

# Perception / Action

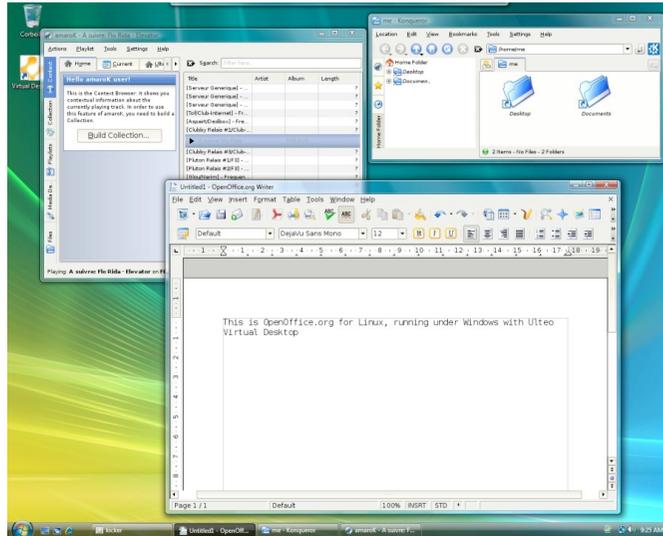
## Critères ergonomiques

**Eric Lecolinet - Télécom ParisTech**

**[www.telecom-paristech.fr/~elc](http://www.telecom-paristech.fr/~elc)**

mars 2018

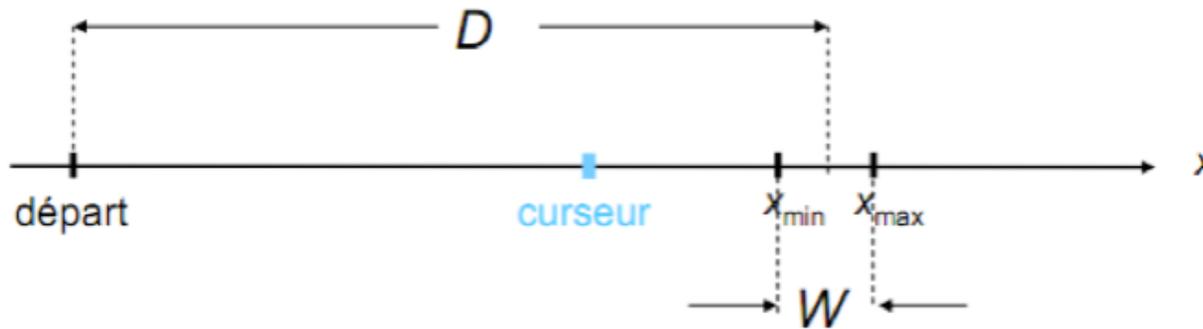
# Pointage



## Omniprésent dans les IHMs

- Impacte fortement la performance temporelle (et les erreurs)
- Questions :
  - comment estimer le temps de pointage
  - comment faciliter le pointage
  - comment éviter le pointage

# Estimer le temps de pointage

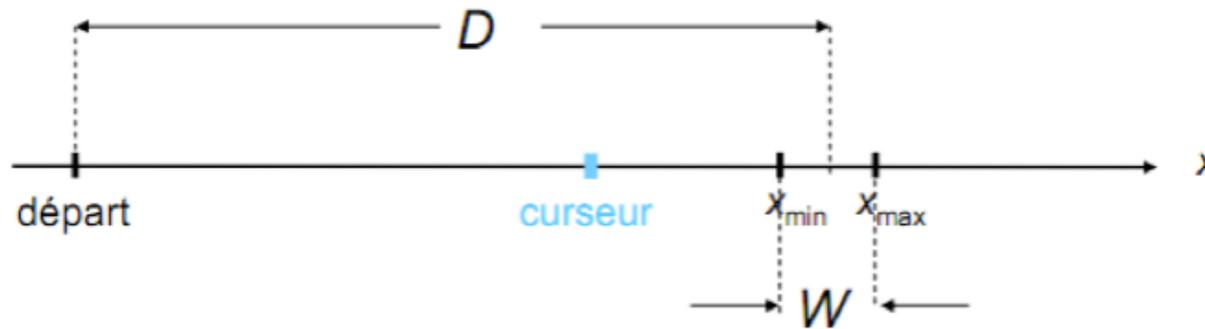


$$TM = a + b \underbrace{\log_2(D/W + 1)}_{ID}$$

## Loi de Fitts

- loi expérimentale prédisant le **temps de pointage**
- a et b sont des constantes empiriques dépendant du dispositif
  - et du type de population ou membre utilisé...
- **ID** est l'**indice de difficulté**
  - ne dépend que du **rapport D/W**
  - similitude avec l'entropie de Shannon

# Faciliter le pointage

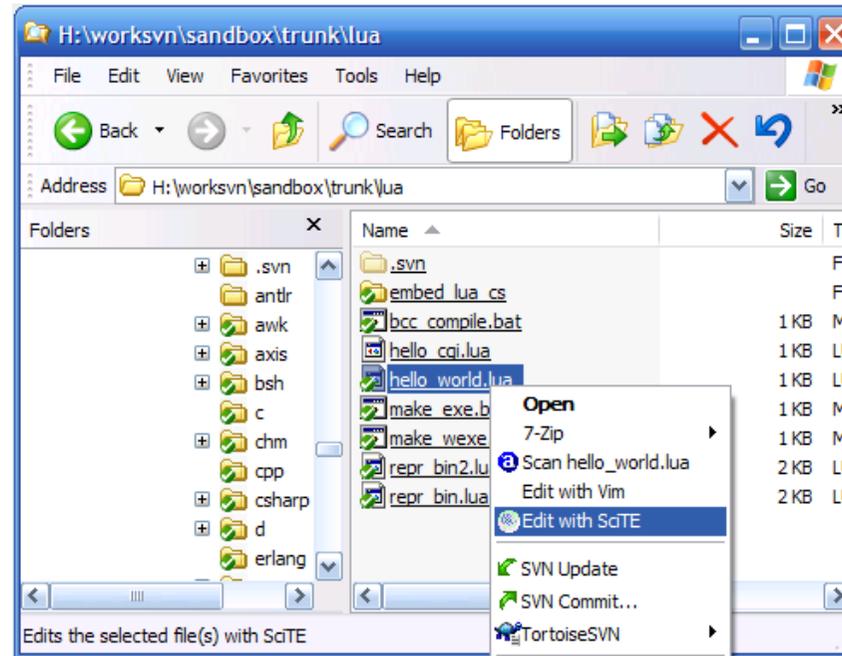


$$TM = a + b \underbrace{\log_2(D/W + 1)}_{ID}$$

## Quatre approches

- 1) approcher la cible (réduire D)
- 2) agrandir la cible (augmenter W)
- 3) moduler le gain de la souris (accélération du pointeur)
- 4) pointage sémantique (sauter les vides)

# 1. Rapprocher la cible



## Menus contextuels

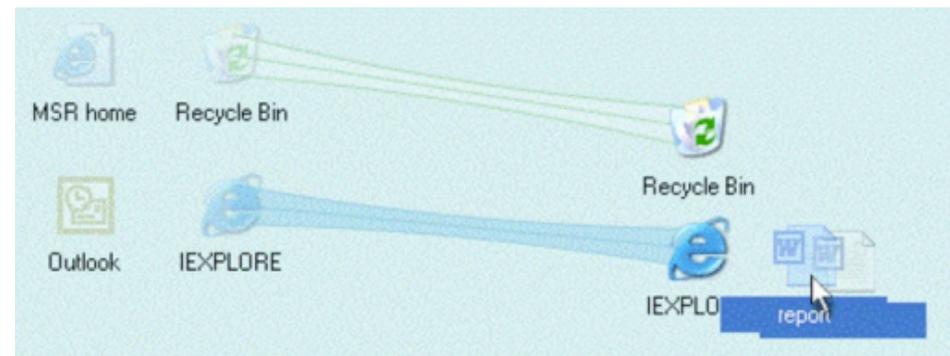
- réduisent la distance (D) à la cible
- mettre les items les plus utilisés en haut du menu
- ou tout en bas ! (pour d'autres raisons : recherche visuelle / mémorisation)

# 1. Rapprocher la cible



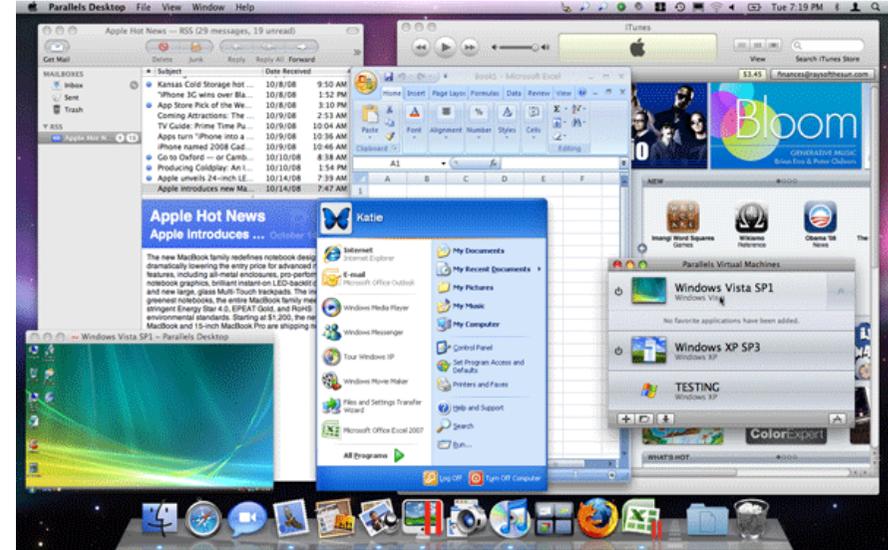
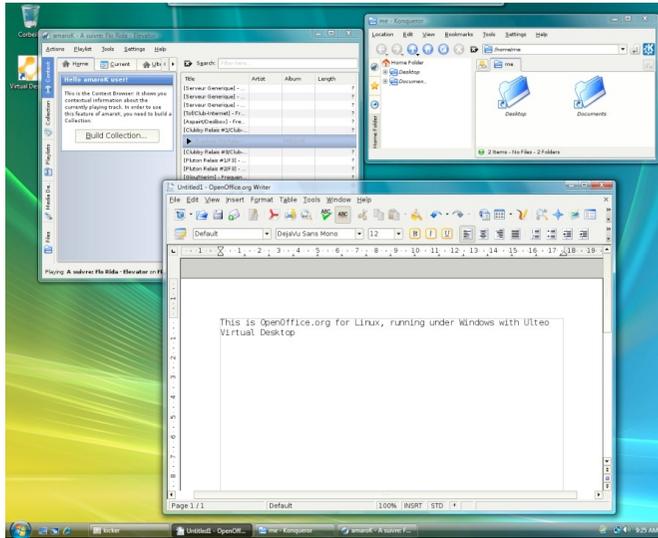
## Attirer les cibles

- automatiquement selon la sémantique des items



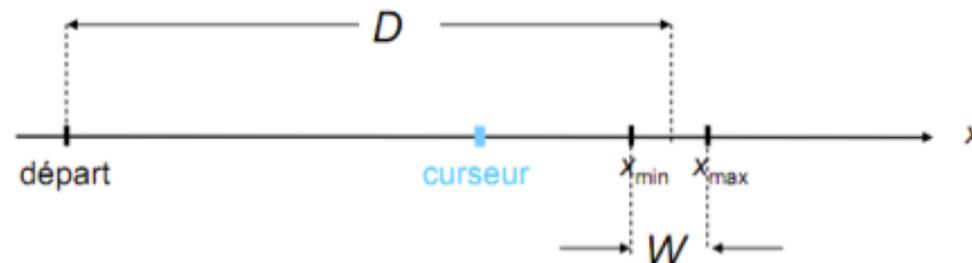
Drag-and-Pop

## 2. Agrandir la cible

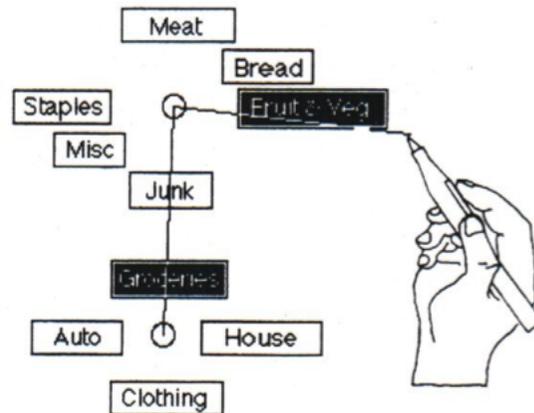
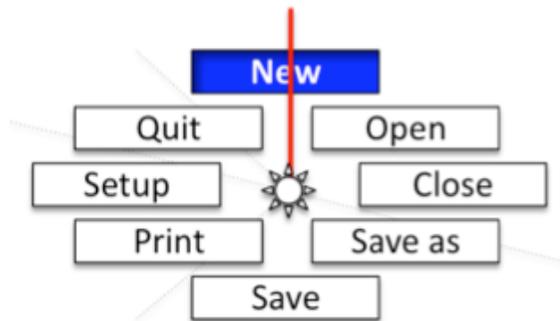


### Un exemple : la barre du Mac

- éloigne la cible (augmente  $D$ )
- mais **agrandit la cible** ( $W$  devient infinie dans une direction)



