

Informatique
& sciences numériques
(chaire annuelle 2021-2022)

Wendy E. Mackay

Informatique
& sciences numériques
(chaire annuelle 2021-2022)

Wendy E. Mackay

Interagir avec l'ordinateur

Deuxième Leçon
8 mars 2022

Wendy E. Mackay

Deuxième Leçon
8 mars 2022

Wendy E. Mackay

Les capacités de l'ordinateur pour l'interaction

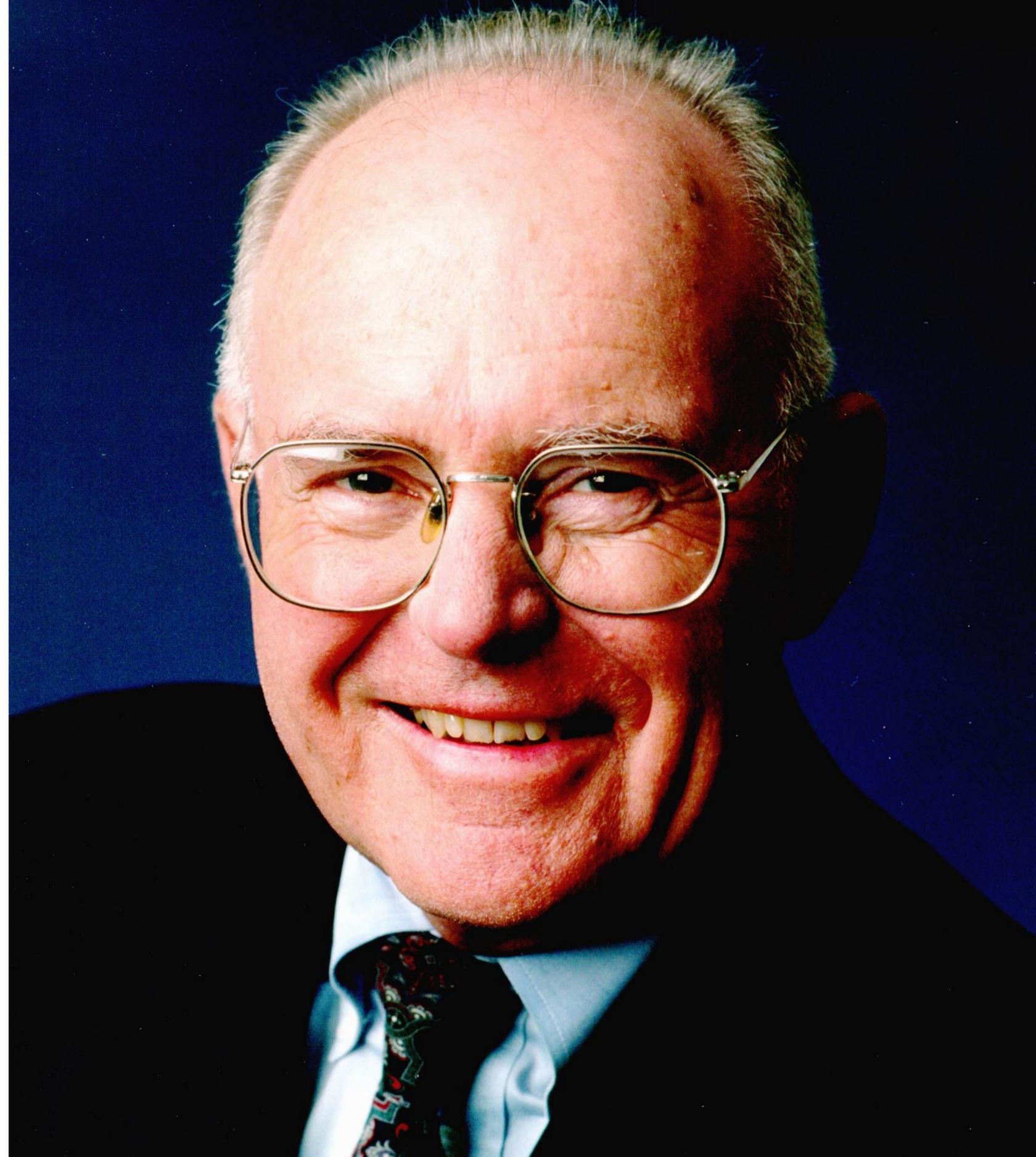
Les capacités
de l'ordinateur
augmentent ...

