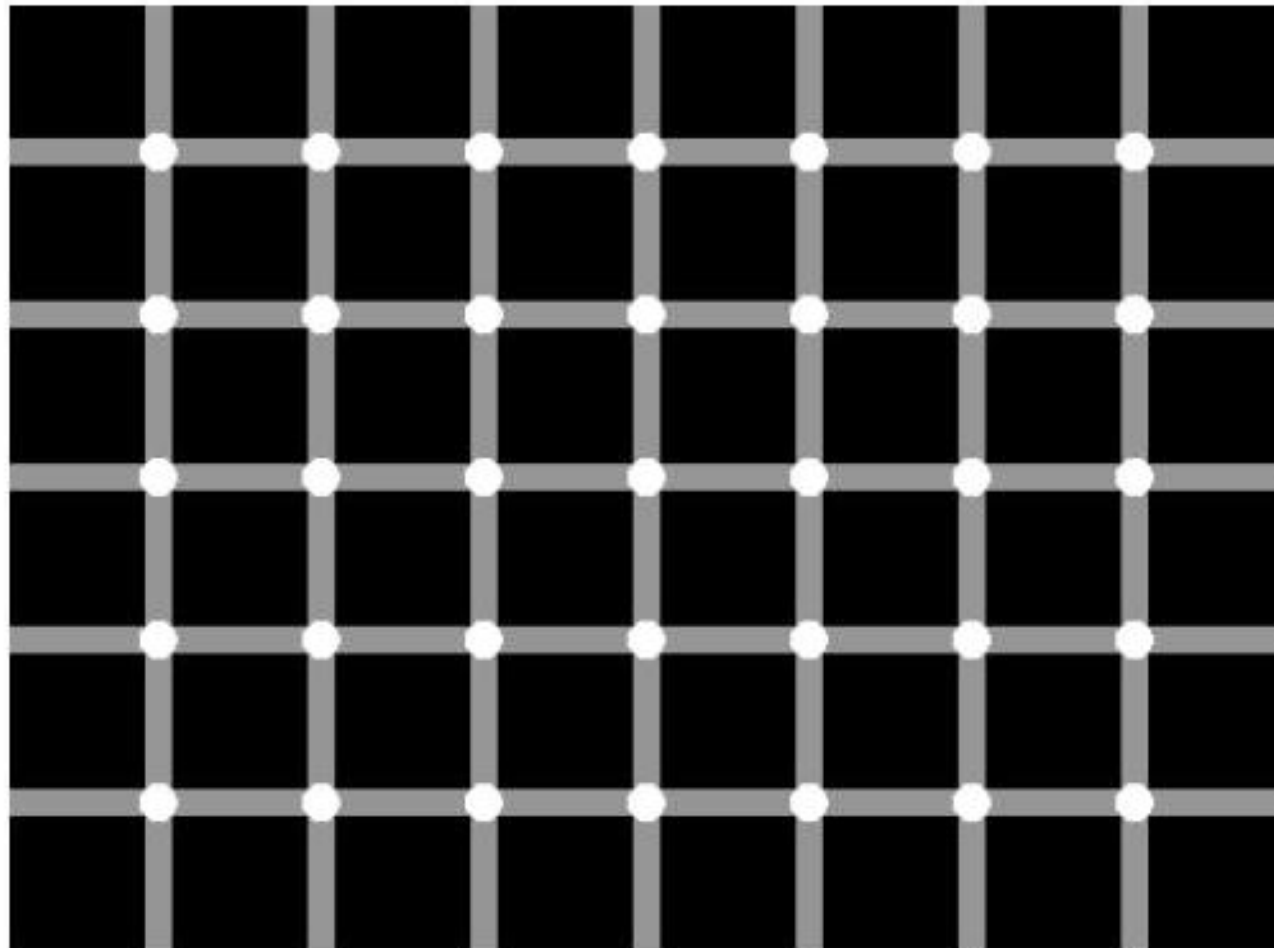
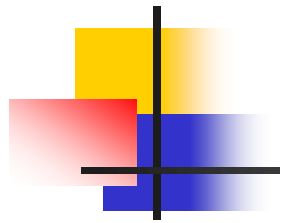
VIOLET



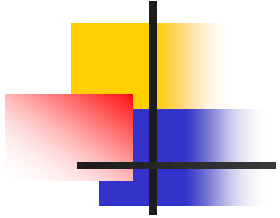
Is the left center circle bigger?