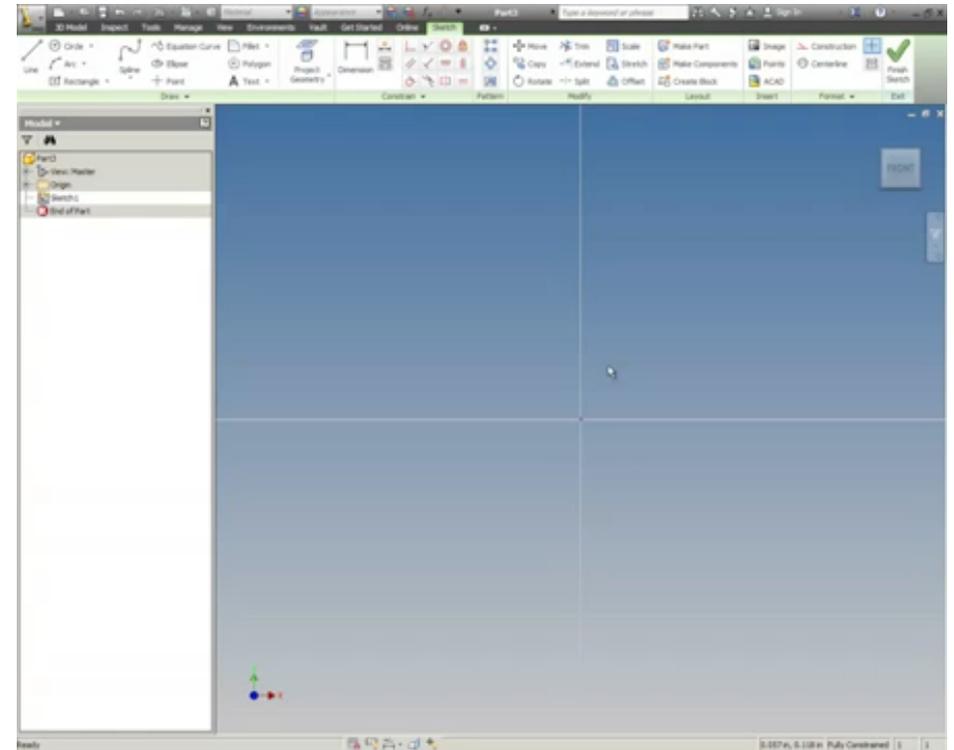
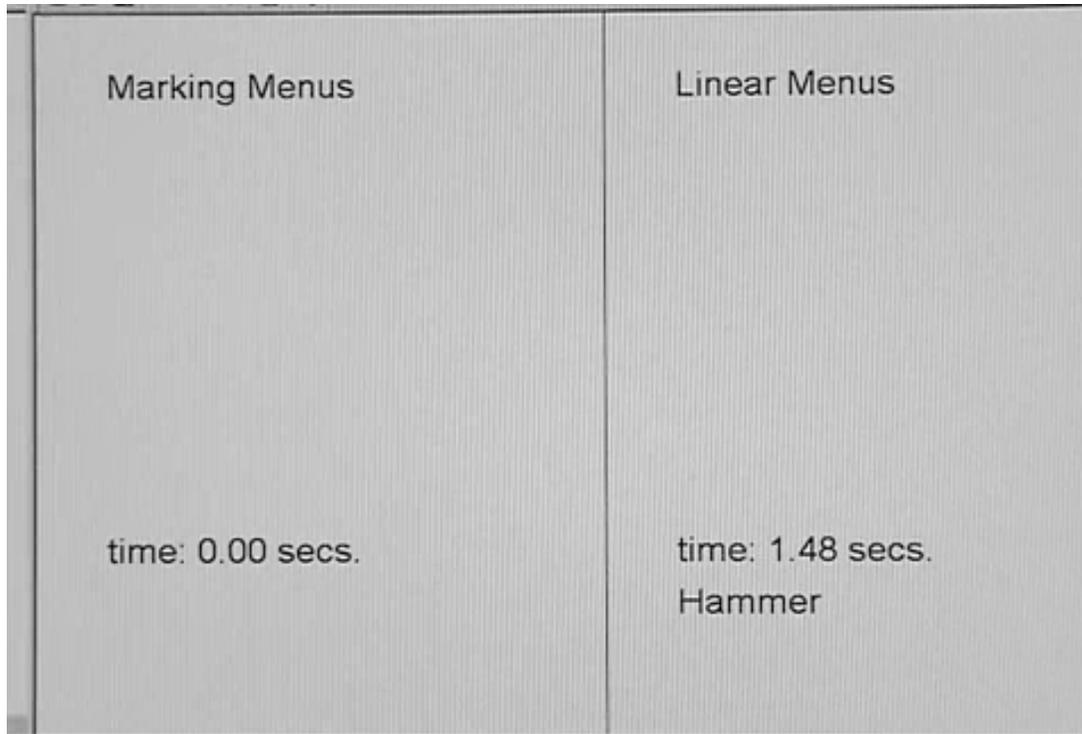
## 2. Agrandir la cible



### Marking menus

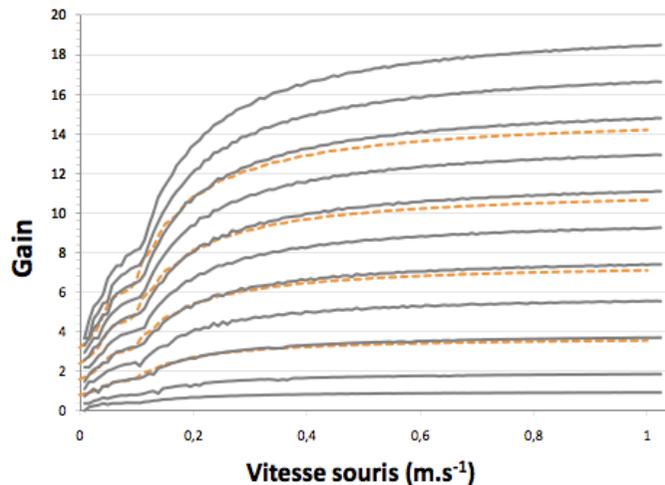
- **menus circulaires gestuels**
- gestes **radiaux** (directions cardinales)
- la cible devient **infinie** dans une direction (seul l'angle compte)
- de plus : **apprentissage implicite** : geste novice = geste expert

## 2. Agrandir la cible

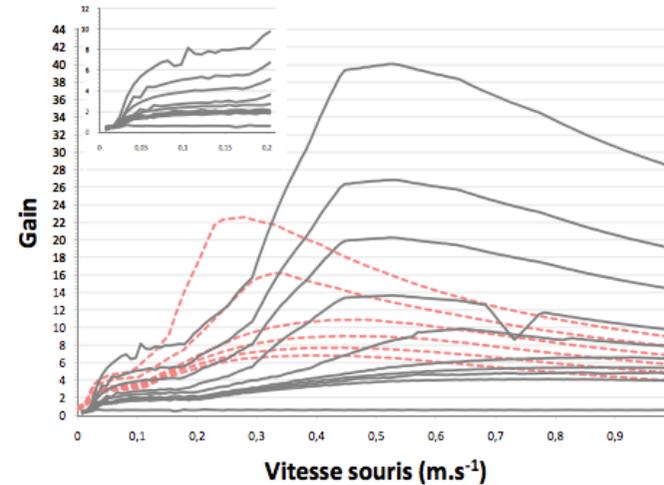


**Marking menus**

# 3. Gain de la souris



Windows XP



Mac OS X

src: Casiez et al.

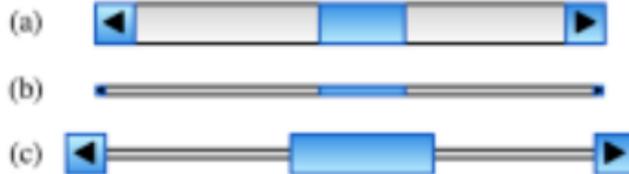
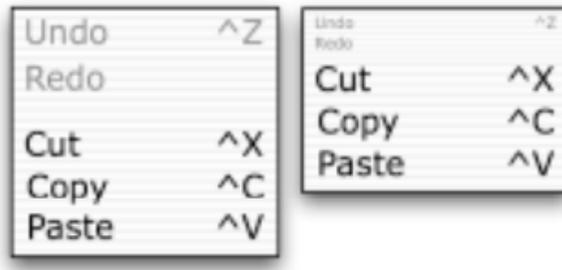
## Gain et « accélération »

- **gain** = Vitesse pointeur / Vitesse souris
- **accélération du pointeur** : le gain dépend de Vitesse souris

## Principe

- vitesse lente => **gain faible** => pointage précis
- vitesse rapide => **gain élevé** => accès rapide aux éléments lointains

# 4. Pointage sémantique



espace visuel

espace moteur

src: Blanch et al.

## Principe

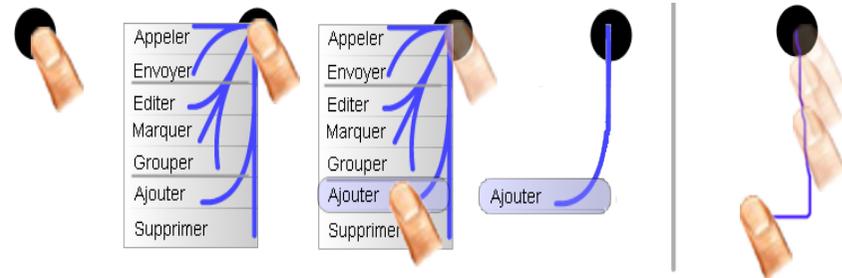
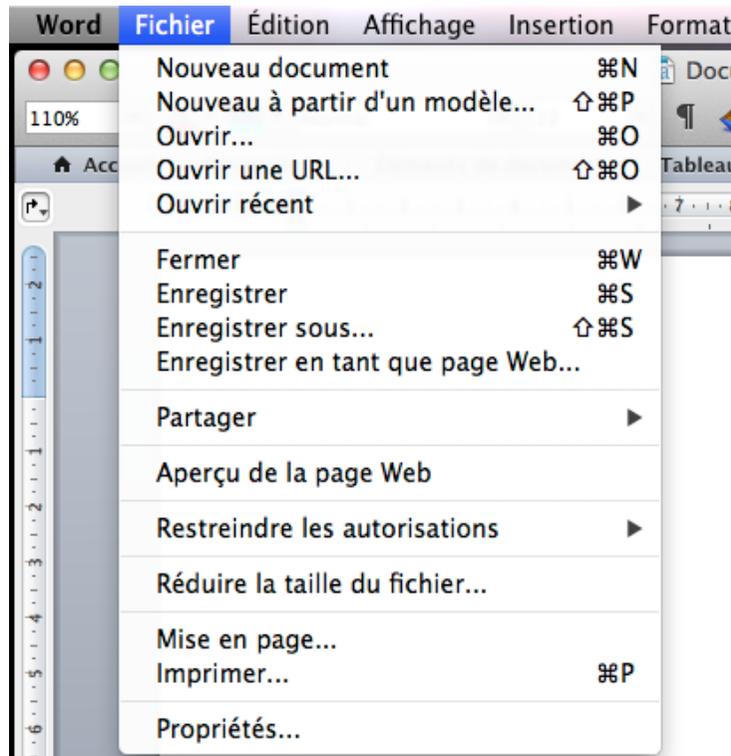
- le gain dépend de la sémantique des objets
  - espaces vides : **gain élevé** (déplacement rapide)
  - boutons fréquents => **gain faible** (faciles à saisir)
  - boutons inactifs ou dangereux : **gain élevé** (difficiles à saisir)
- cf aussi les grilles « magnétiques »

# 4. Pointage sémantique



**MagStick**

# Eviter le pointage



- accélérateurs claviers :
  - problème : nécessitent un **apprentissage explicite**
- interaction gestuelle (...)

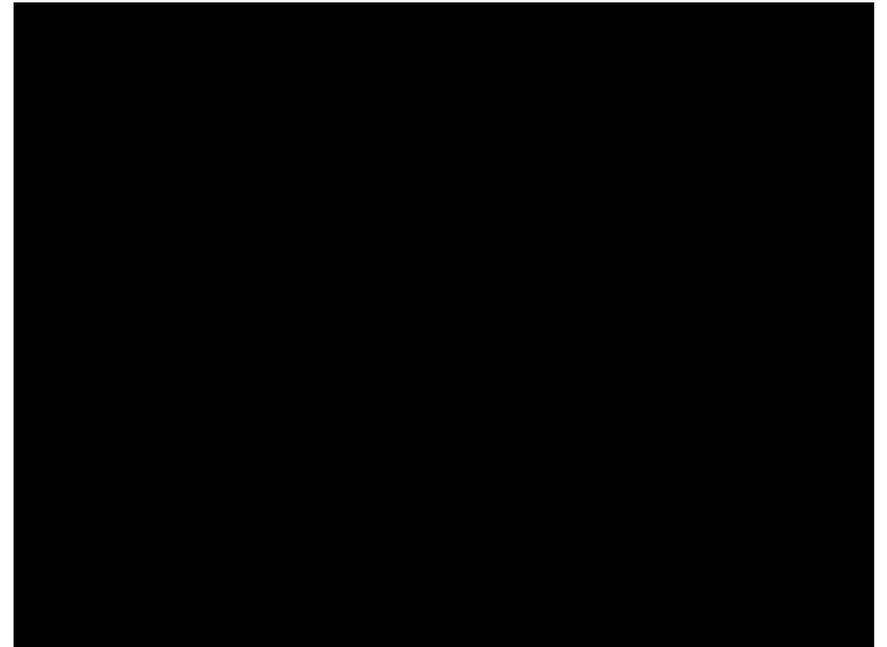
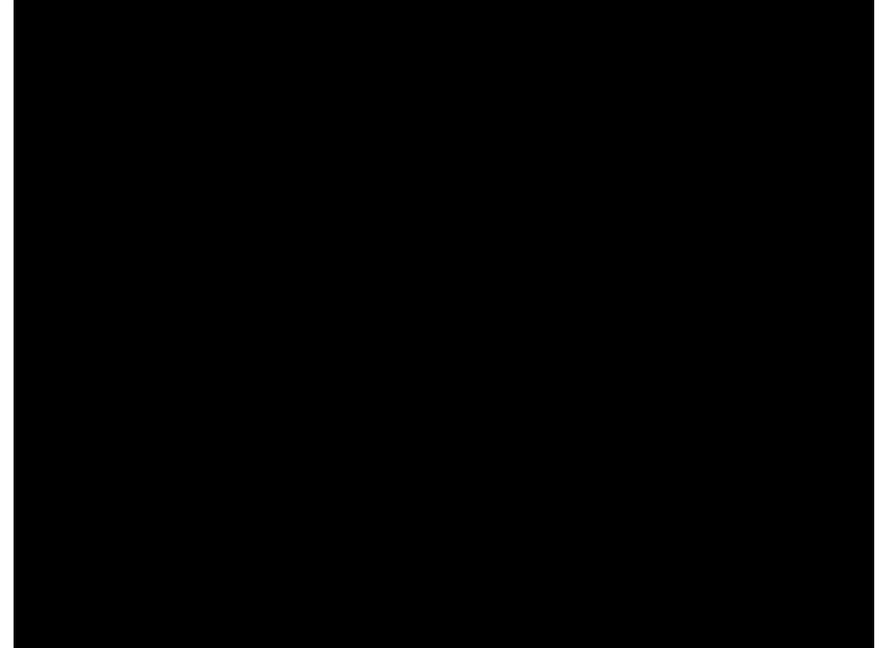
# Eviter le pointage

System Level Example:

Navigation among Applications

## Interaction gestuelle

- gestes 2D, Marking menus
- multitouch
- gestes 3D

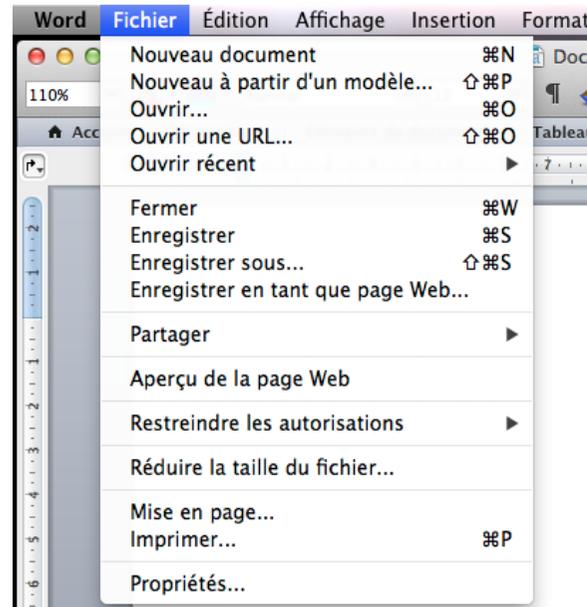


# Eviter le pointage

## Pour en savoir plus sur la loi de Fitts

- cours d'Yves Guiard « *Méthodes et Modèles de la Psychologie Expérimentale* »  
accessible depuis : <http://www.telecom-paristech.fr/~elc/ihtm>