Gordon Earle Moore

Co-fondateur d'Intel

Intel : Premier fabricant mondial
de microprocesseurs

1965 : La loi de Moore



La Loi de Moore

Le nombre de transistors dans les circuits intégrés double tous les 18 mois

50 milliards

10 milliard

1 milliard

100 million

10 million

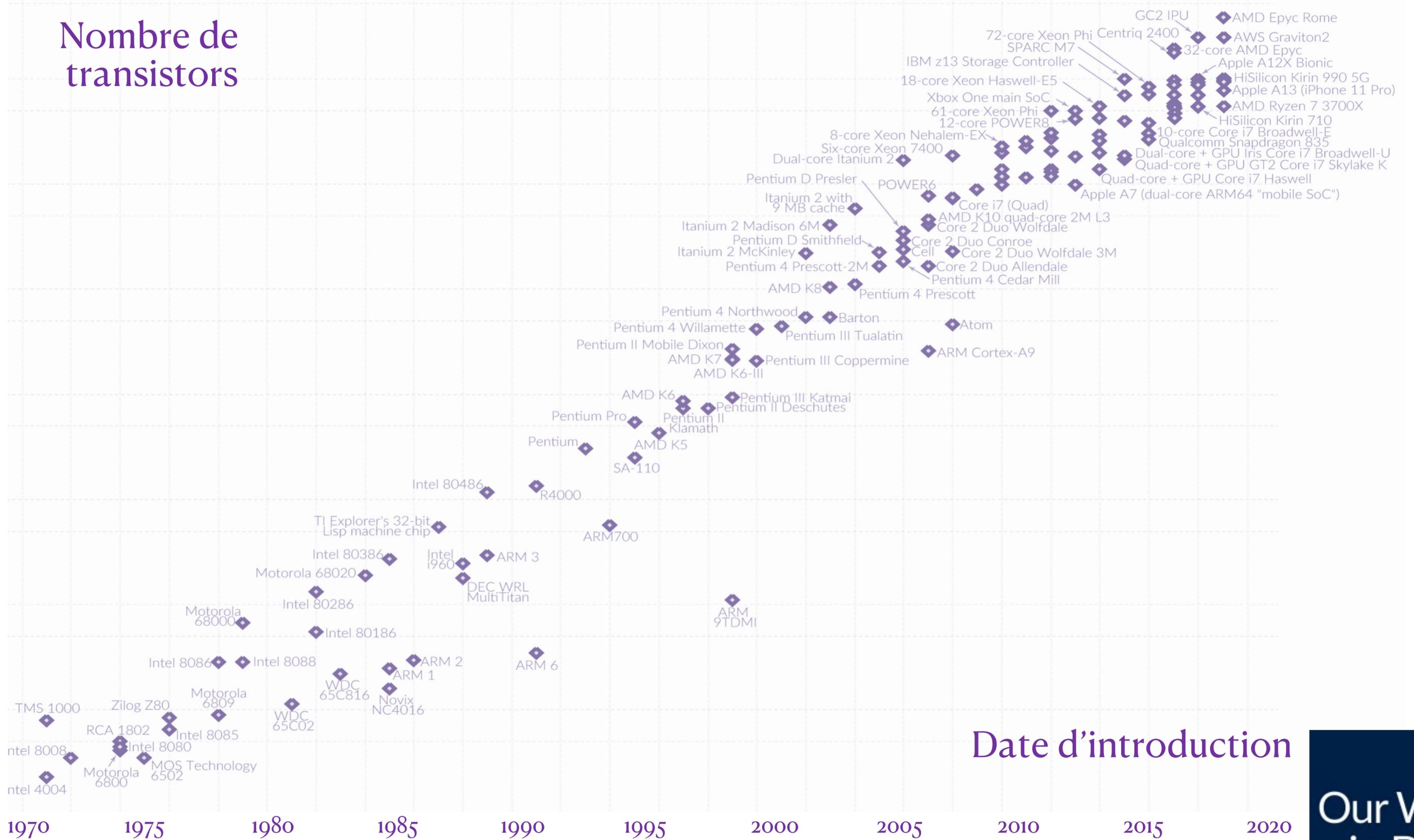
1 million

cent mille

dix mille

mille

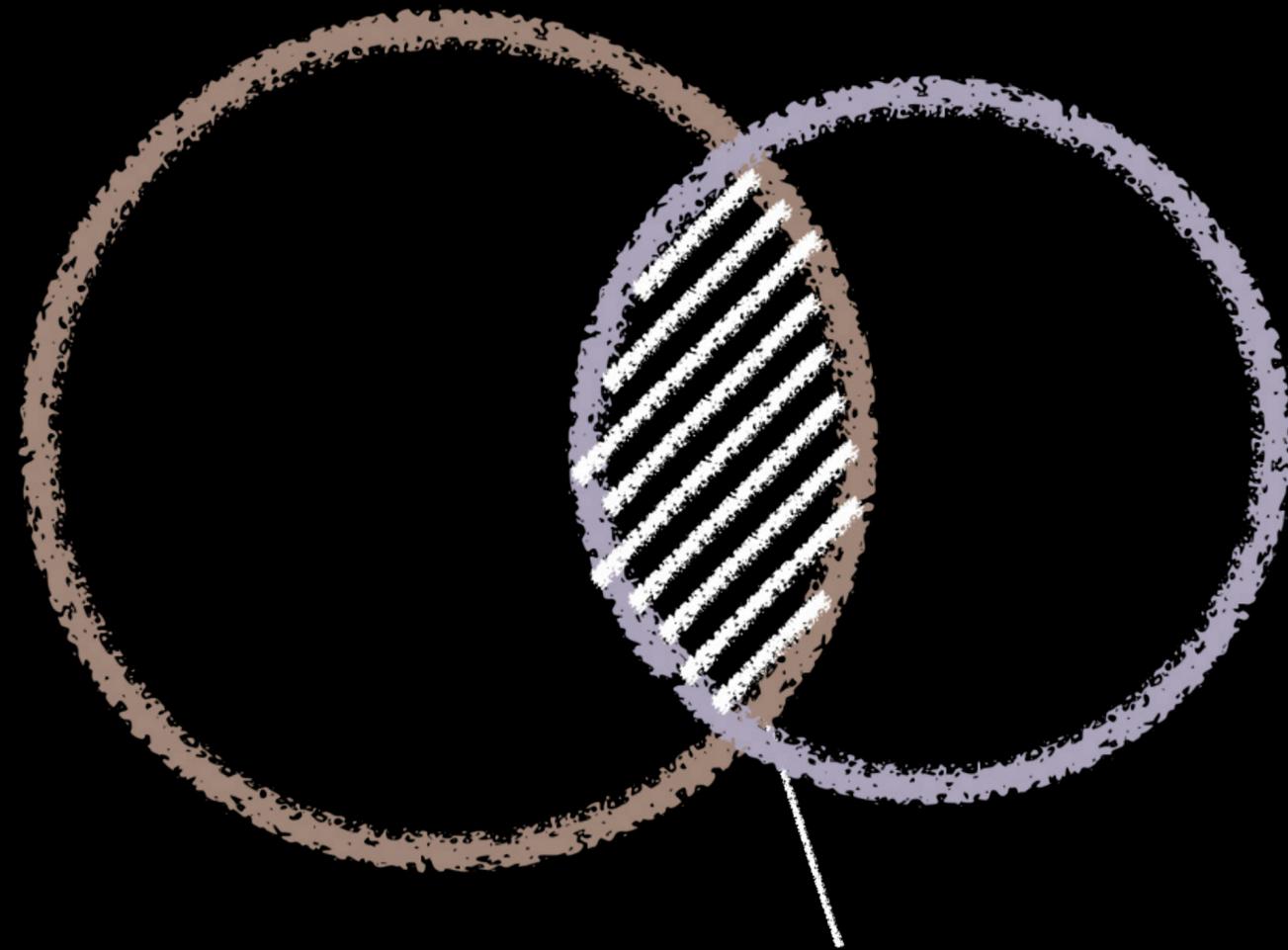
Nombre de transistors



Date d'introduction

Humain

Machine



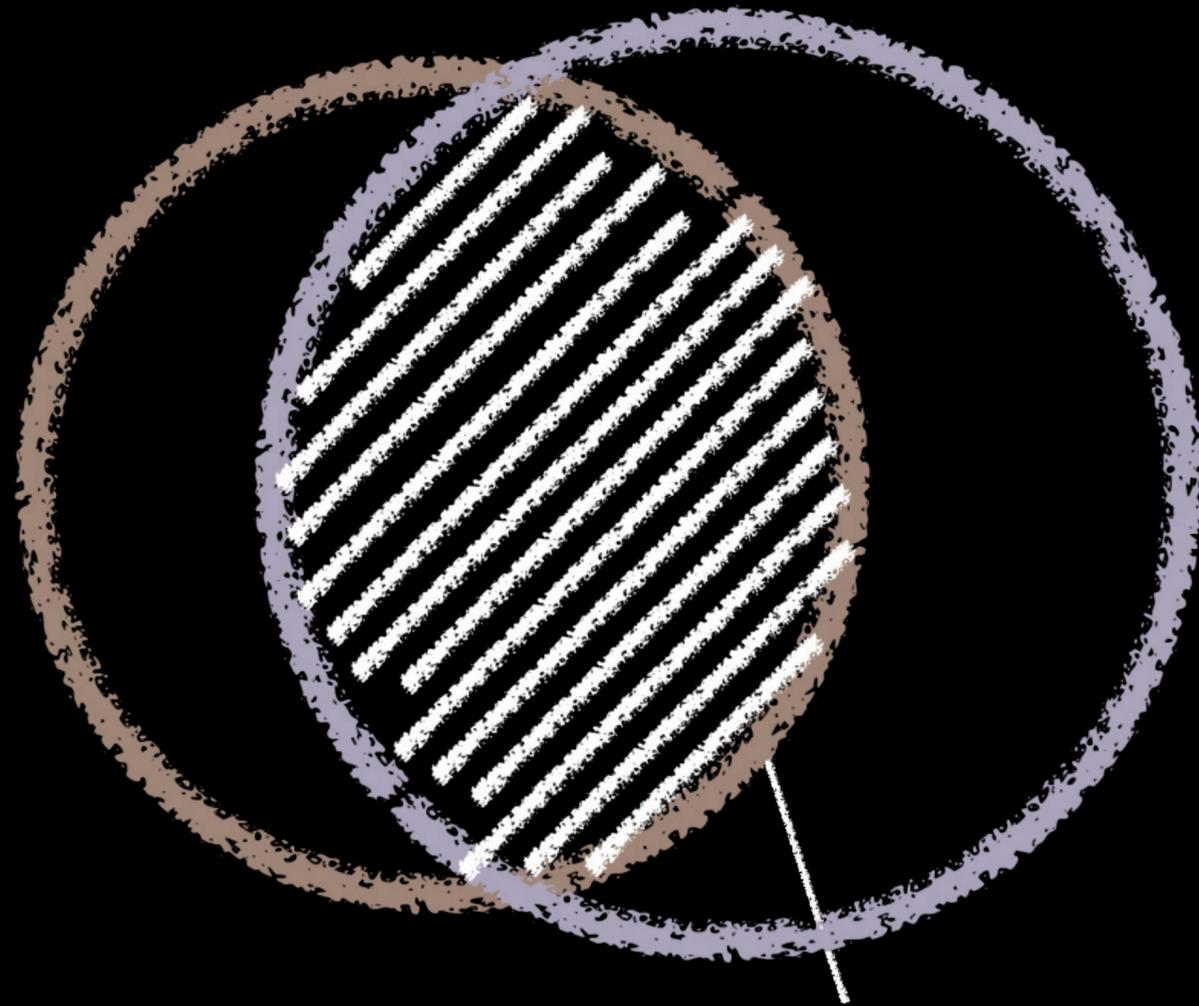
∅ Capacité

Richesse
d'interaction

Est-ce que l'ordinateur
dépassera les
capacités humaines ?

Humain

Machine



∅ Capacité

Richesse
d'interaction

Est-ce que l'ordinateur
dépassera les
capacités humaines ?