No, they're both the same size

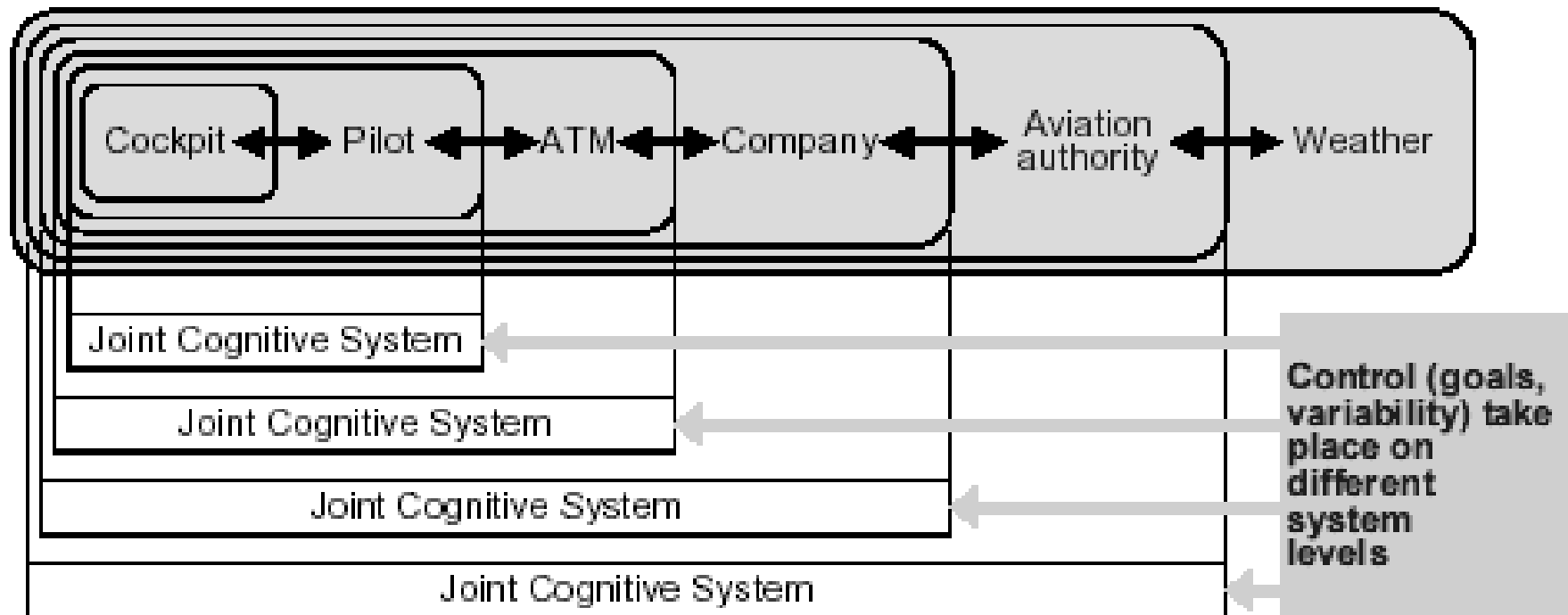


Count the black dots! :o)