# Loi de Hick



## Temps de choix d'un élément dans un ensemble

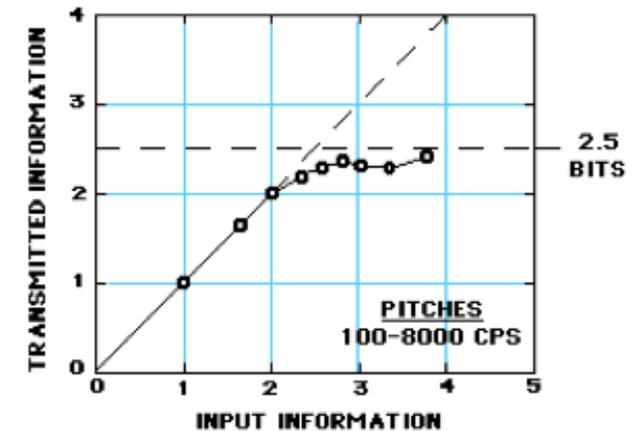
$$TR = a + b \log_2(n + 1)$$

a et b constantes empiriques, n nombre d'éléments

# Nombre magique

## De G. A. Miller

- nombre de valeurs que l'on peut distinguer de manière absolue sur une dimension
- « sept plus ou moins deux » (2 à 3 bits d'information)
  - son : ~ 6 fréquences, ~5 intensités
  - lumière : ~8 teintes, ~5 intensités
  - gout salé : ~4 intensités
  - pointeurs dans un intervalle : ~10 (temps court) à ~15 (long), etc.
- hypothèse : lié à la capacité de la mémoire court terme
  - nombre de «chunks» d'information
- cf aussi le « test des allumettes »



# GOMS

Card, Moran & Newell

## Modèle de description du comportement

- à différents niveaux d'abstraction
- depuis la **tâche** jusqu'aux **actions physiques**

## Deux axes

- **analyse de la tâche** (détermine le comportement)
- **évaluation prédictive** du comportement de l'utilisateur
  - objectif : éviter expérimentations préalables

# GOMS

Card, Moran & Newell

## Modèle GOMS

- **Goals** : états recherchés (hiérarchiques : buts et sous-buts)
- **Opérateurs** : actions élémentaires du logiciel
- **Méthodes** : procédés permettant d'atteindre des buts à partir d'opérateurs
- Règles de **Sélection** : choix d'une méthode (s'il y en a plusieurs)

# Exemple GOMS

M. Beaudouin-Lafon

## Exemple : déplacer une phrase dans un texte

But initial : éditer le texte

Sous-but : sélectionner le texte à déplacer

Opérateurs :

- a. déplacer la souris
- b. cliquer sur le bouton
- c. taper des raccourcis clavier

Méthodes :

- Pour l'édition :
  - 1. Détruire la phrase et la retaper
  - 2. Copier-coller avec les raccourcis clavier
  - 3. Copier-coller avec les menus
- Pour la sélection :
  - 4. cliquer-tirer sur le texte
  - 5. double-clic sur le 1er mot, shift-clic sur le dernier

Règles de sélection

- Pour l'édition : méthode 1 si le texte est court, méthode 2 si l'on se souvient des raccourcis, sinon méthode 3.
- Pour la sélection : méthode 4 si le texte à déplacer n'est pas un ensemble de mots complets, méthode 5 sinon.

# Keystroke

## Application de GOMS pour prédire le temps d'exécution

- prenant en compte :
  - la tâche à effectuer
  - le langage de commande du système
  - les capacités motrices de l'utilisateur
  - les temps de réponse du système
  - la méthode de réalisation de la tâche

# Keystroke

## Six opérateurs

- **K** : "**Keystroking**", appui touche ou bouton (0.08s-1.20s, moy.0.40s)
- **P** : "**Pointing**", pointage souris (1.10s)
- **H** : "**Homing**", rapatriement de la main (1.00s)
- **D** : "**Drawing**", dessin de droites ( $0.9n+0.16l$ , n segments de longueur l)
- **M** : "**Mental activity**", activité mentale (1.35s)
- **R** : "**Response time**", temps de traitement du système

## Temps d'exécution

- **TK + TP + TH + TD + TM + TR**
- pour un utilisateur expert

# Keystroke

## Six opérateurs

- **K** : "Keystroking", appui touche ou bouton (0.08s-1.20s, moy.0.40s)
- **P** : "Pointing", pointage souris (1.10s)
- **H** : "Homing", rapatriement de la main (1.00s)
- **D** : "Drawing", dessin de droites ( $0.9n+0.16l$ , n segments de longueur l)
- **M** : "Mental activity", activité mentale (1.35s)
- **R** : "Response time", temps de traitement du système

## Temps d'exécution

- **TK + TP + TH + TD + TM + TR**
- pour un utilisateur expert

Exemple : Méthode 5 puis 3

- sélection : M PK PK
- commande copier : M PK PK
- sélection destination : M PK
- commande coller : M PK PK

total = 14.9s

# Keystroke

## Remarques

- simple mais pas très précis
- placement de M un peu «magique» (et très à la louche)
- suppose un utilisateur expert sachant exactement ce qu'il faut faire
- utile pour comparer des alternatives
- diverses améliorations (CMN-GOMS, CPM-GOMS)

## Pour en savoir plus

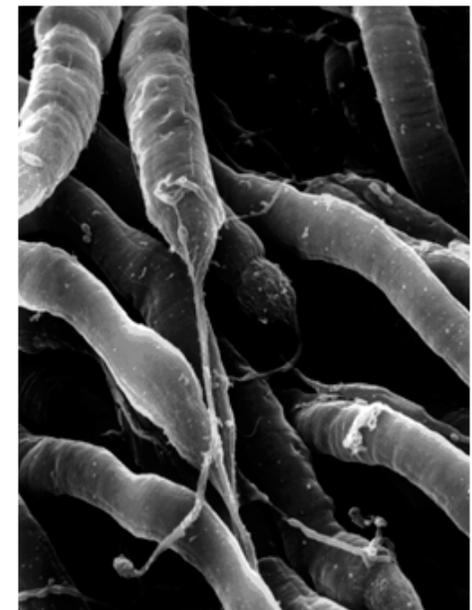
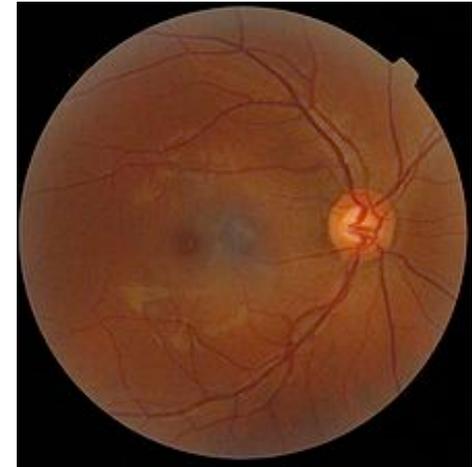
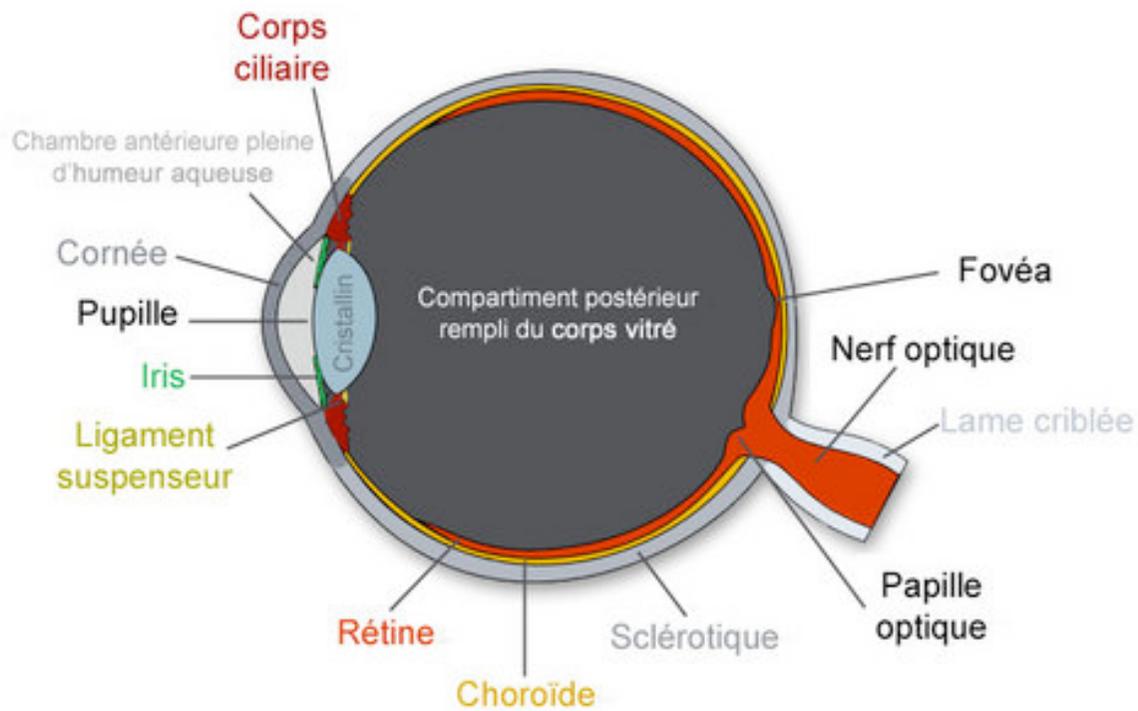
- <http://en.wikipedia.org/wiki/GOMS>
- en Français : J. Coutaz Interfaces homme-ordinateur

# Couleur & interfaces graphiques

# Perception de la couleur

## Rétine

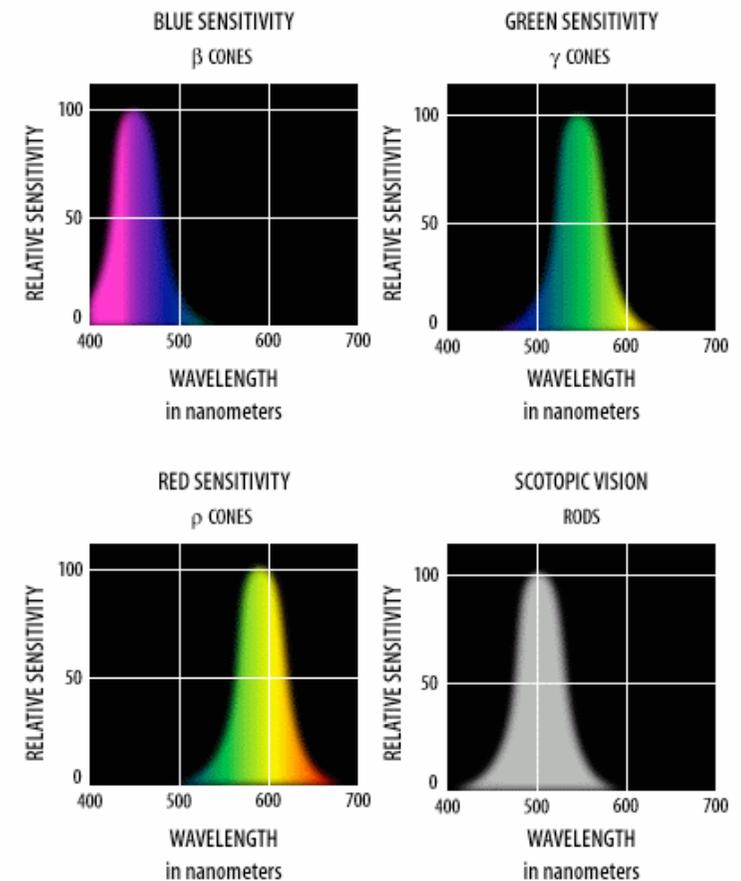
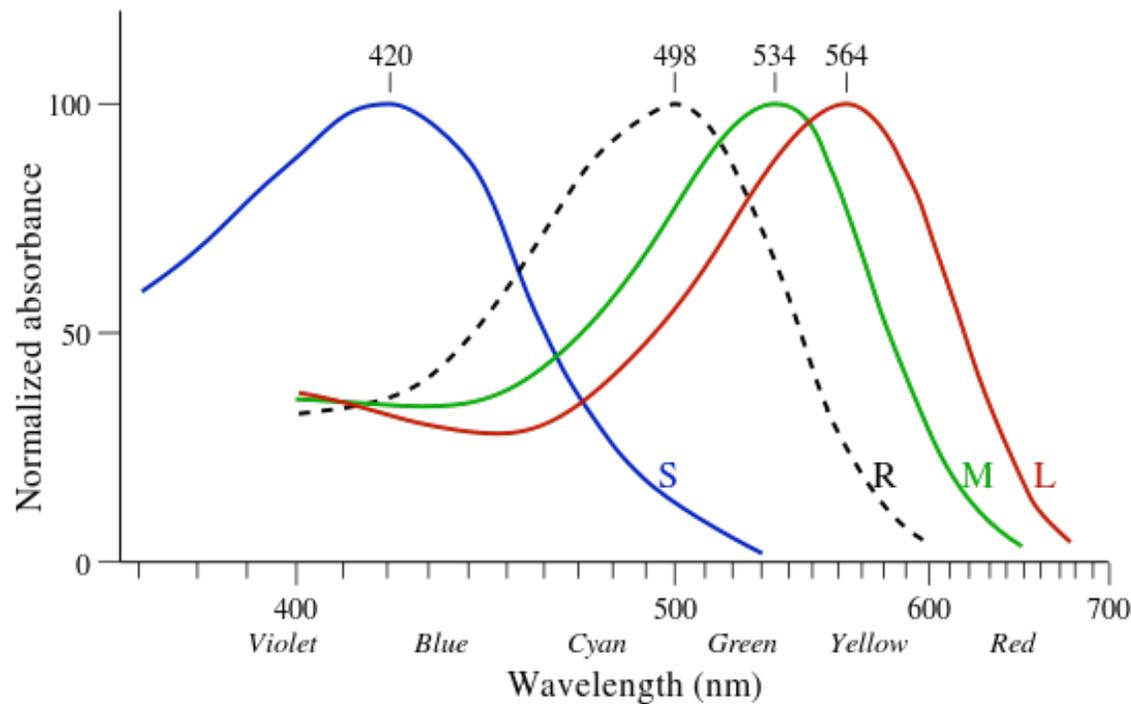
- **bâtonnets** : niveaux de gris, large spectre
- **cônes** : sensibles au **rouge**, au **vert** ou au **bleu**



# Perception de la couleur

## Mesure *indirecte* de l'oeil

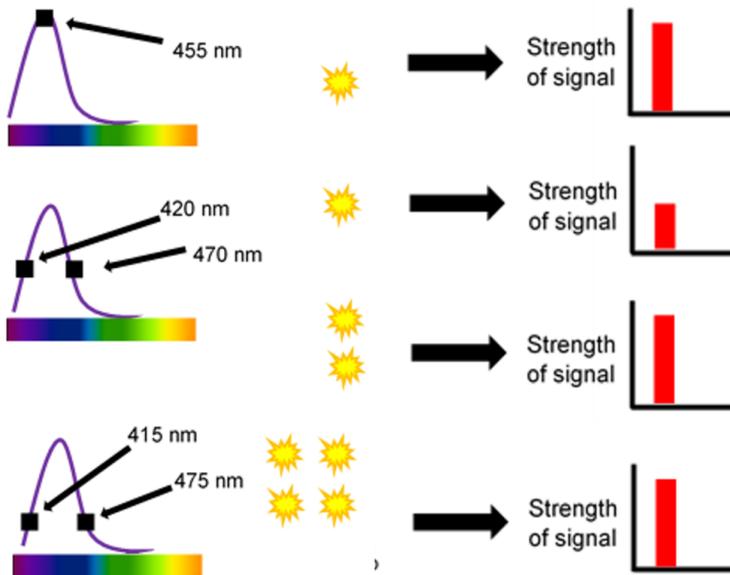
- l'oeil ne détecte pas les **teintes** mais des **mélanges**
- une infinité de **combinaisons** de teintes/valeurs sont perçues **identiquement** !