Ray Kurtzweil

Inventeur

Prédiction :

Un superordinateur sera plus puissant
qu'un cerveau humain

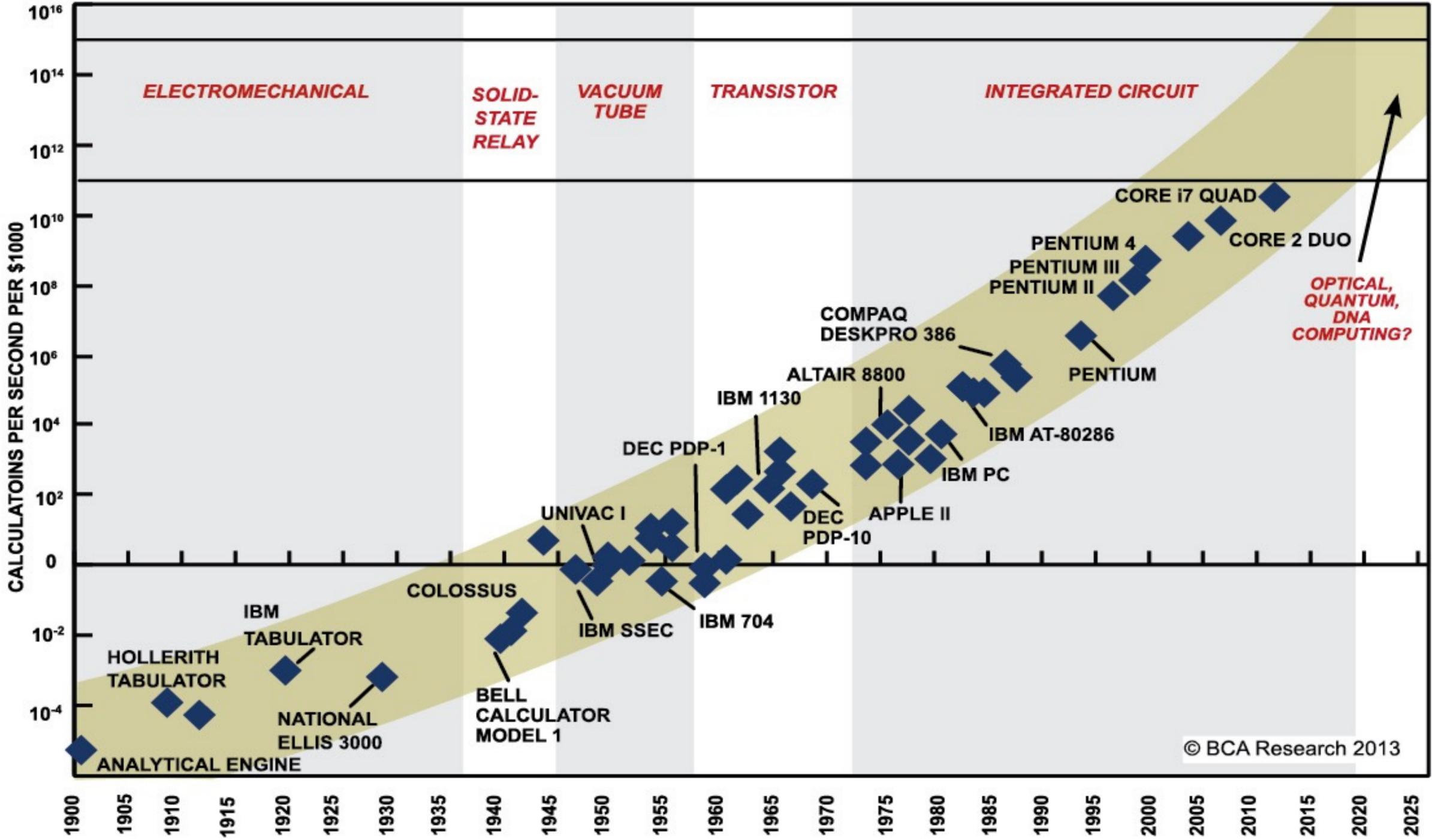
... et pourra le simuler

La « singularité »



Prédiction en 2013

Calculs
par seconde
par \$1 000



Cerveau
humain

Cerveau
de souris

© BCA Research 2013

SOURCE: RAY KURZWEIL, "THE SINGULARITY IS NEAR: WHEN HUMANS TRANSCEND BIOLOGY", P.67, THE VIKING PRESS, 2006. DATAPOINTS BETWEEN 2000 AND 2012 REPRESENT BCA ESTIMATES.

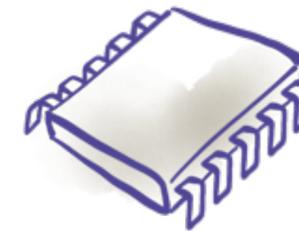
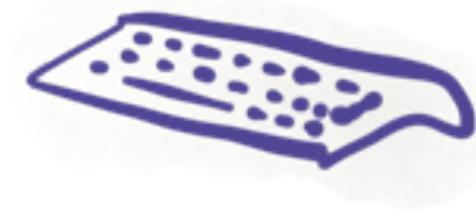
Systeme algorithmique

Entree et sortie lineaires

L'utilisateur ou un systeme
rentre les donnees

Le systeme fait le calcul

Le systeme produit un resultat



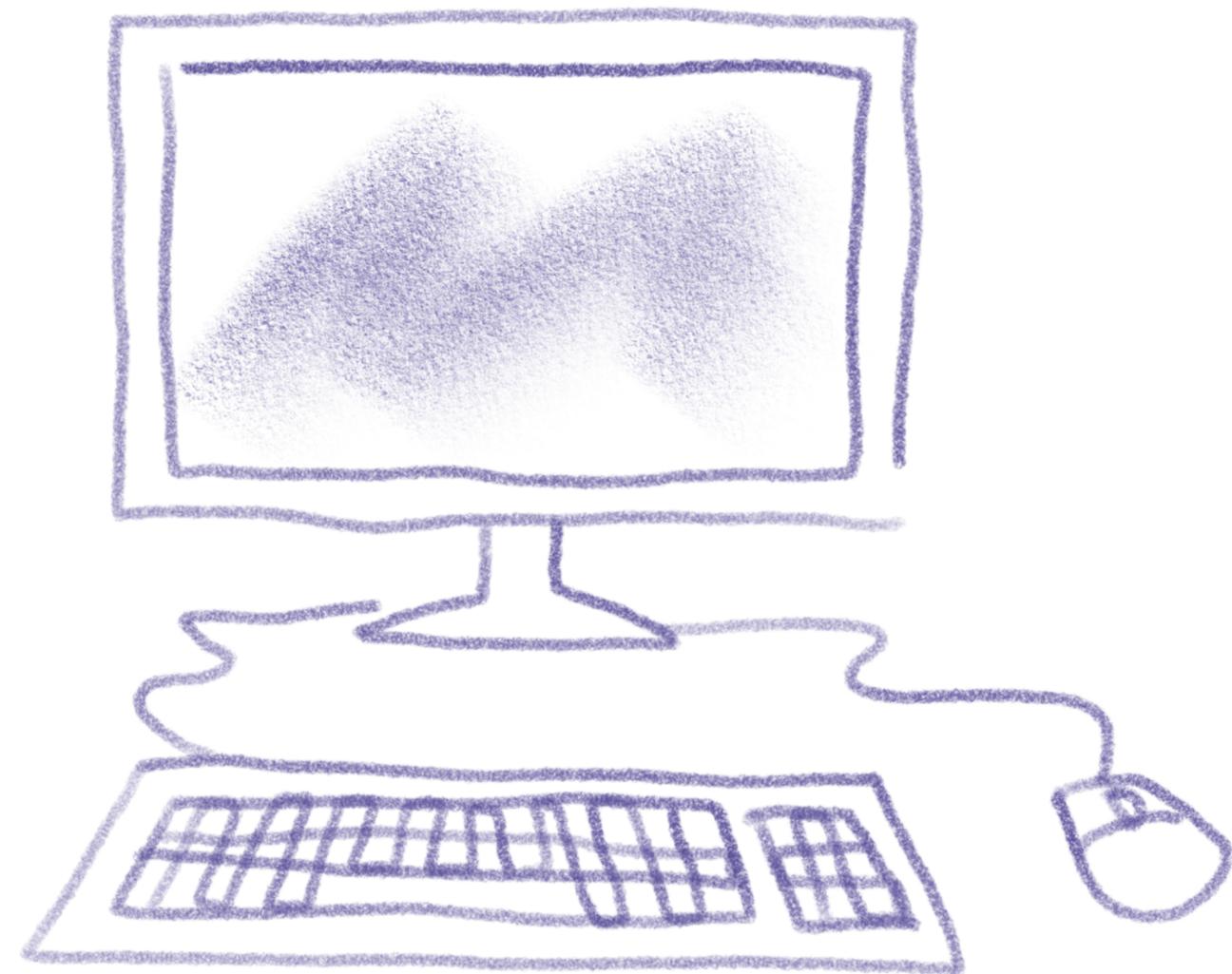
Mais si je vous
demande :

« Dessinez-moi
un ordinateur ! »



Mais si je vous
demande :

« Dessinez-moi
un ordinateur ! »