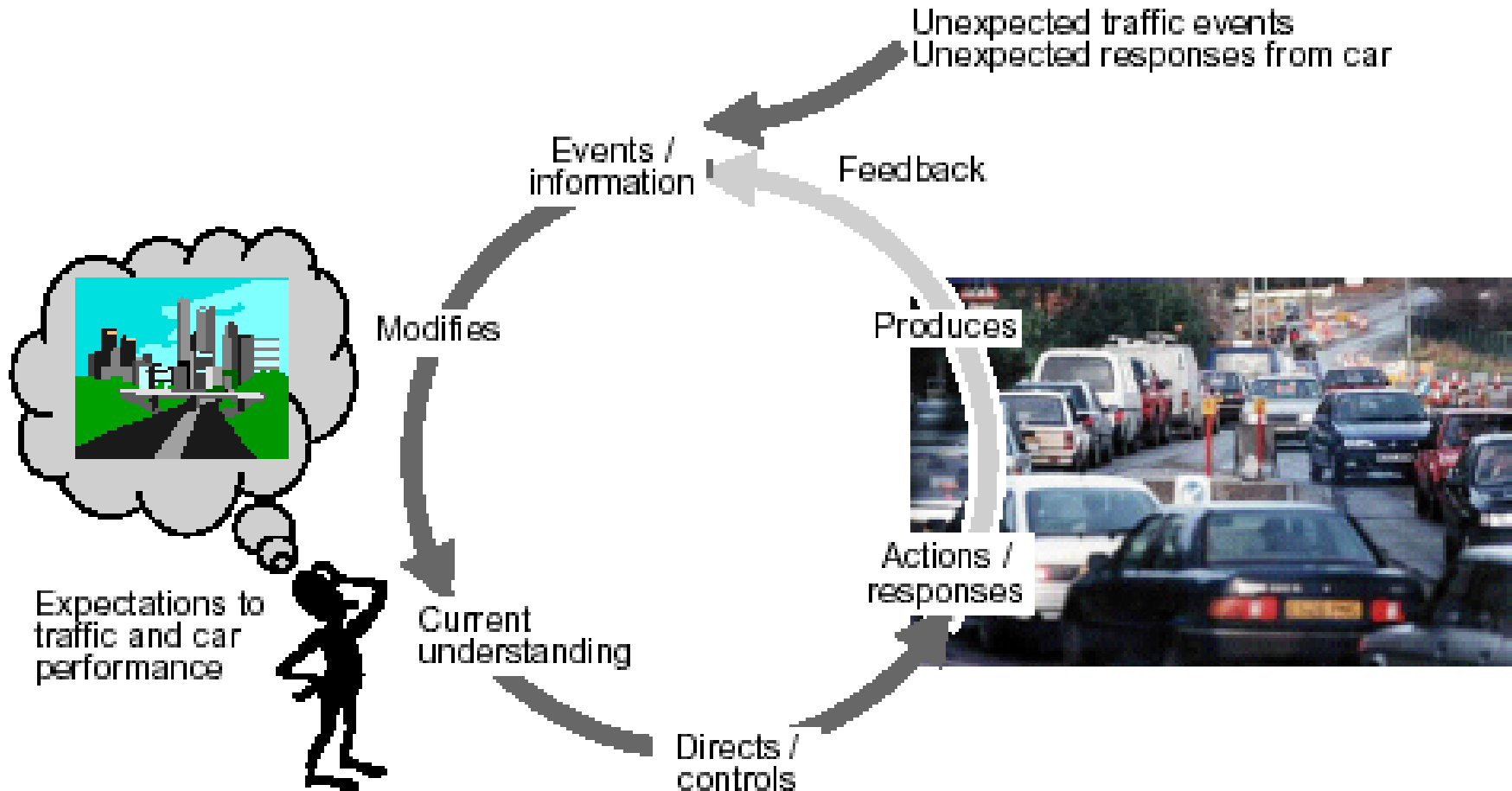


Modèle cognitif du système