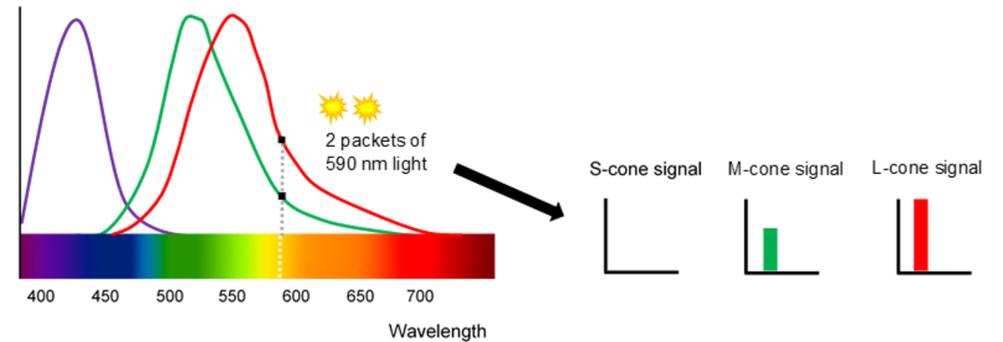
# Perception de la couleur

## Couleurs métamères

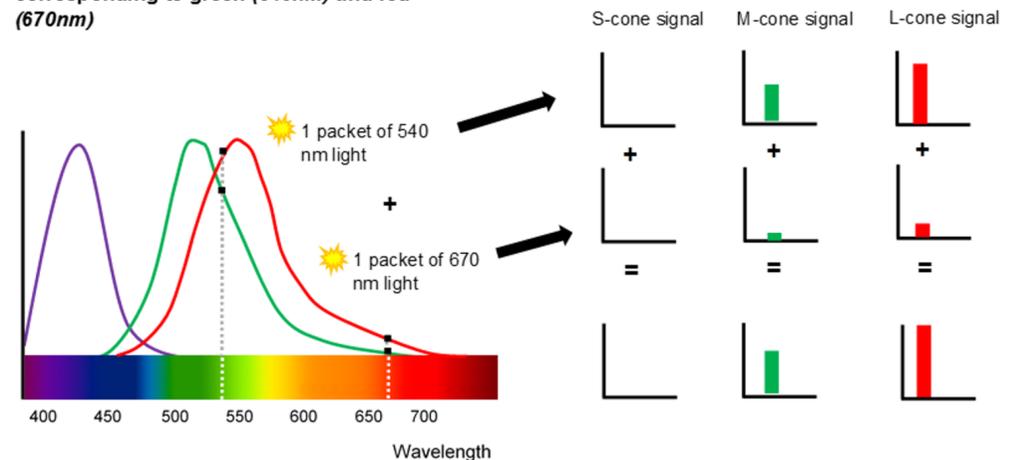
- mélanges de **couleurs**
- perçus **identiquement**



A single wavelength, corresponding to yellow (590 nm)



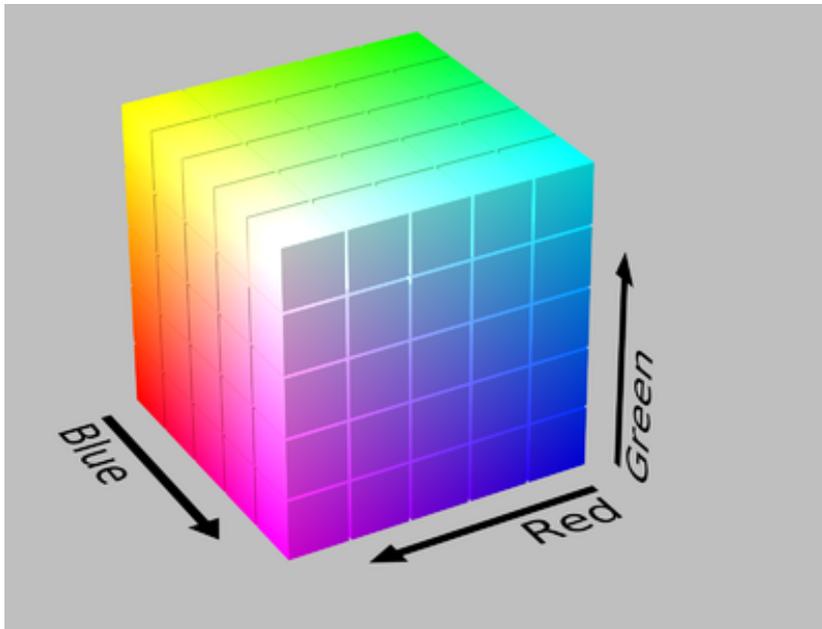
A mixture of two different wavelengths corresponding to green (540nm) and red (670nm)



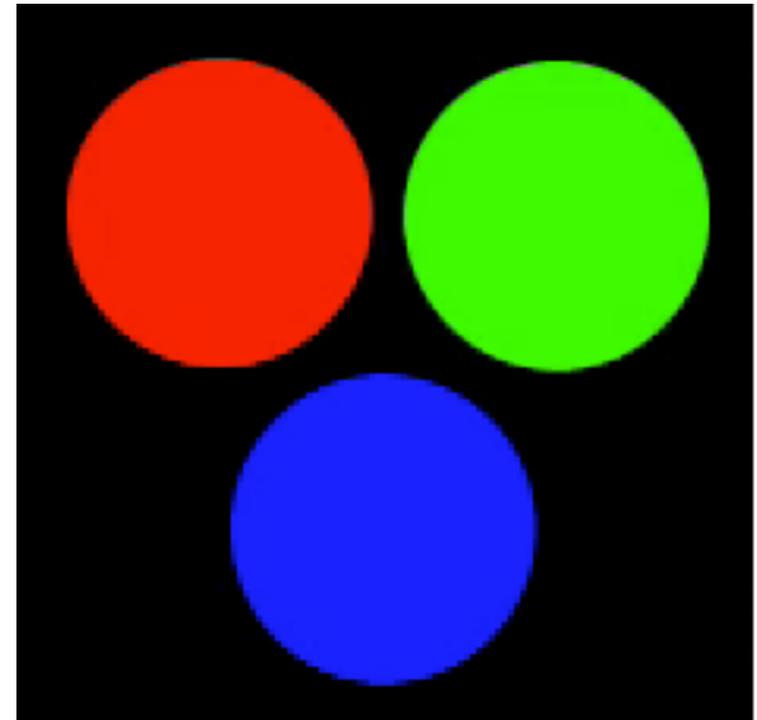
# Modèle RGB

## Modèle additif

- modèle des écrans : **émission de lumière**
- 3 types de sous-pixels : **R, G et B**
  - **couleurs primaires** correspondant à celles des cônes



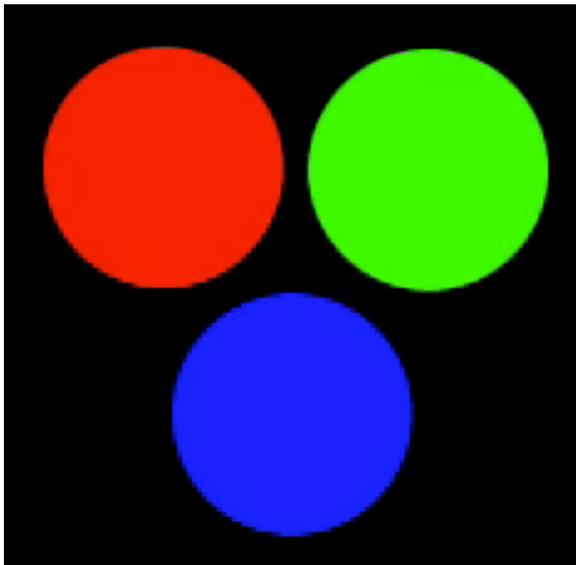
wikipedia



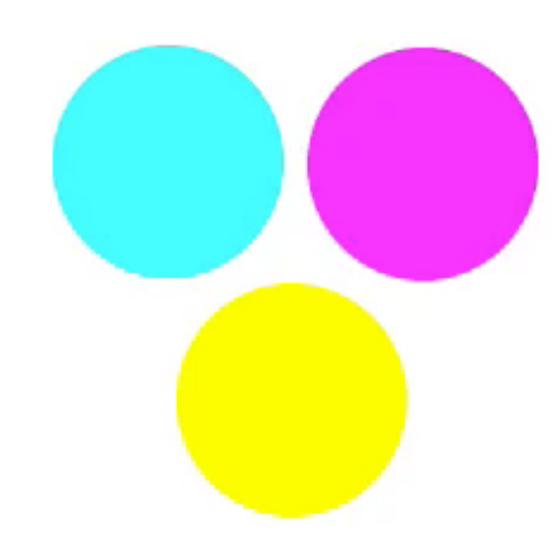
# Modèle CMY(K)

## Modèle soustractif

- modèle des **imprimantes** : **absorption/réflexion** de la lumière
- **couleurs complémentaires** de RGB : Cyan, Magenta et Jaune (Yellow)
- en général : **CMYK** : CMY + black
- impression haut de gamme : 6 couleurs ou plus car pigments imparfaits



additif

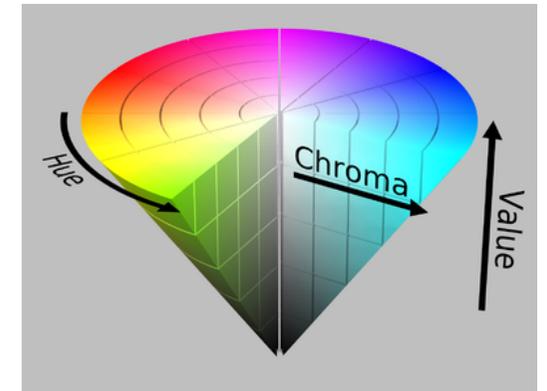


soustractif

# Modèle HSV

## Modèle HSV (TSV)

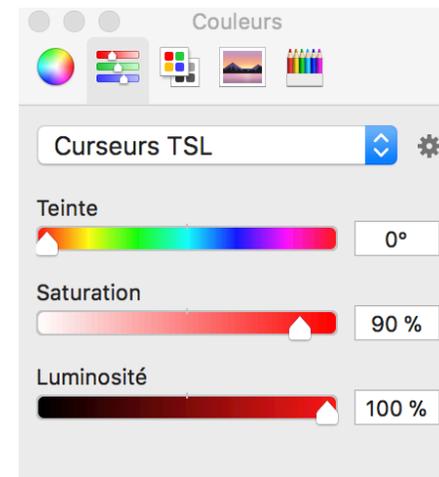
- équivalent à **RGB** mais plus pratique pour les humains !
- **Hue** = teinte : couleur (longueur d'onde) **primaire**
- **Saturation** = proportion de couleurs **secondaires**
- **Value** = luminosité



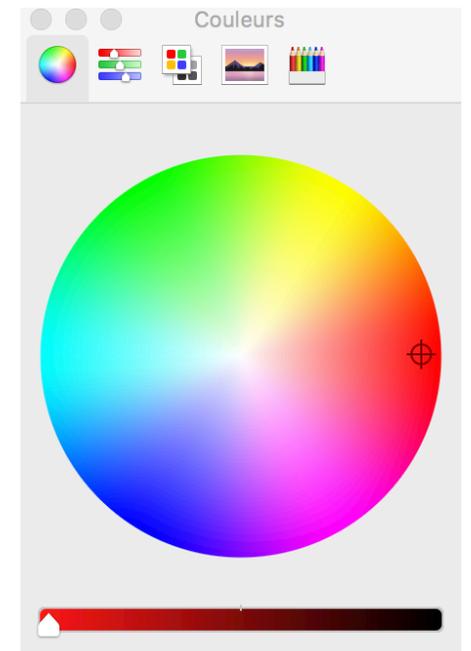
wikipedia

## Modèle HSL (TSL)

- variante : calcul différent de S et L (**Lightness**)



MacOSX



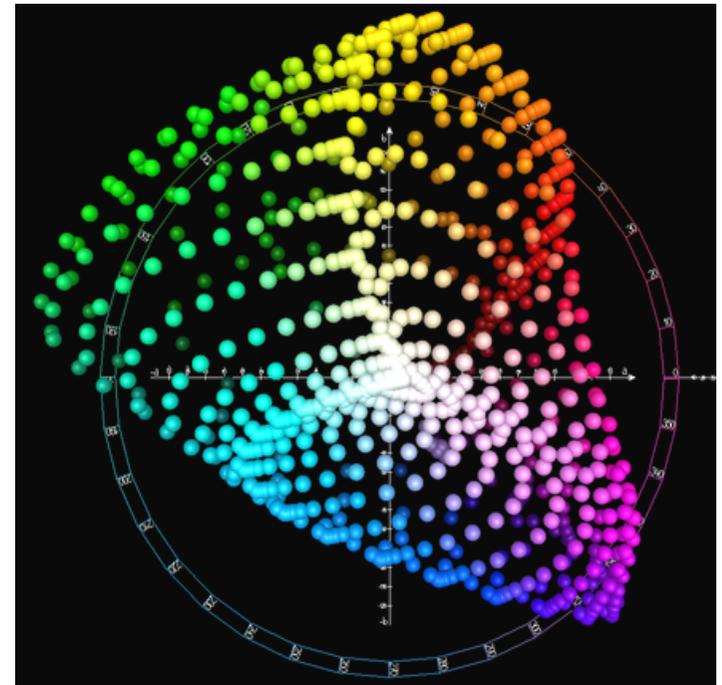
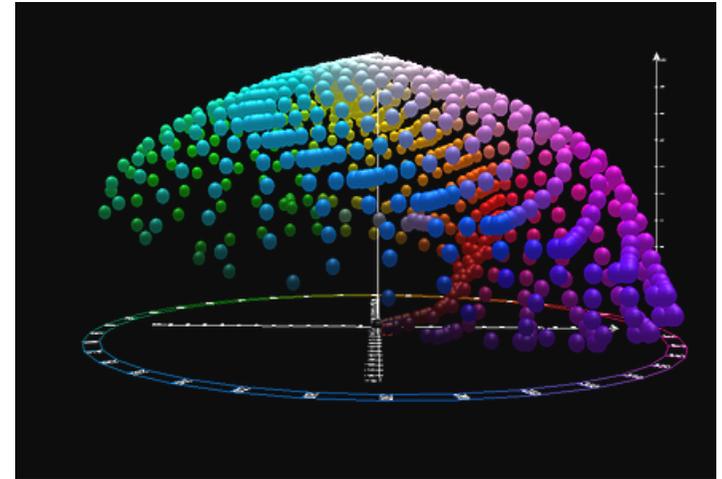
# CIE Lab

## CIE L\*a\*b\*

- espace de couleurs **indépendant du dispositif**
- prend en compte la **perception humaine**
- la distance respecte l'**écart de couleur** perçu
  
- **L\*** = noir à blanc
- **a\*** = valeur sur un axe vert → rouge
- **b\*** = valeur sur un axe bleu → jaune

## Egalement

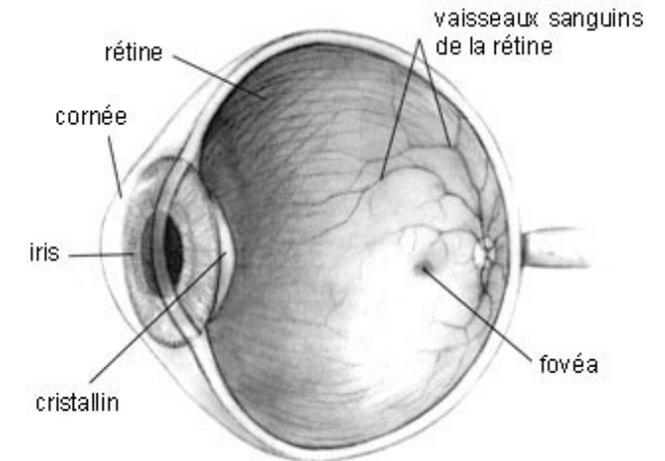
- CIE L\*u\*v\* pour les écrans
- CIE xy, etc.