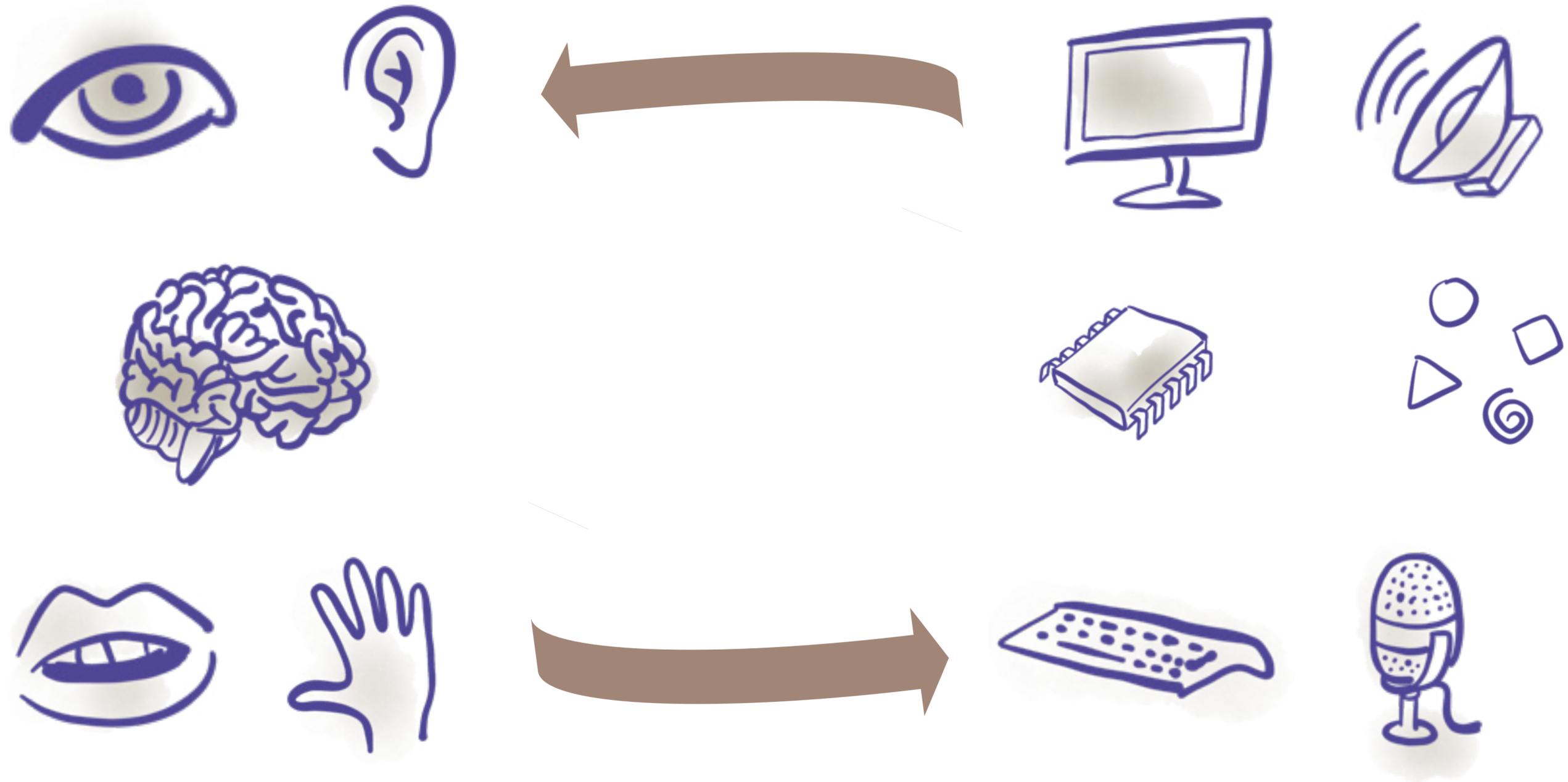
Vous pensez
à l'interaction ...

Vous dessinez
les dispositifs
d'entrée et de sortie

L'interaction humain-machine

ne suit pas la loi de Moore

Boucle d'Interaction



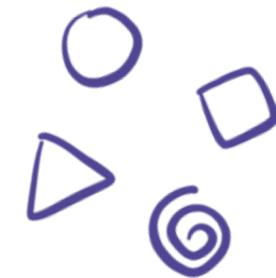
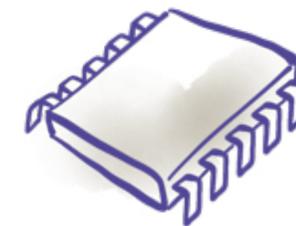
Systemes interactifs

La boucle d'interaction continue

Le système maintient un état interne
et représente une partie de cet état
pour l'utilisateur

L'utilisateur réagit à cet état

Le système réagit aux actions
de l'utilisateur



36 ans plus tard ...

Macintosh 1984



iMac 27" 2020



36 ans plus tard ...

Macintosh



1984

iMac 27"



2020

Prix	\$ 2 500		\$2 000	x	0,8
Processeur	0,7 MIPS		150 000 MIPS	x	214 000
Mémoire	128 kilo-octets		8 giga-octets	x	62 500
Stockage	400 kilo-octets		512 giga-octets	x	1 250 000

36 ans plus tard ...

Macintosh



1984

iMac 27"



2020

Prix	\$ 2 500		\$2 000	x	0,8
Processeur	0,7 MIPS		150 000 MIPS	x	214 000
Mémoire	128 kilo-octets		8 giga-octets	x	62 500
Stockage	400 kilo-octets		512 giga-octets	x	1 250 000
<hr/>					
Écran	9" noir & blanc		27" couleur	x	3
Résolution	512 x 342		5 120 x 2 880	x	84
Clavier & souris			Clavier & souris	=	
Interface graphique			Interface graphique	=	

Matériel

Évolution des dispositifs

Affichage :

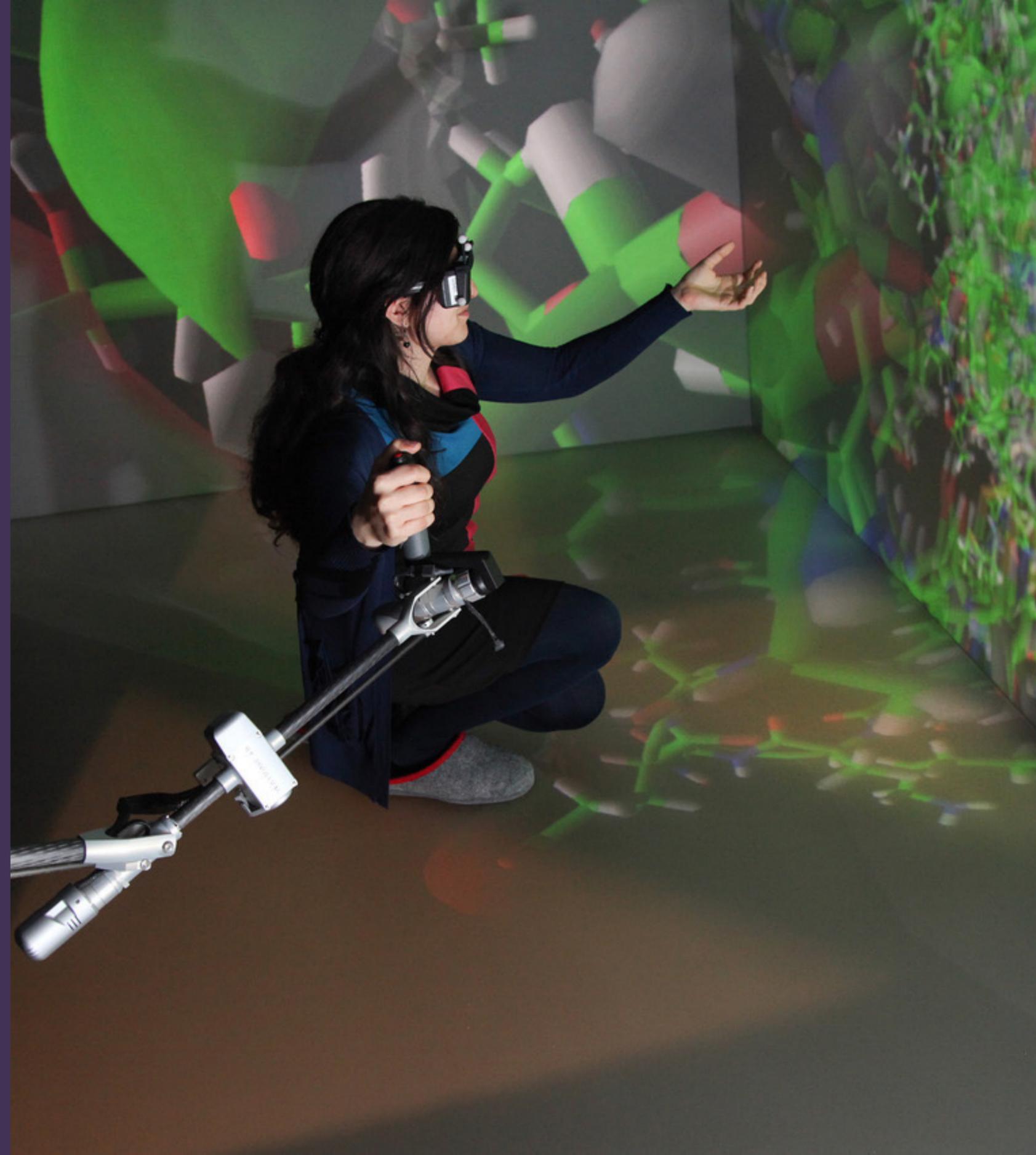
montre, mur d'écran, salle immersive
projection, casque, lunettes