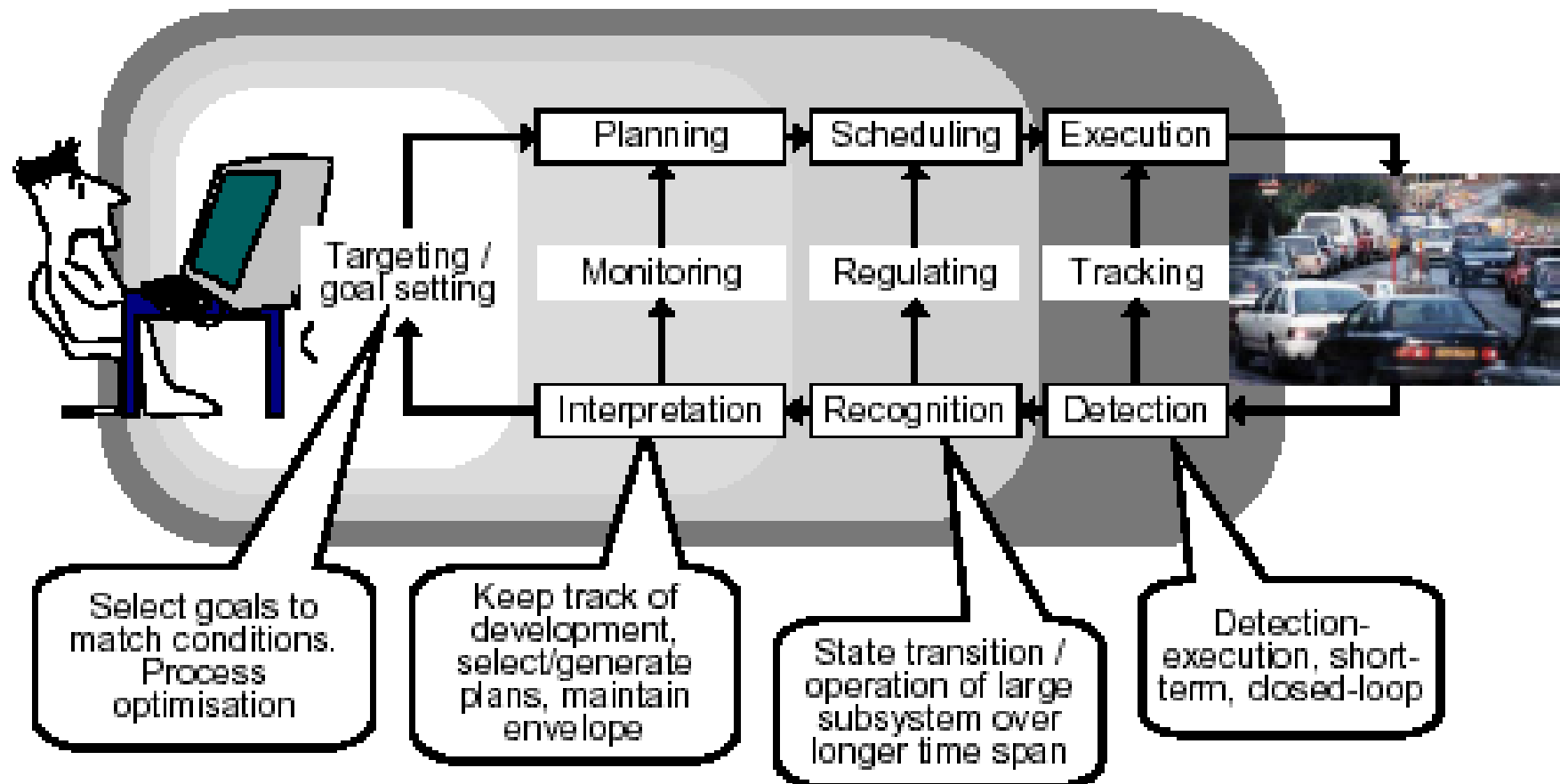
- L'utilisateur n'est qu'une petite partie