# Sensibilité rétinienne

## Rétine

- **7 millions de cônes** (couleurs R, G, B)
- **75 à 150 millions de bâtonnets** (niveaux de gris)



**L'oeil est 10 fois plus sensible aux variations de V (luminance) que de H (teinte) !**

- " la nuit tous les chats sont gris " !
- => **impact notable pour les interfaces graphiques !**



# Sensibilité rétinienne et GUIs

## Différentiation difficile si :

- **teintes** différentes mais **luminance** équivalente



texte vert brillant sur fond rouge brillant

Vert **brillant** sur rouge **brillant** :

- 90% des ressources perdues !
- difficile / désagréable à lire



texte vert brillant sur fond rouge foncé

Vert **brillant** sur rouge **foncé** :

- lecture plus aisée, moins fatigante

## Règle d'or

- **contraster V (luminance) plutôt que H (teinte) !**
- au moins un **rapport de luminosité de 1/3** (si possible 1/10) entre le fond et ce qu'on affiche dessus

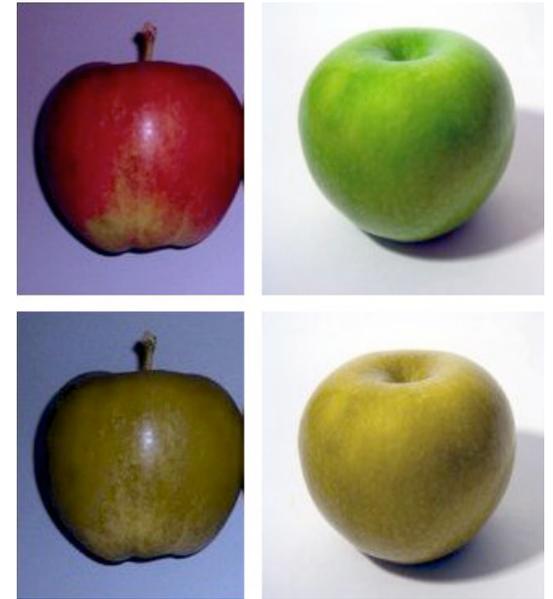
# Défauts de perception

## Fréquents

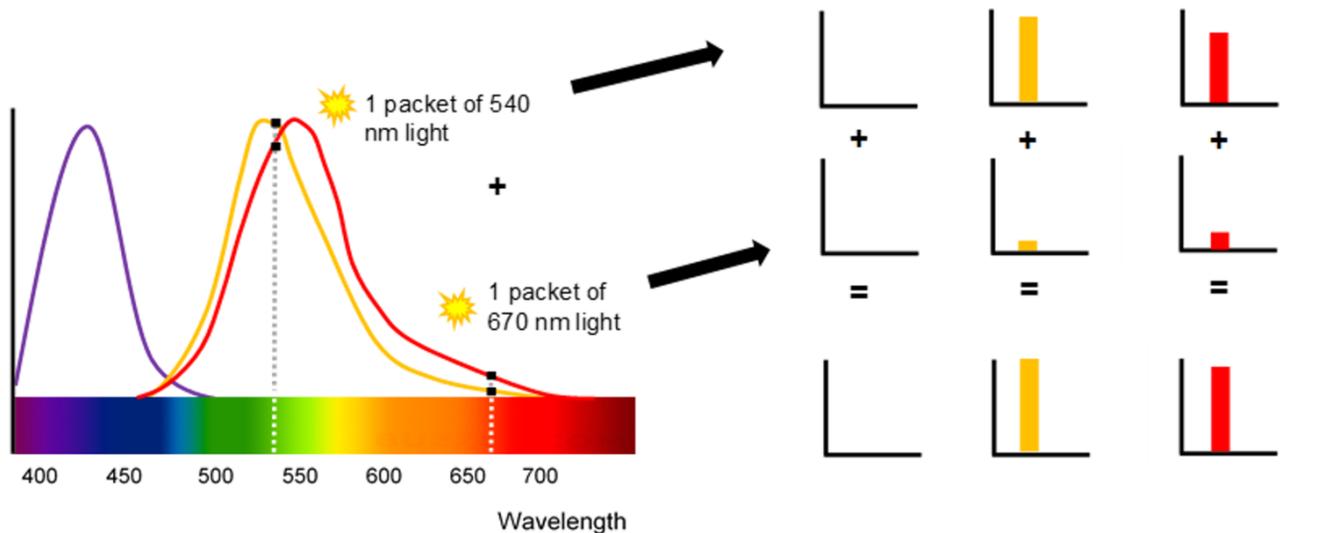
- 8% des hommes
- généralement confusion vert-rouge

## Rappel règle d'or

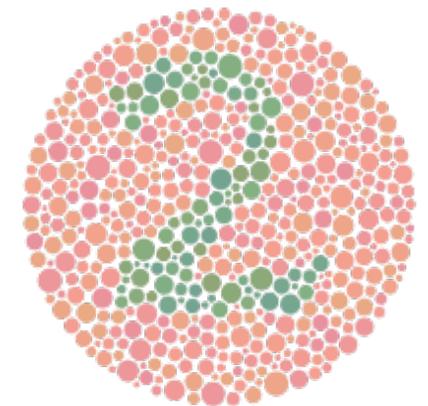
- contraster V (luminance) plutôt que H (teinte) !



A mixture of two different wavelengths corresponding to green (540nm) and red (670nm)



Vision deutéranope en bas (Wikipedia)

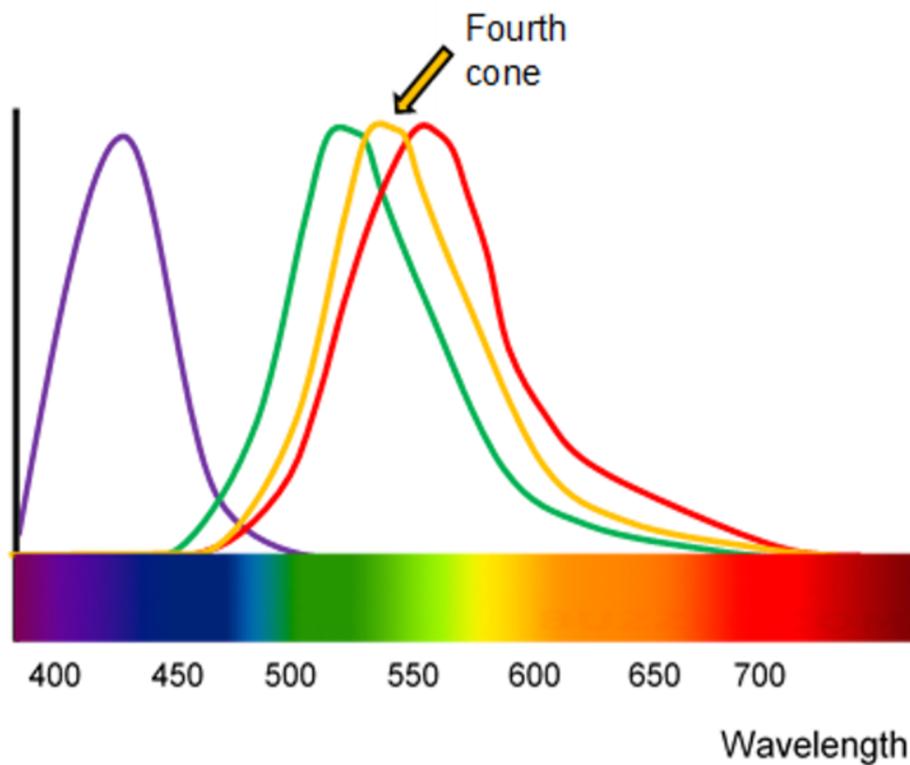


test d'Ishihara (Wikipedia)

# "Excès" de perception

## Tétrachromacie

- rétine pourvue de 4 types de cônes !
- certains animaux (oiseaux) ... et certains humains !



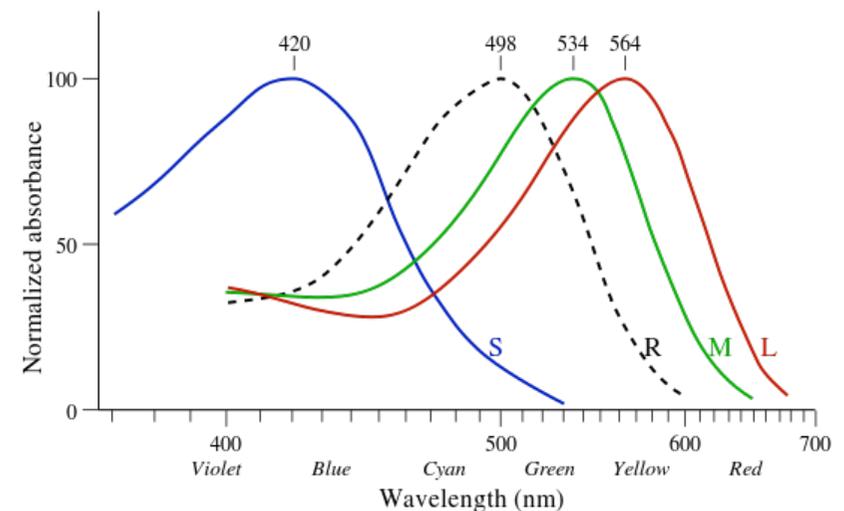
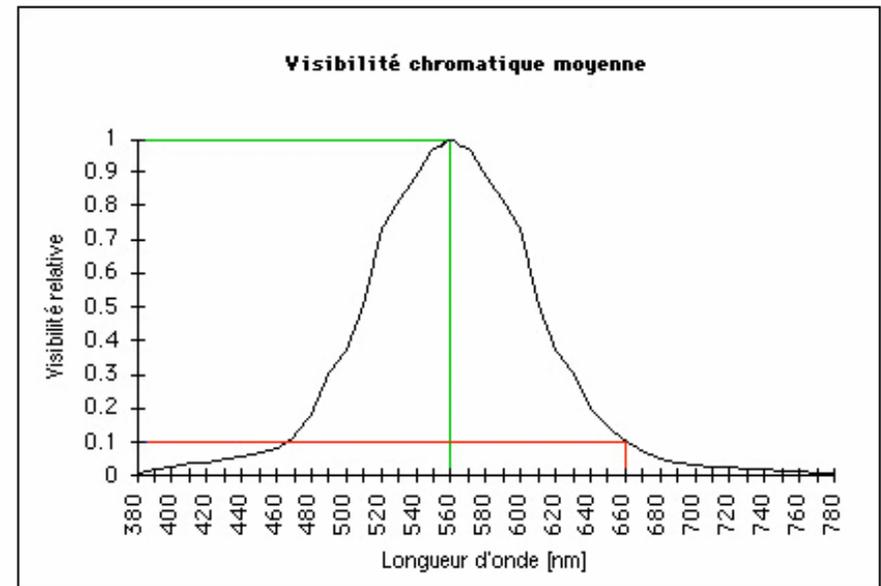
# Dépendance à la longueur d'onde

## Oeil plus efficace

- au **centre** du spectre (jaune, vert)
- qu'aux **bords** (rouge foncé, violet)

## Exemple

- texte bleu sur fond rouge foncé difficile à lire



# Dépendance à la longueur d'onde

## Aberration chromatique

- le focus n'est pas le même pour R, V et B

**la plupart des gens voient le rouge**

**plus proche que le bleu**

**mais certaines personnes voient**

**l'effet opposé**

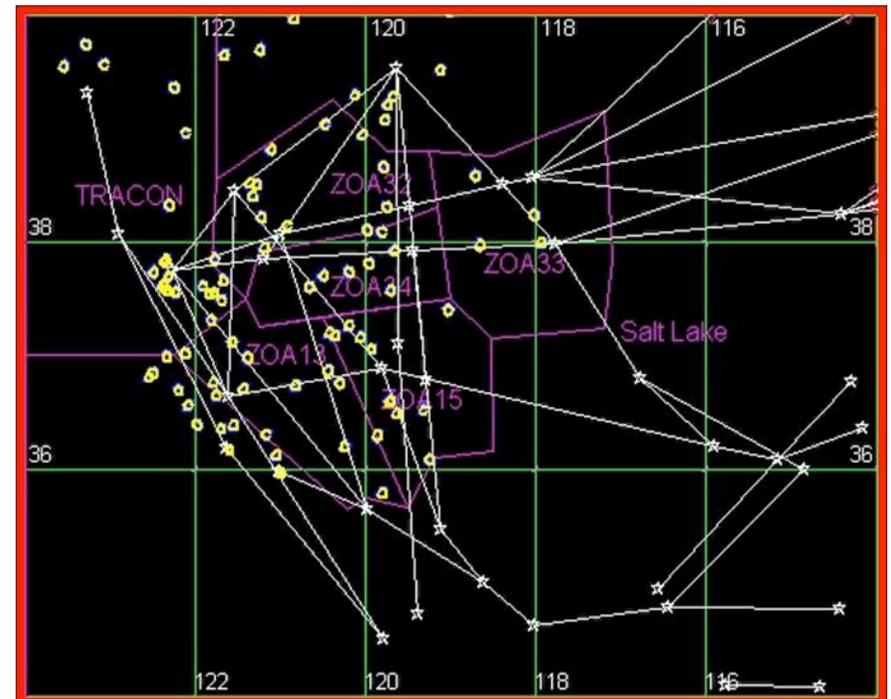
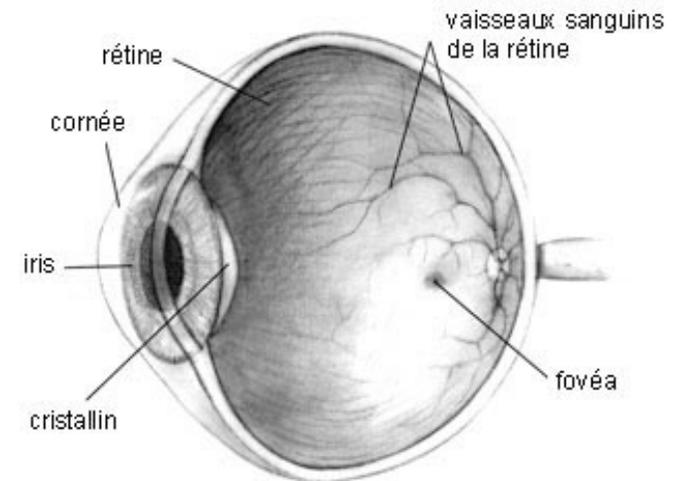
# Dépendance spatiale