Son :

stéréo, multi-canal, 3D

Toucher :

retour haptique, retour d'effort



Matériel

Évolution des dispositifs

Entrée de texte :

clavier, stylo, voix

Pointage d'objets et de positions :

souris, pavé tactile, trackball,
écran tactile

Capture de données physiologique :

mouvement, effort musculaire,
rythme cardiaque, activité du cerveau



Collection de Bill Buxton :

<https://www.microsoft.com/buxtoncollection/default.aspx>

Entrer du texte

Clavier

QWERTY

DVORAK (10% +rapide)

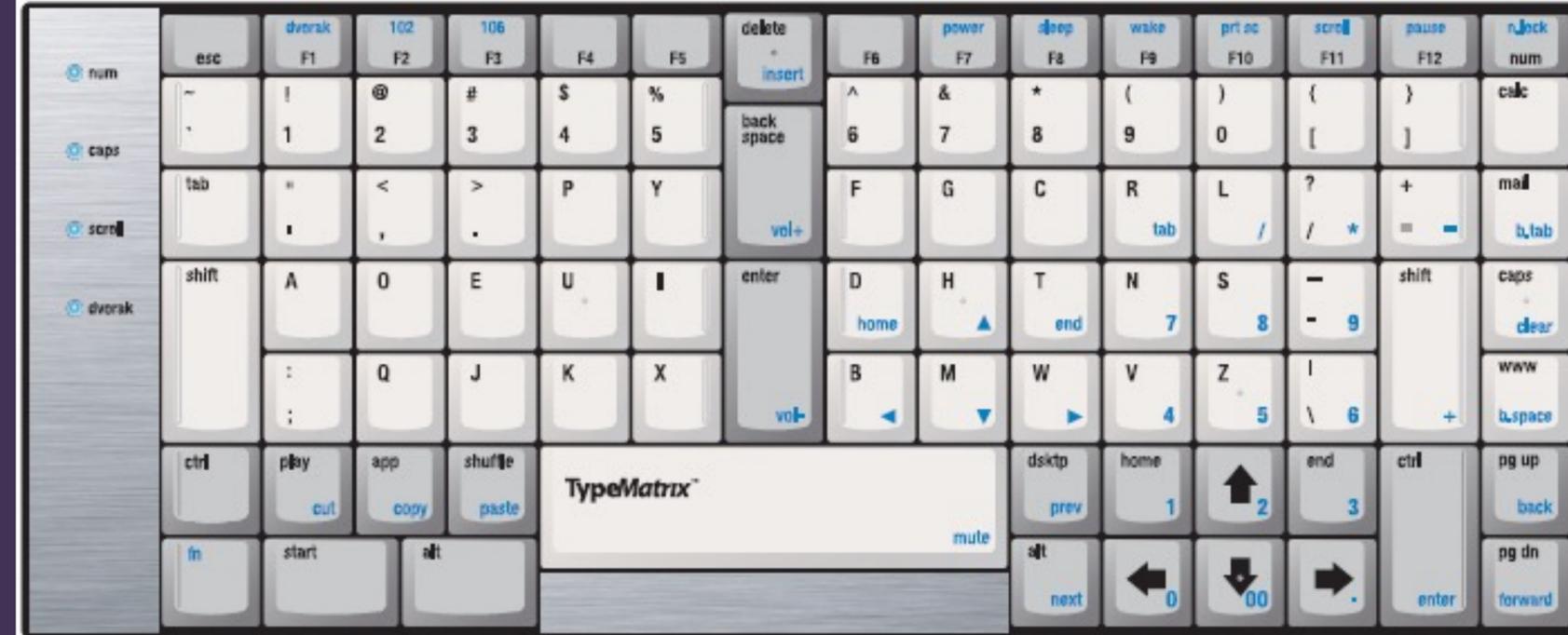
Clavier tactile

Taper sans regarder est impossible

Swype : saisie gestuelle (40% +rapide)

Voix

Problèmes de reconnaissance



Innovations

... ne sont pas toujours un succès

Exemple : Minimiser les mouvements

Chaque doigt choisit un caractère parmi 5 :
Enfoncer le doigt ou le pousser
vers le haut, le bas, à gauche ou à droite

La position des lettres correspond
à un clavier QWERTY



Désigner des positions et des objets

Souris : le meilleur compromis
entre vitesse et précision

Joystick, Trackball :
plus rapide mais moins précis

Pavé tactile, Écran tactile :
moins précis, plusieurs points de contact



Innovations

La roulette de la souris

La molette sur un souris

Un succès :

La molette permet de naviguer dans un document sans utiliser la barre de défilement



Capture de données physiologiques

Mouvement :

Wimote, Kinect, Mocap

Effort musculaire :

Myo

Activité du cerveau :