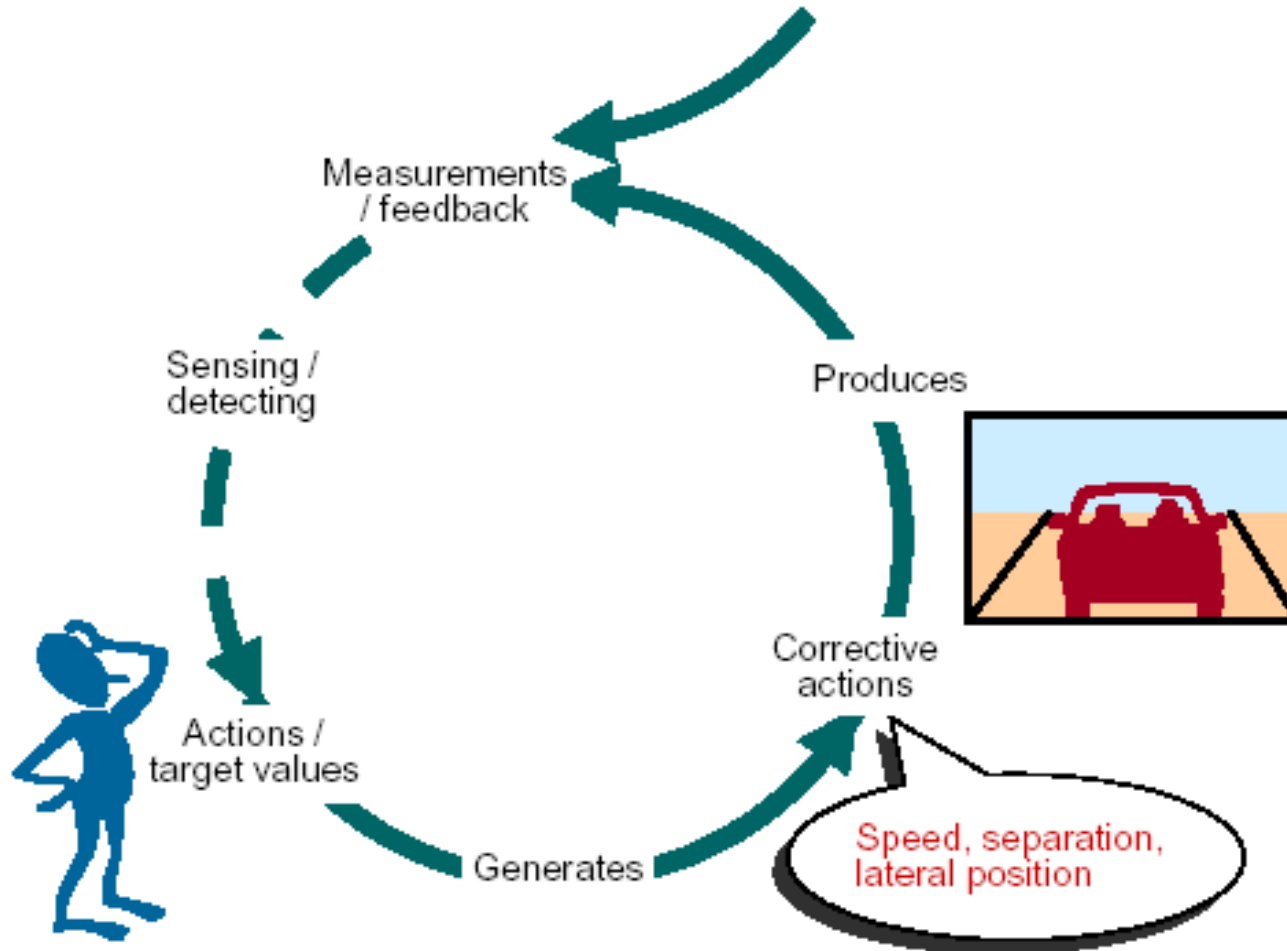
Modèle générique de comportement Humain



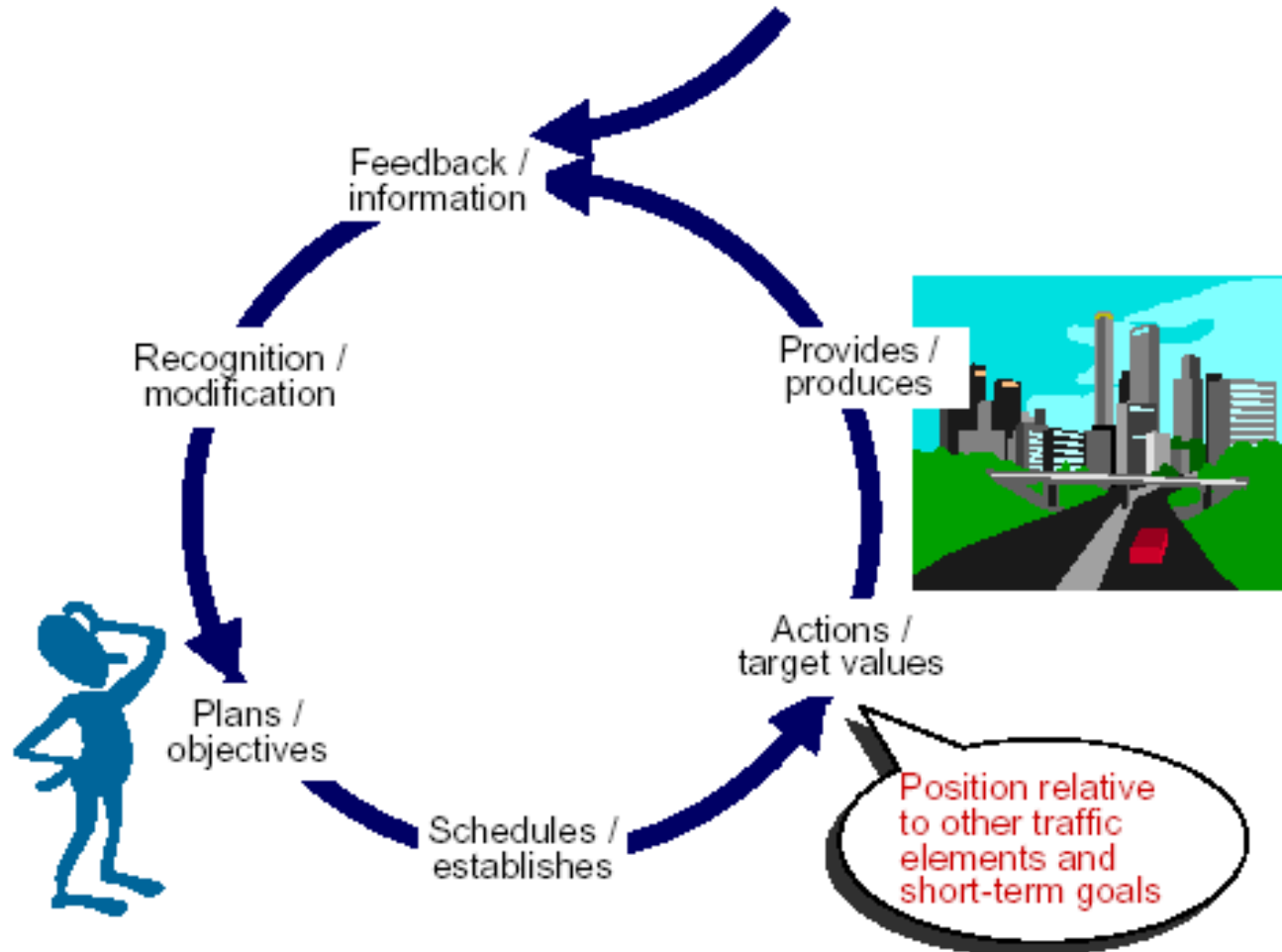