## Sensibilité bien plus grande

- sur la **fovéa**, au centre de la rétine
- zone utilisée pour **lire**

## Focus d'attention

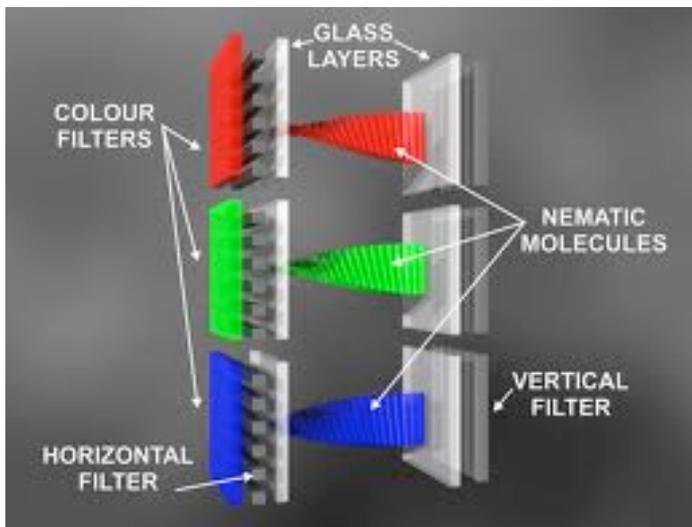
- vision fine sur un **angle réduit**  
=> saccades oculaires
- éviter les mouvements de **va-et-vient**
- attention aux **alertes** :  
mal perçues en vision périphérique
  - exemple : contrôle aérien



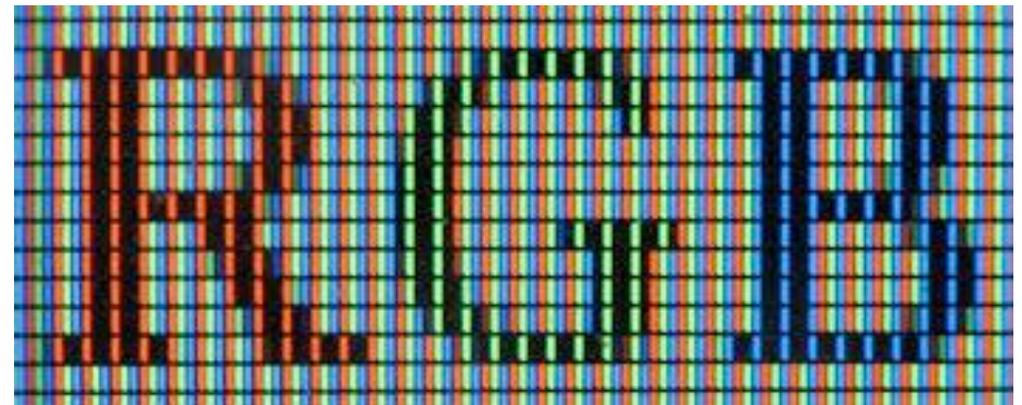
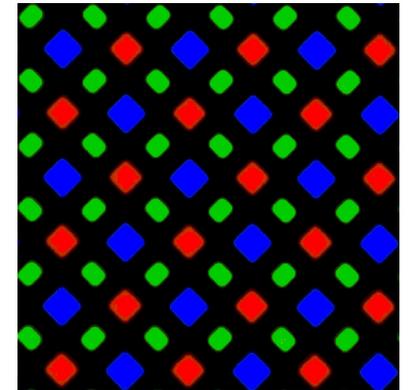
# Codage des couleurs

## Usuellement

- **24 bits par pixel** : 8 bits pour chaque composante R, G et B
- soit plus de **16 millions de couleurs**
- pourquoi ?



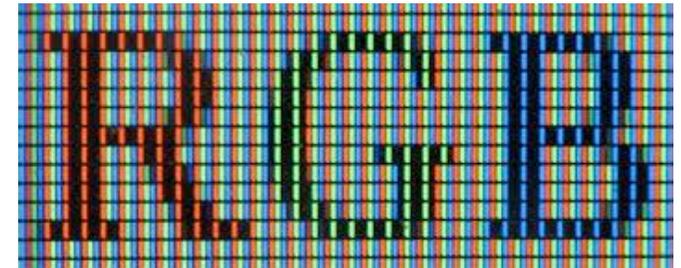
Deux types d'écrans  
(en haut : iPhone X)



# Codage des couleurs

## Usuellement

- **24 bits par pixel** : 8 bits pour chaque composante R, G et B
- soit plus de **16 millions de couleurs**
- pourquoi ?



## Question complexe !

- on peut distinguer **120/150 teintes**
  - mais il y a aussi la saturation et la luminance
- le nombre de niveaux distinguables dépend de **nombreux facteurs**
  - type de couleur, apprentissage, acuité visuelle, heure de la journée...

# Codage des couleurs

## Réponse pratique

- **16 millions de couleurs** (256 valeurs par couleur)
  - suffisent dans un **environnement de bureau**
  - faible dynamique car lumière ambiante réduite
- les puissances de 2 c'est pratique !

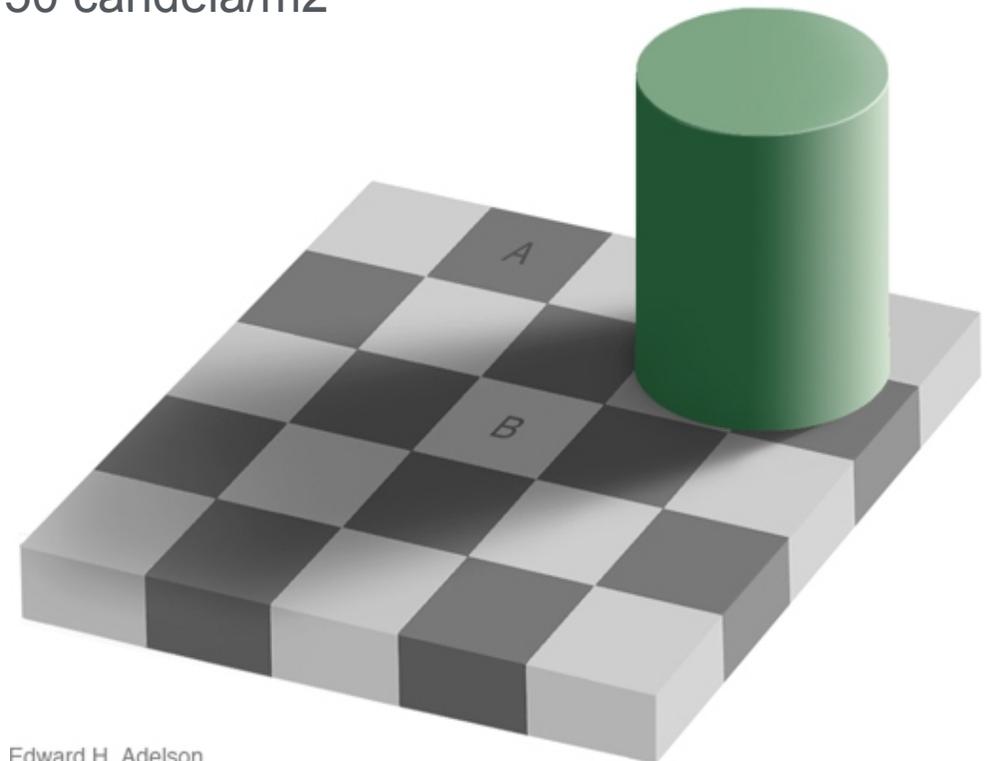
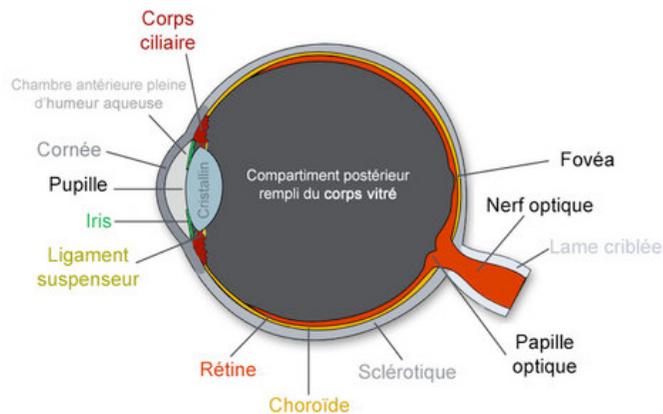
## Il existe d'autres formats

- **3x10 / 3x12 / 3x16, HDR**
  - matériel multimédia haut de gamme
- format le plus courant : **32 bits**
  - **24 bits** pour couleurs + **8 bits** pour transparence (couche alpha)

# Codage des couleurs

## Retour au système visuel

- plus discriminant pour **certaines couleurs** que d'autres
- dispose d'une grande faculté d'**adaptation à la luminance** grâce à la **pupille**
  - feuille **noire** en plein soleil : 1000 candéla/m<sup>2</sup>
  - feuille **blanche** sur bureau : 50 candéla/m<sup>2</sup>
- effets de **contraste**, etc.
  - exemple vidéoprojecteur



Edward H. Adelson

# Correction Gamma

## Problème : grande différence entre :

- **Luminance** : quantité **visible** (mesurable) de la lumière
  - énergie lumineuse pondérée par sensibilité spectrale (longueur d'onde)
- **Brillance** : quantité **perçue** (ressentie)
  - pas du tout proportionnelle à la luminance !

## Brillance = Luminance <sup>n</sup>

- estimation empirique
- **n** variable suivant conditions

# Correction Gamma

## Correction Gamma : correction inverse

- $L = V^{\text{gamma}}$ 
  - L = luminance des phosphores
  - V = voltage

## Donc, en théorie

- **Brillance** =  $L^n = (V^{\text{gamma}})^n = V$
- si **Gamma** bien choisi :
  - ➔ relation **linéaire** entre **V** et **brillance**



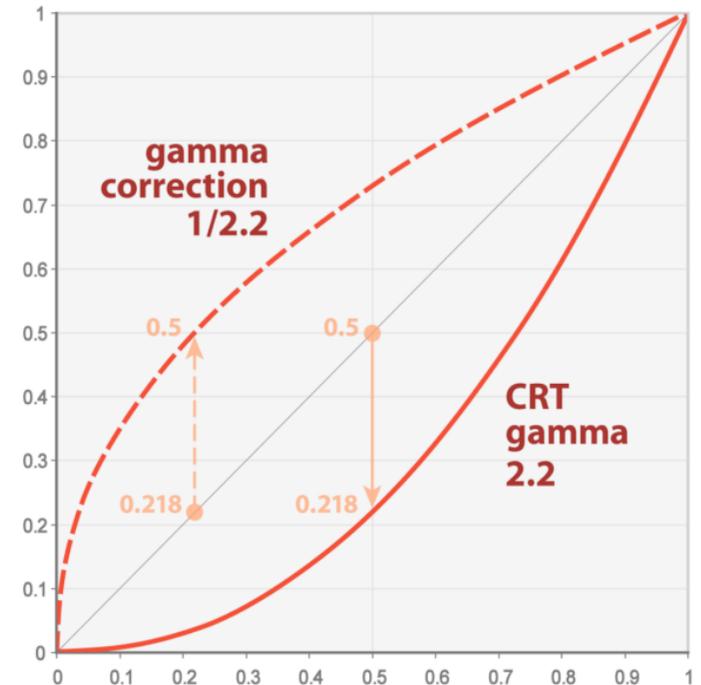
# Correction Gamma

## En pratique : lumière ambiante

- $L = V^{\text{gamma}} + A$  (lumière ambiante)
- typiquement :
  - 2,5 dans le noir
  - 1,5 dans un bureau éclairé

## En général

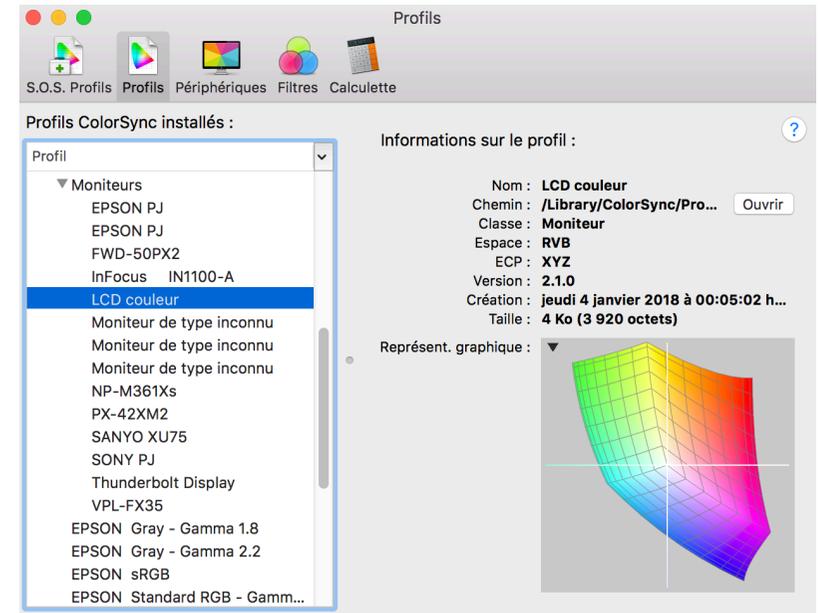
- Gamma = 2,2
- pas toujours le cas :
  - 1.8 autrefois sous Mac ou Silicon Graphics
  - pas toujours réglé correctement !