EEG, FNIRS

Nécessitent un traitement du signal

Risque d'erreurs de reconnaissance



Analyse des dispositifs de pointage

Position

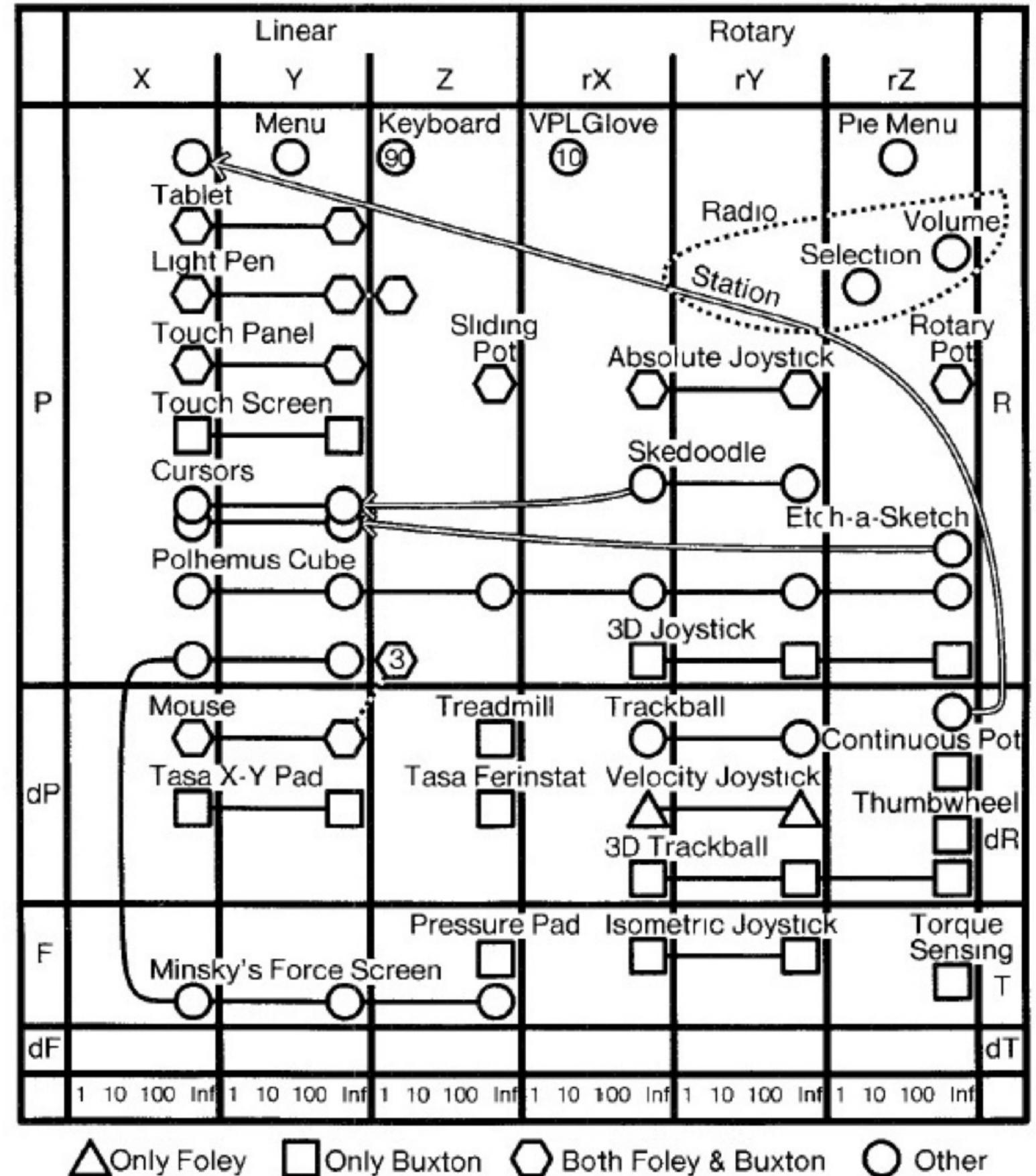
Changement de position

Force

Changement de force

Soit linéaire, soit circulaire

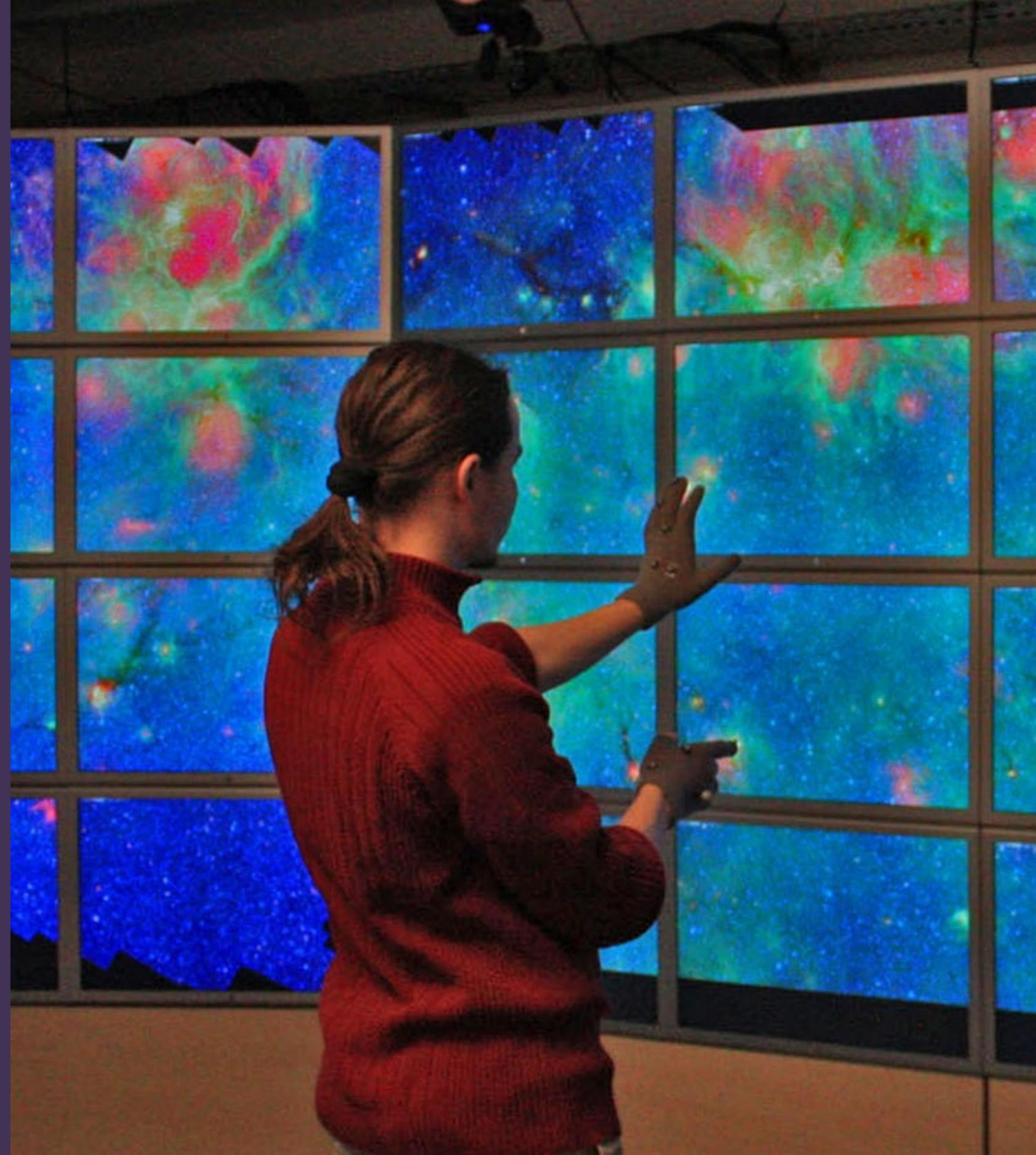
Dimension : 1D, 2D, 3D



Analyse des dispositifs de pointage

Expérience contrôlée

Comparaison systématique :
12 techniques de navigation multi-échelles
sur un mur d'écrans



Analyse des dispositifs de pointage

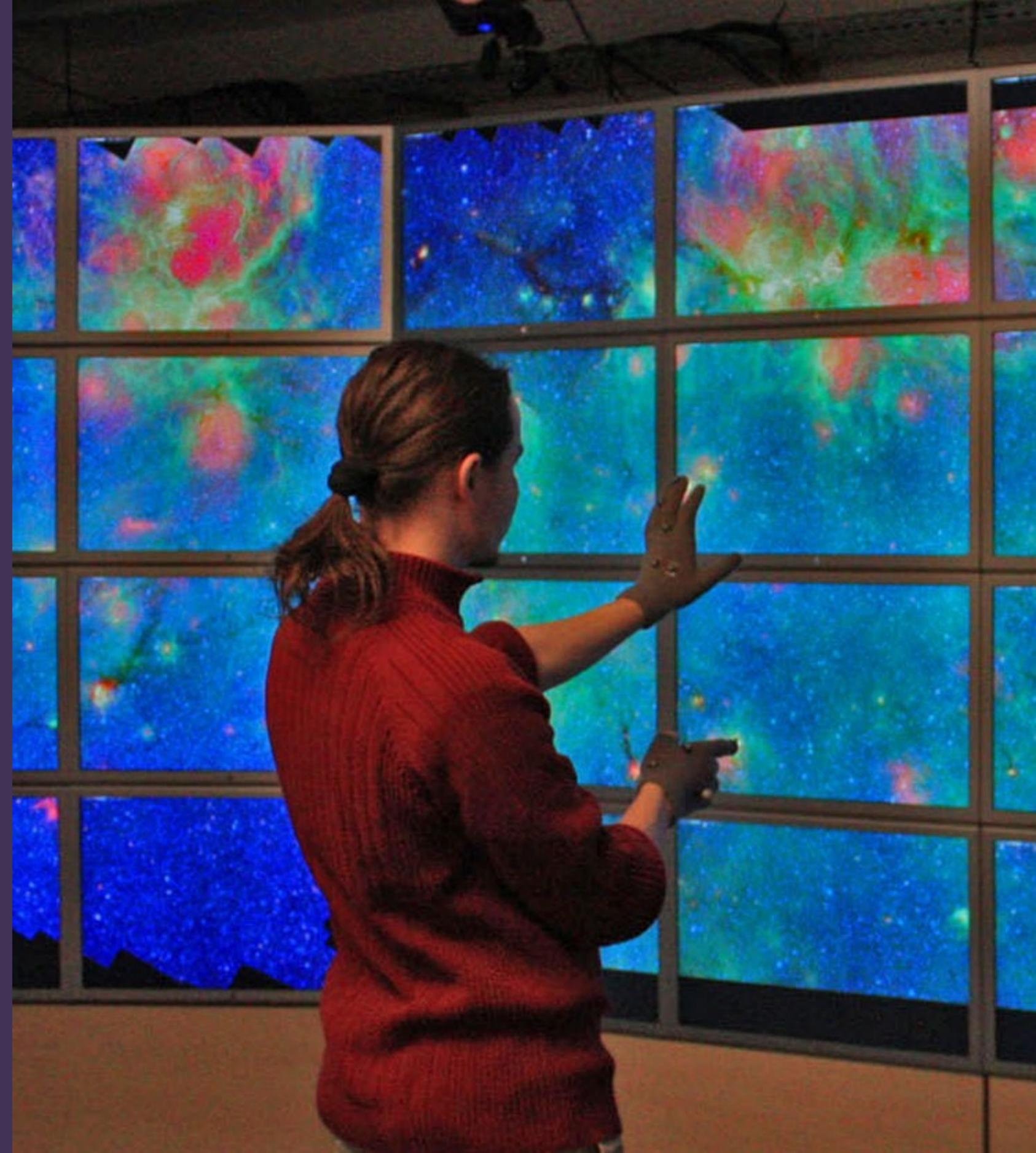
Expérience contrôlée

Comparaison systématique :
12 techniques de navigation multi-échelles
sur un mur d'écrans