Holnagel's cognitive model



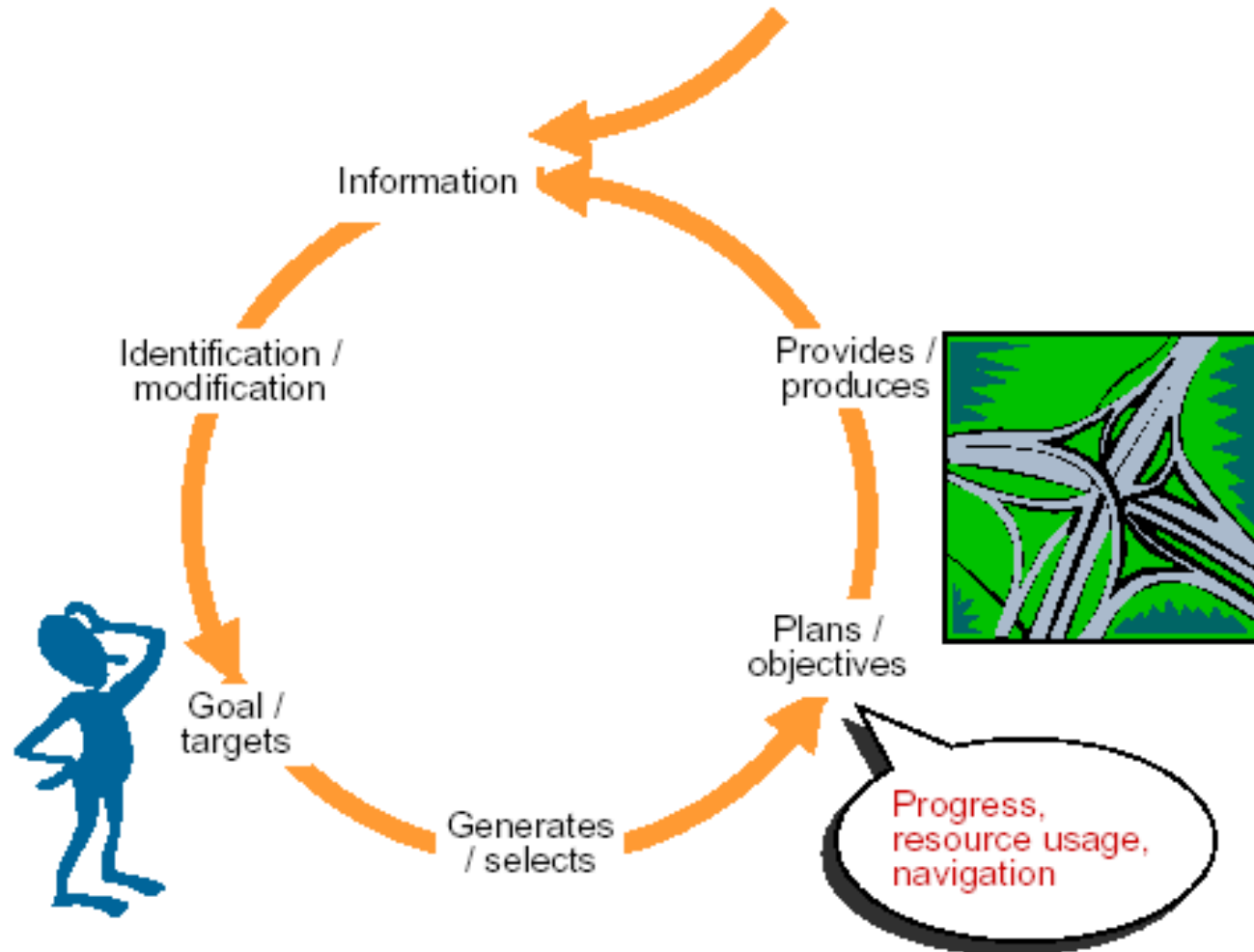