# Profils de couleurs

## Profil ICC

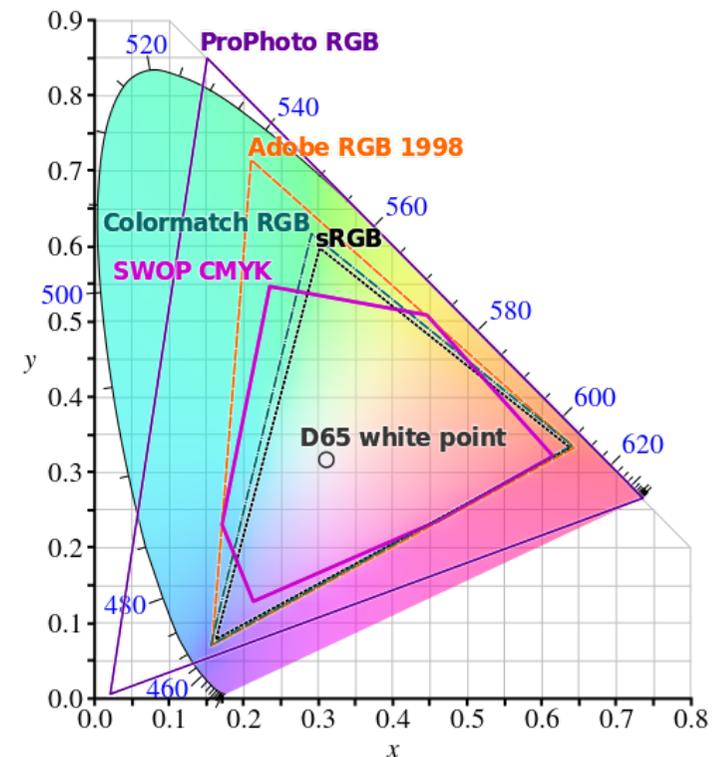
- décrit comment un périphérique donné rend les couleurs
- pour harmoniser les rendus

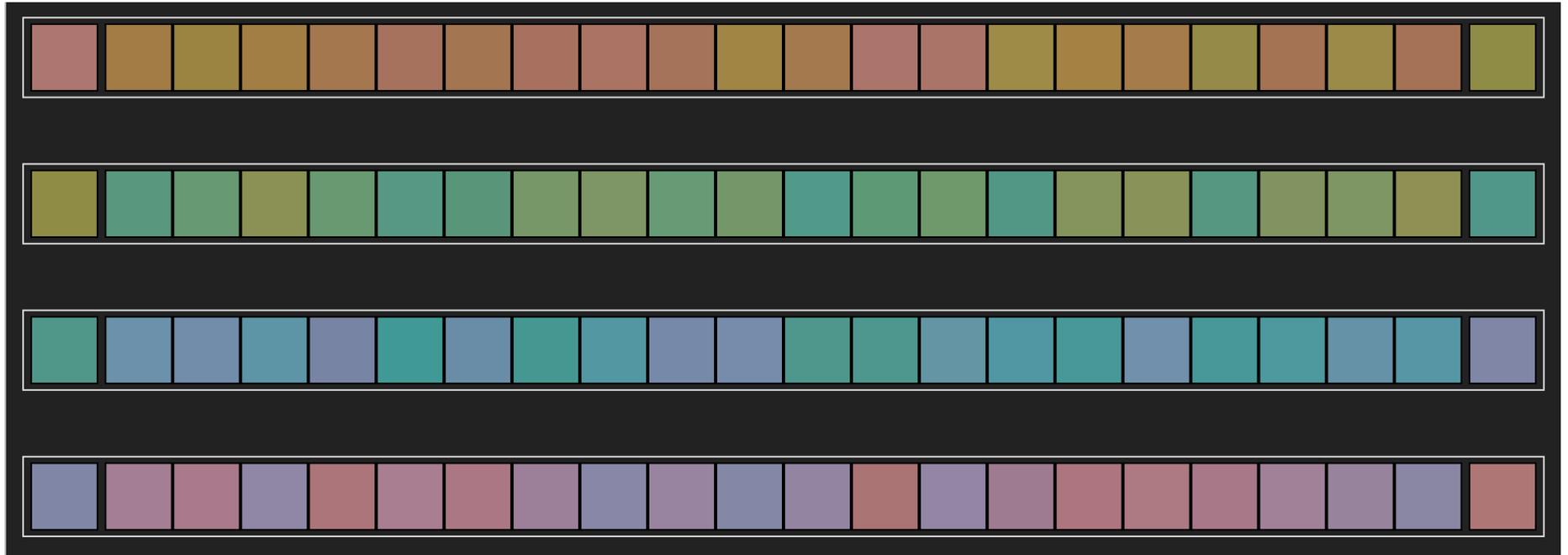


## sRGB

- espace de couleurs créé par Microsoft & HP
- fait office de profil standard
- adopté dans les **CSS** du Web
- **gamut** souvent plus réduit que celui des périphériques

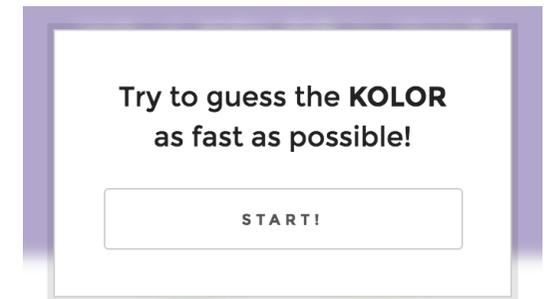
Gamuts dans l'espace  
CIEy<sub>x</sub> (Wikipedia)





## Let's play

- <http://www.xrite.com/online-color-test-challenge>
- <http://kolor.moro.es>



Critères

Ergonomiques

# Critères ergonomiques de Bastien et Scapin

- Rapport INRIA No 156, juin 1993
- <http://www.ergoweb.ca/criteres.html>
- <http://www.ergolab.net/articles/criteres-ergonomiques-1.php>

## **1. Guidage**

## **2. Charge de Travail**

## **3. Contrôle Explicite**

## **4. Adaptabilité**

## **5. Gestion des Erreurs**

## **6. Homogénéité / Cohérence**

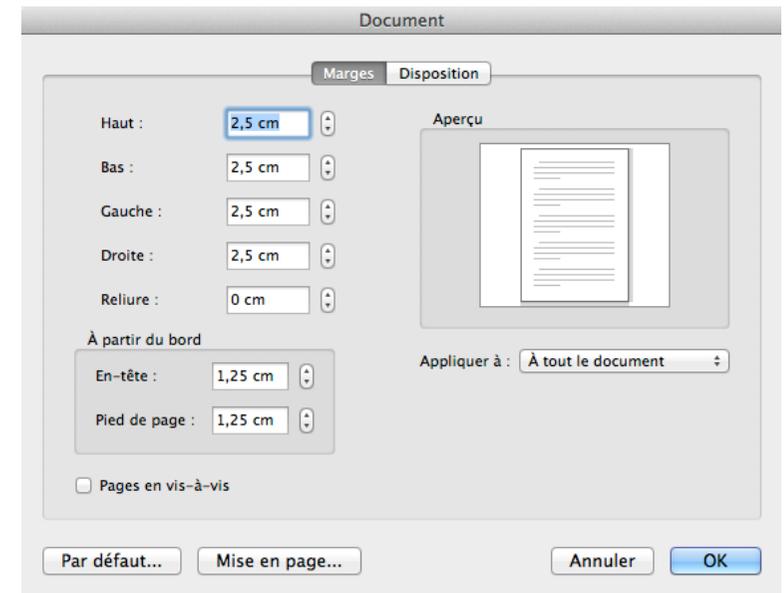
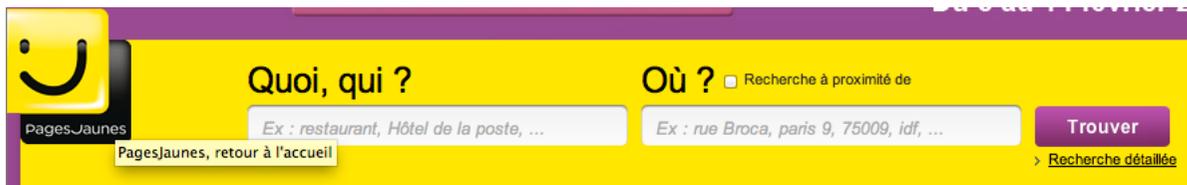
## **7. Signifiante des Codes et Dénominations**

## **8. Compatibilité**

# 1. Guidage

## 1.1 Incitation

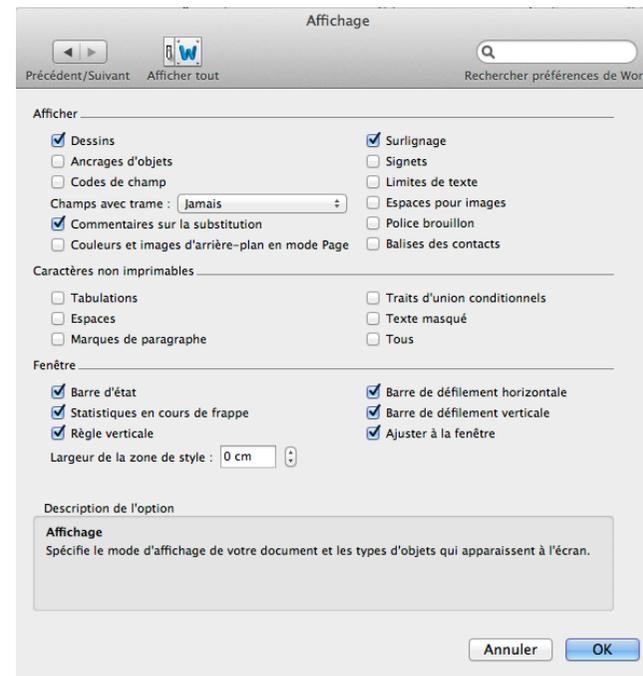
- **Identifier l'état du contexte** pour amener l'utilisateur à faire des actions appropriées:
  - “où suis-je, que puis-je faire, comment sortir ...”
- **Exemples**
  - indiquer formats, unités, état courant, aide en ligne



# 1. Guidage

## 1.2 Groupement / distinction entre items

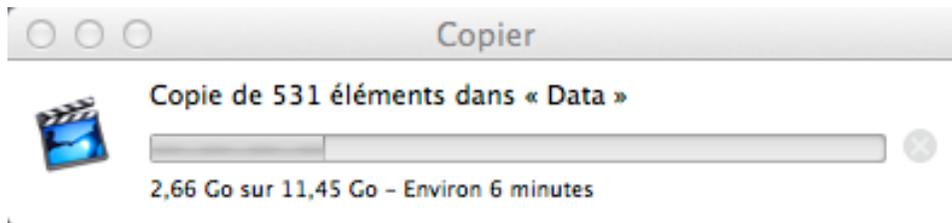
- **Organisation visuelle** (localisation, format, couleur)
  - relations entre items
  - (non-)appartenance à une même classe
- **Exemples**
  - listes hiérarchiques, menus, groupes, encadrés...



# 1. Guidage

## 1.3 Retour immédiat

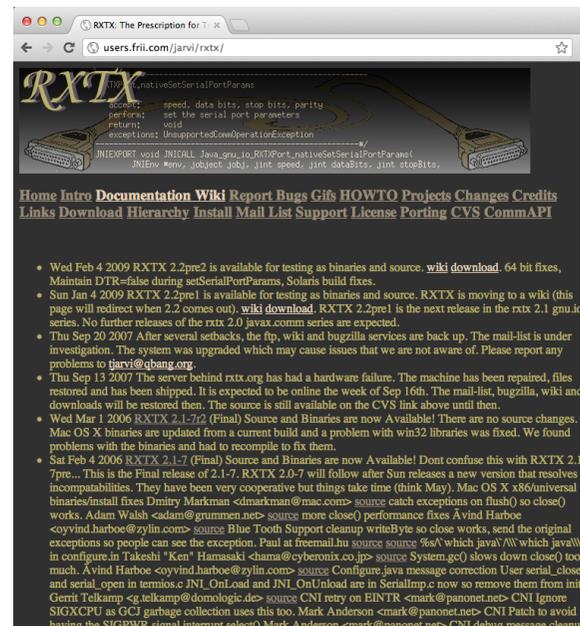
- Fournir une réponse aussi rapidement que possible
- Exemples
  - traitement long → retour visuel (horloge, grisés ...)
  - feedback des entrées



# 1. Guidage

## 1.4 Lisibilité

- **Caractéristiques de présentation adéquates**
  - couleur, contraste, dimension, espacement du texte
- **Exemples**
  - curseur facilement repérable, labels capitalisés
  - préférer quelques lignes longues à beaucoup de lignes courtes
  - lignes d'au moins 50 caractères. éviter césures



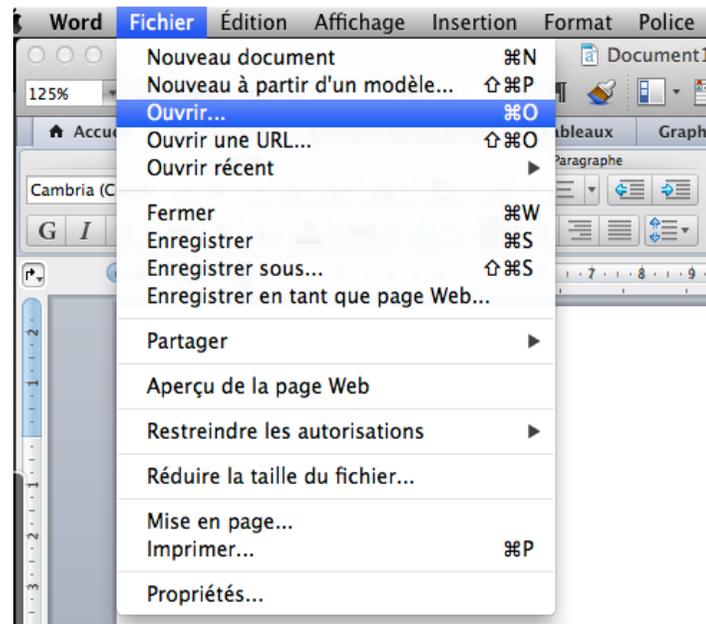
contraste et choix des couleurs  
préférer polices sans sérif  
éviter les italiques  
taille des interlignes

...

# 2. Charge de Travail

## 2.1 Brièveté

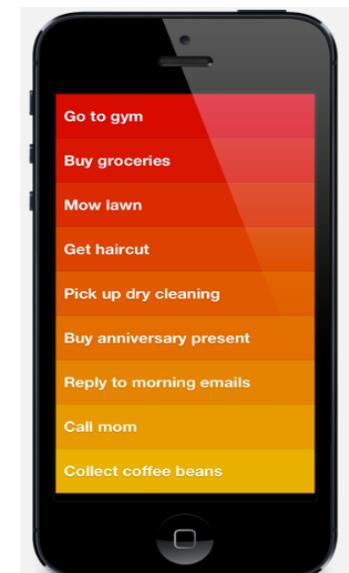
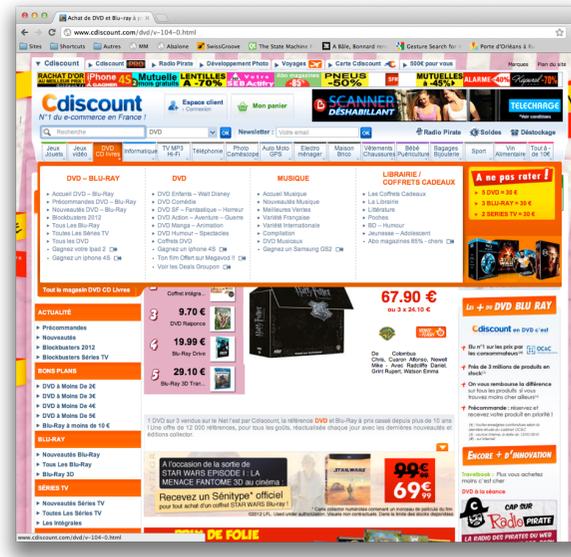
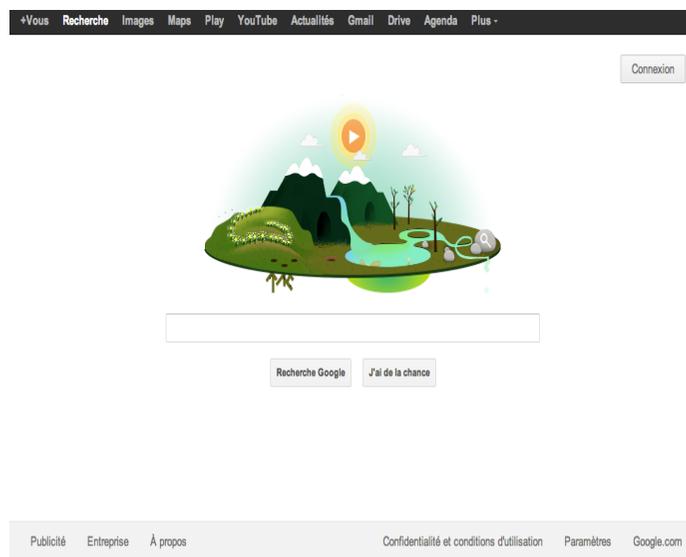
- **Limiter le travail de lecture et les étapes intermédiaires**
  - entrées courtes, items succincts, actions minimales
- **Exemples**
  - abréviations, raccourcis
  - limiter niveau de menus cascades



# 2. Charge de Travail

## 2.2 Densité informationnelle

- Eviter mémorisation de procédures ou d'informations trop longues ou trop complexes
- Exemples
  - écran zen: n'afficher que ce qui est nécessaire
    - sauf si le but est de perdre l'utilisateur !
  - éviter d'avoir à se rappeler des données antérieures