Navigation « pan-and-zoom » :

« pan » : panoramique
gauche-droite, haut-bas

« zoom » : agrandir ou réduire



Analyse des dispositifs de pointage

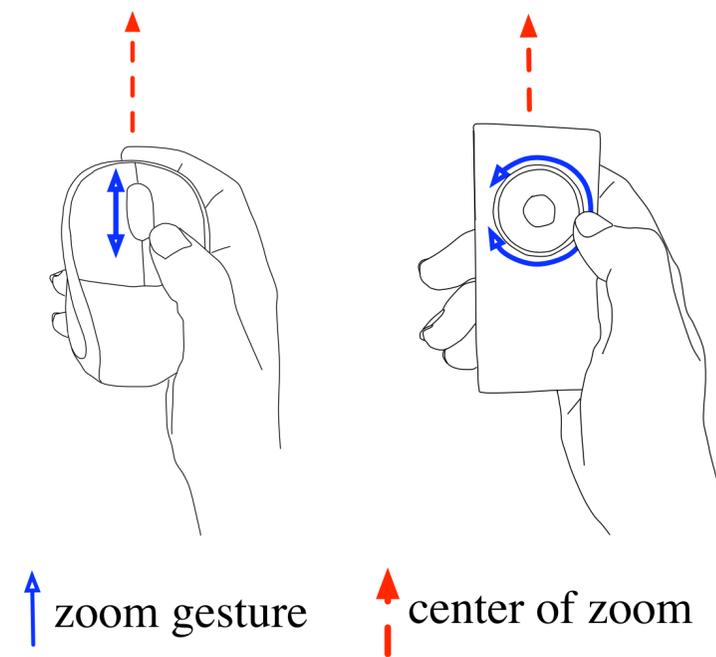
Expérience contrôlée

Comparaison systématique :

12 techniques de navigation multi-échelles sur un mur d'écrans

3 facteurs :

movement linéaire ou circulaire



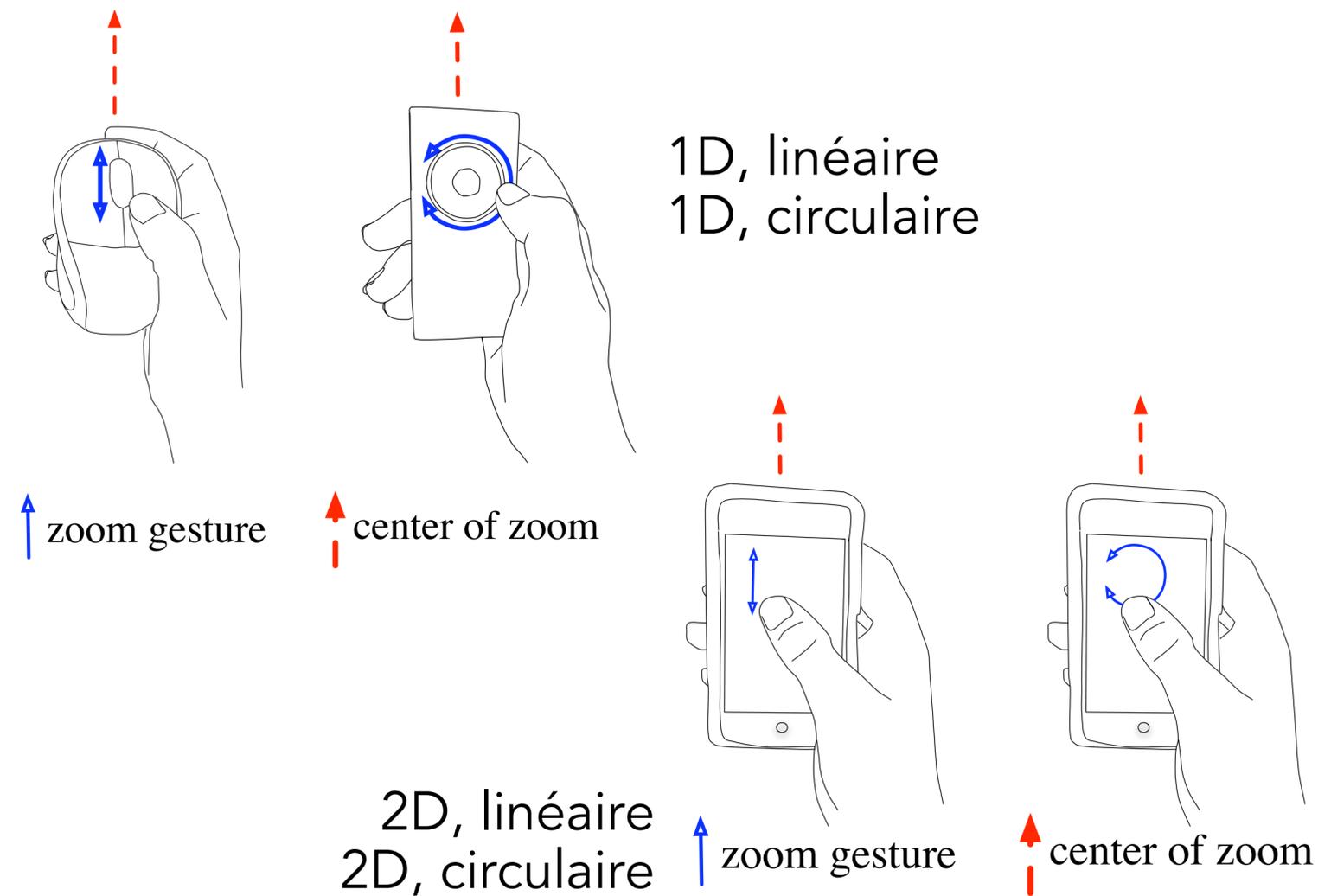
1D, linéaire
1D, circulaire

Analyse des dispositifs de pointage

Expérience contrôlée

Comparaison systématique :
12 techniques de navigation multi-échelles
sur un mur d'écrans