Activités au niveau "tracking"



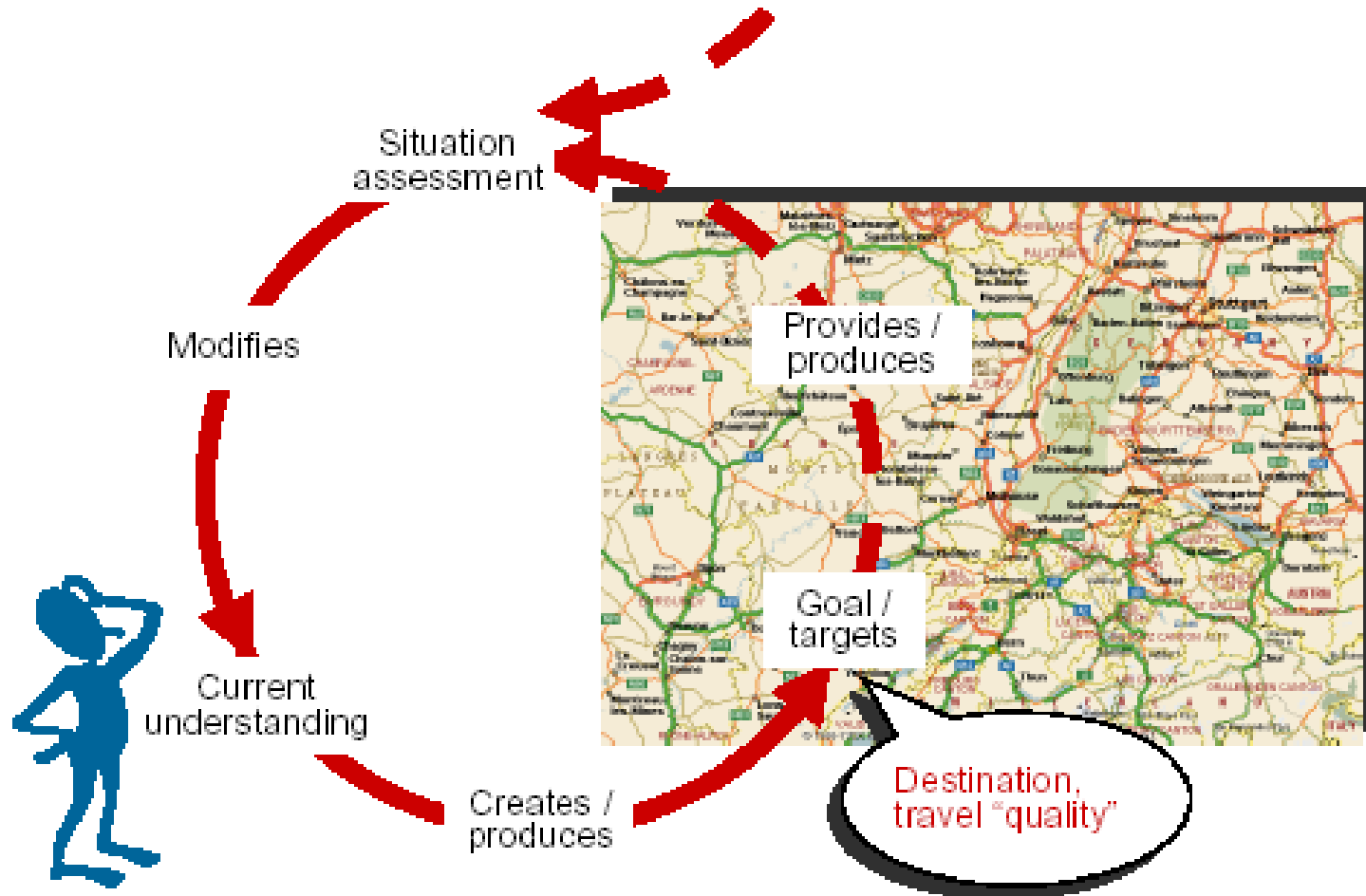
Activité au niveau de la régulation



Activité au niveau "monitoring"



Activité au niveau "targeting"



Modèle étendu