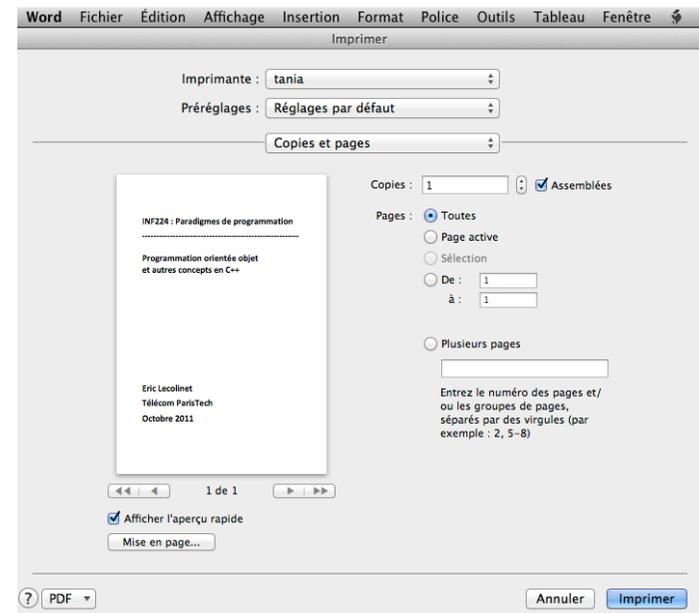


# 3. Contrôle Explicite

## 3.1 Actions explicites

- Le système doit exécuter :
  - **seulement** les opérations demandées
  - **et au moment** où elles sont demandées
- **Exemples**
  - action explicite de validation (touche Enter, bouton OK)
  - éviter les **traitements implicites**

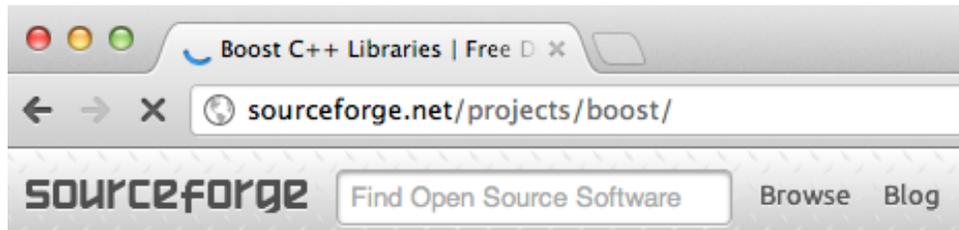
«Imprimer» ne doit pas faire «Sauvegarder»



# 3. Contrôle Explicite

## 3.2 Contrôle utilisateur

- L'utilisateur doit **avoir la main** et **contrôler** le déroulement
- **Exemples**
  - bouton d'**interruption**
  - pouvoir revenir à l'**état précédent (Annuler, Undo)**
  - le curseur doit être déplacé par l'utilisateur, pas par le programme
    - *ou alors animation, effet spécial...*

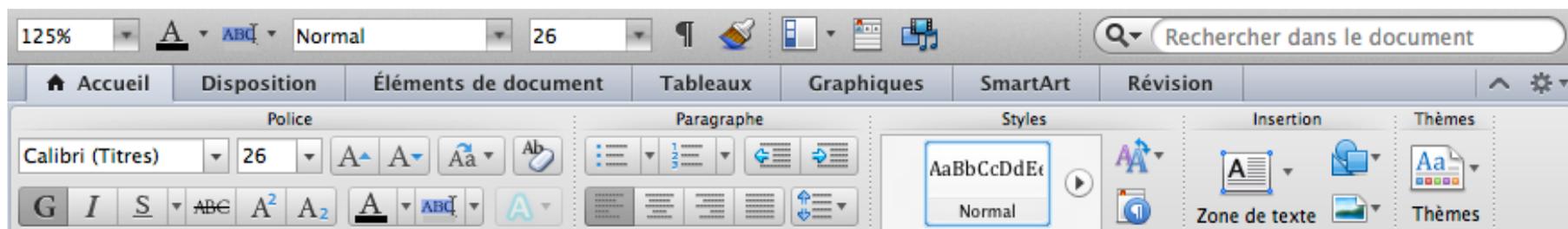
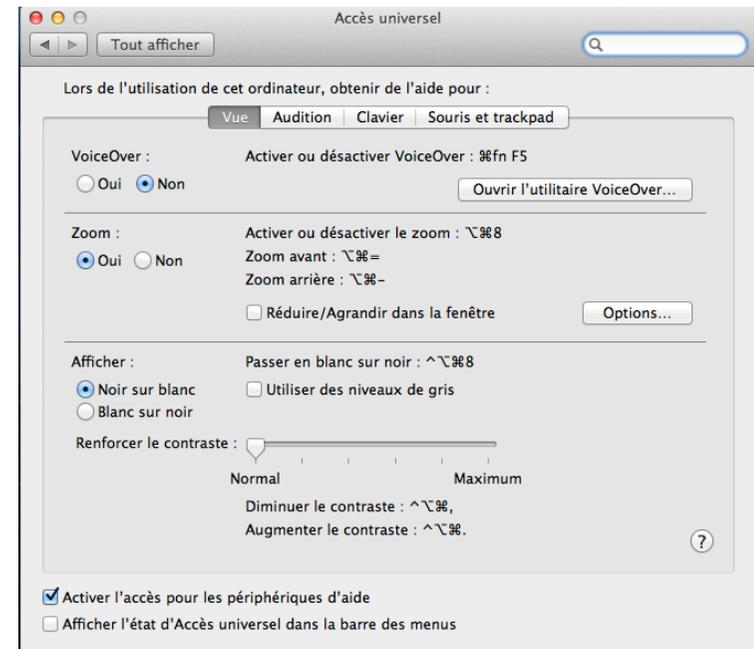


Édition	Affichage	Insertion	Format	Police	Outils	T
Annuler Frappe						⌘Z
Répéter Frappe						⌘Y

# 4. Adaptabilité

## 4.1 Flexibilité

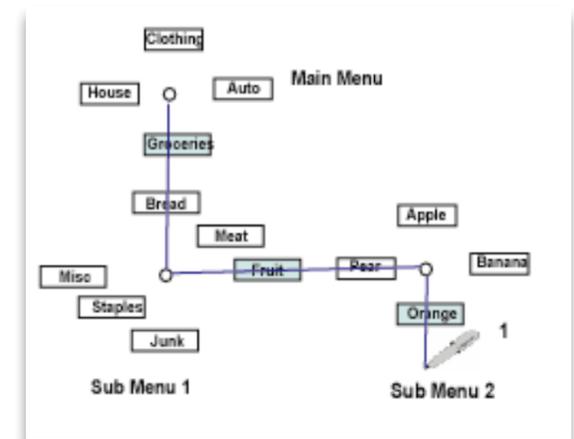
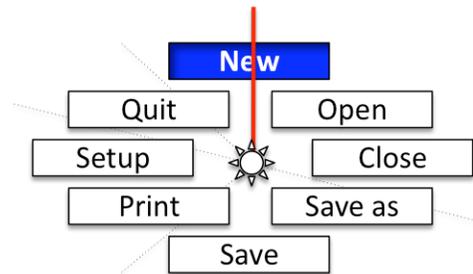
- Capacité de l'interface à **s'adapter aux utilisateurs**
  - **personnalisation**
  - offrir **plusieurs façons** d'atteindre un objectif
- **Exemples**
  - paramétrage des “préférences”
  - contrôle des affichages



# 4. Adaptabilité

## 4.2 Prise en compte de l'expérience

- **Novices :**
  - transactions guidées, menus cascadés
- **Experts :**
  - raccourcis clavier, menus contextuels
  - inhiber guidage automatique, messages plus concis

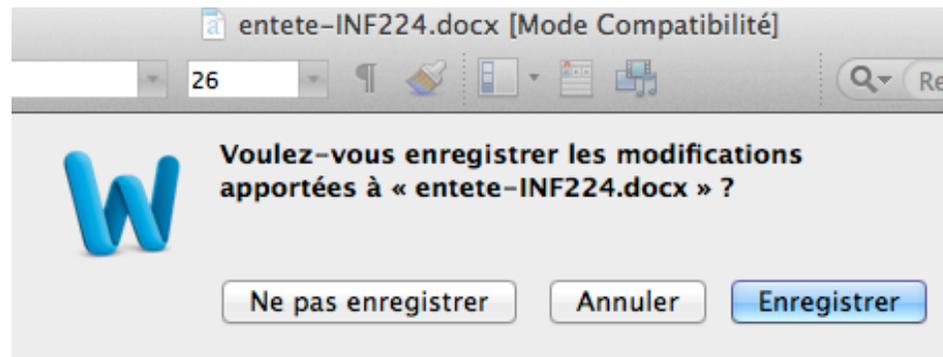


Menus gestuels :  
Marking et Wavelet menus

# 5. Gestion des Erreurs

## 5.1 Protection

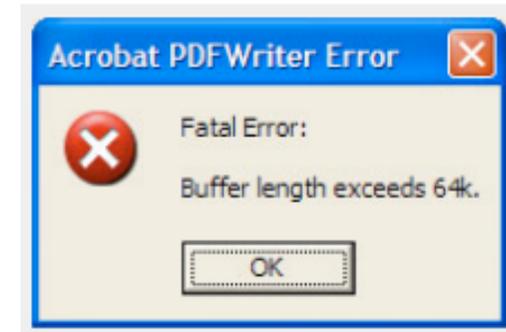
- Détecter les erreurs **lors de la saisie, avant la validation**
- **Exemples**
  - confirmation de fin de session
  - envisager toutes les actions possibles (accidentelles)



# 5. Gestion des Erreurs

## 5.2 Qualité des messages

- **Pertinence, facilité de lecture, exactitude**
- **Exemples**
  - activation touche non valide → aucune action ou message ad hoc
  - messages brefs, termes spécifiques, éviter l'humour !



# 5. Gestion des Erreurs

## 5.3 Correction

- Pouvoir corriger :
  - en cours de saisie
  - juste la partie erronée (ne pas avoir à tout retaper)

Evaluation de stage

Groupe des ecoles des telecommunications [FR] https://eole.telecom-paristech.fr/stages/Stage\_ev...

Appréciation du directeur de stage

- Commentaire :
- Connaissance technique :
- Comportement :
- Points à améliorer :

Appréciation du correspondant

>> Attention, les commentaires sont à destination de l'élève.

Qualité du travail : Travail absolument remarquable

A+

Rapport de stage : Un modèle du genre

(Contenu scientifique, rédaction, forme...)

A+

Soutenance (si elle a lieu) : en mondixision sur TED !

(Mise en valeur du travail effectué, maîtrise du sujet, clarté de l'exposé, qualité des supports, respect du temps imparti...)

A+

Constitution du jury : A. Einstein  
S. Jobs  
D. Ritchie

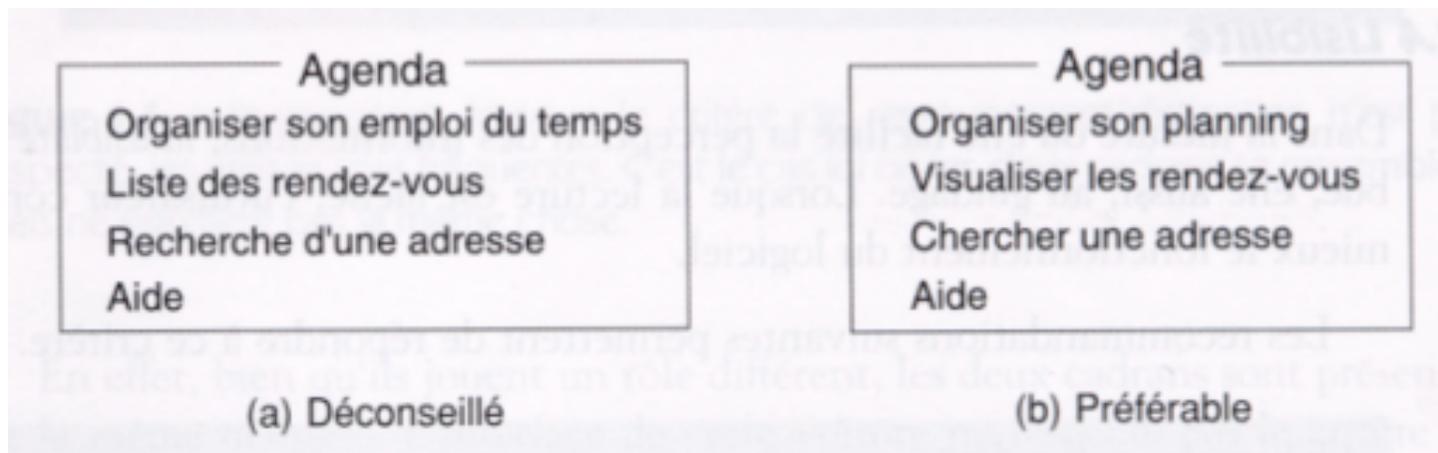
Note synthétique du jury : A+

Ces commentaires vont être perdus car entre-temps la session a expiré...

# 6. Homogénéité / Cohérence

## Homogénéité des choix de conception

- **Formats d'écrans similaires**
- **Uniformité :**
  - des menus
  - des formats
  - des intitulés
  - des procédures
  - etc.



# 7. Codes et dénominations

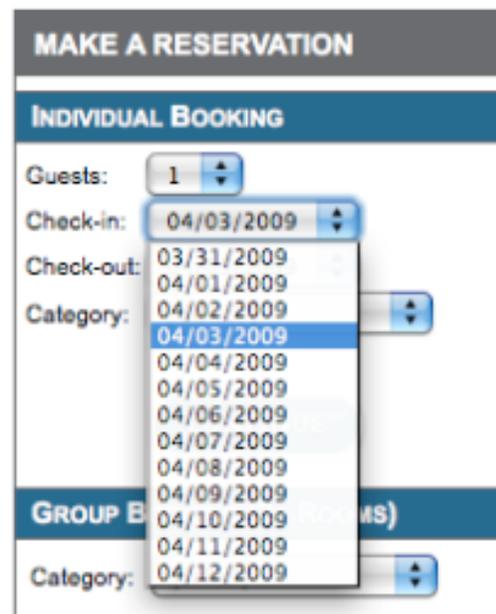
## Adéquation objets affichés / référents

- Titres **informants** et **distincts**
- Règles d'abréviation **explicites**
- Codes et noms **significatifs**
  - exemple : M et F plutôt que 1 et 2

# 8. Compatibilité

## 8.1 Accord entre

- Organisation du dialogue
- vs. habitudes des utilisateurs et ce qu'ils imaginent du système
- **Exemples**
  - affichage conforme aux **standards**, aux **conventions** papier
  - termes standard, familiers, internationalisation



The image shows a screenshot of a web form titled "MAKE A RESERVATION". The form is divided into sections: "INDIVIDUAL BOOKING" and "GROUP BOOKING (ROOMS)". In the "INDIVIDUAL BOOKING" section, there are fields for "Guests" (set to 1), "Check-in" (04/03/2009), and "Check-out" (03/31/2009). A date selection calendar is open for the "Check-out" field, showing dates from 04/01/2009 to 04/12/2009. The "Category" field is also visible, with a dropdown arrow. The "GROUP BOOKING" section is partially visible at the bottom, showing a "Category" field.