3 facteurs :
mouvement linéaire ou circulaire
1D, 2D ou 3D

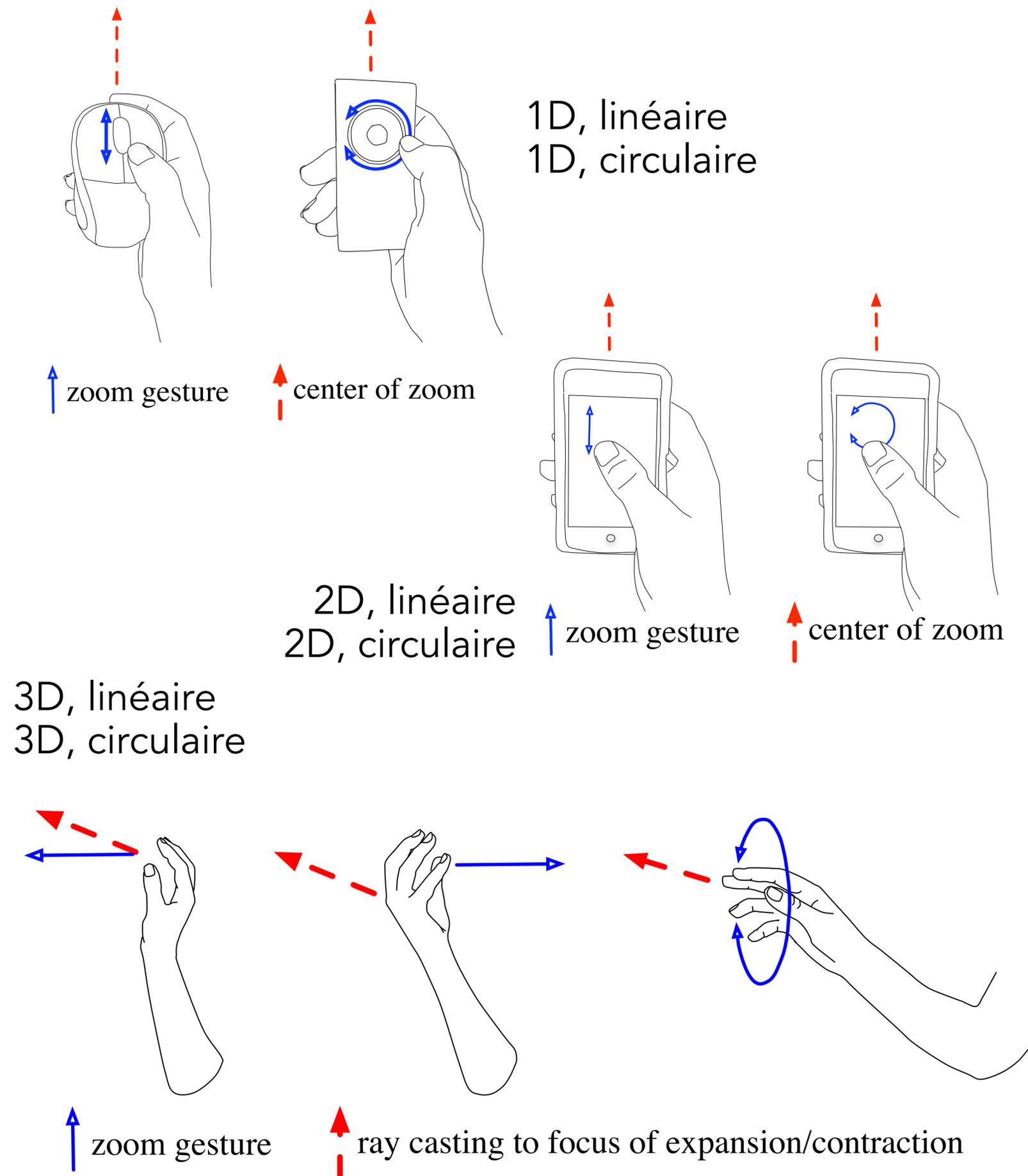


Analyse des dispositifs de pointage

Expérience contrôlée

Comparaison systématique :
12 techniques de navigation multi-échelles
sur un mur d'écrans

3 facteurs :
mouvement linéaire ou circulaire
1D, 2D ou 3D
une main ou deux mains





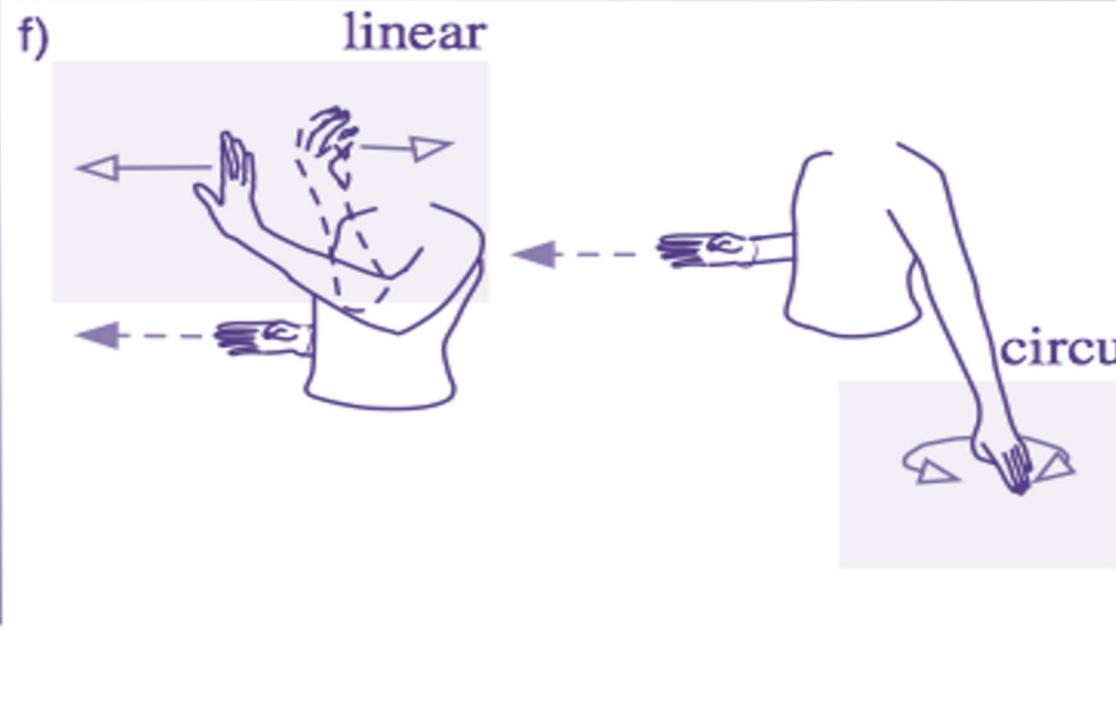
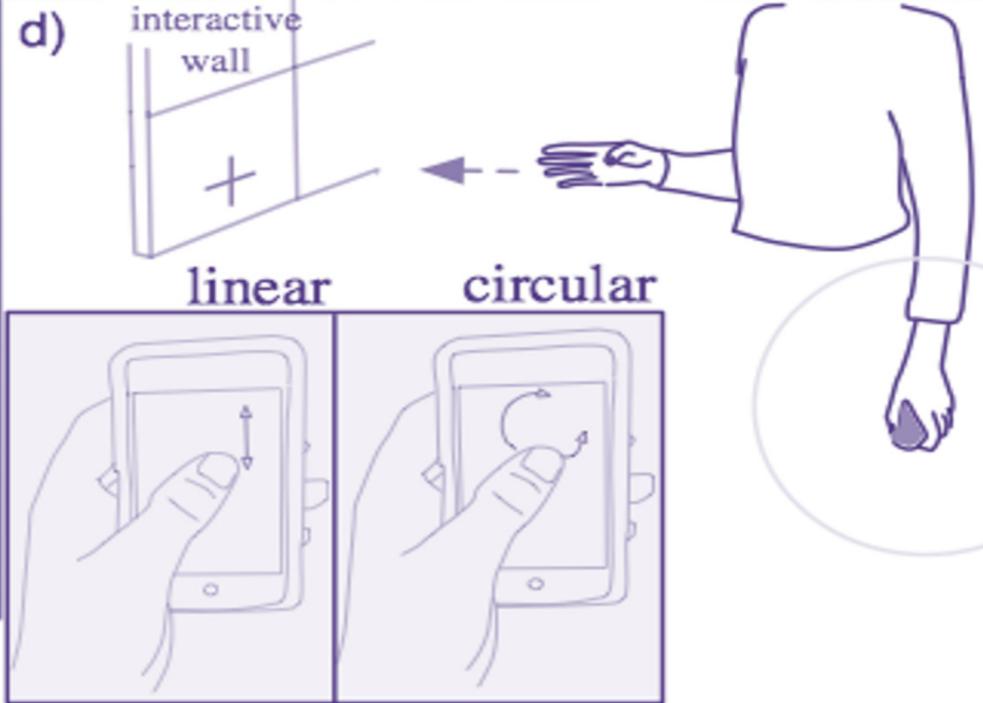
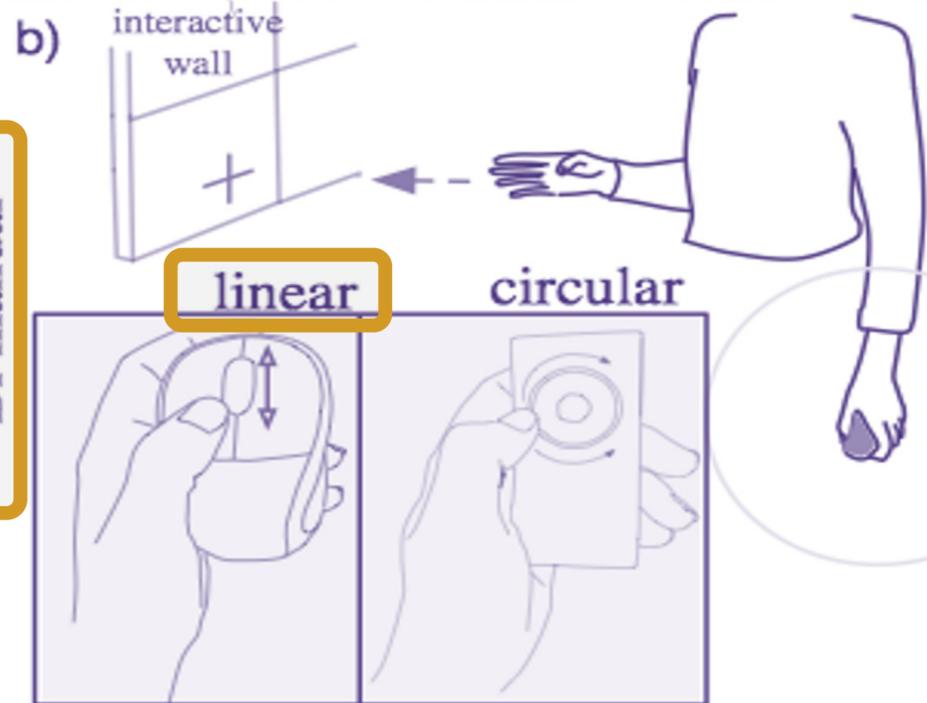
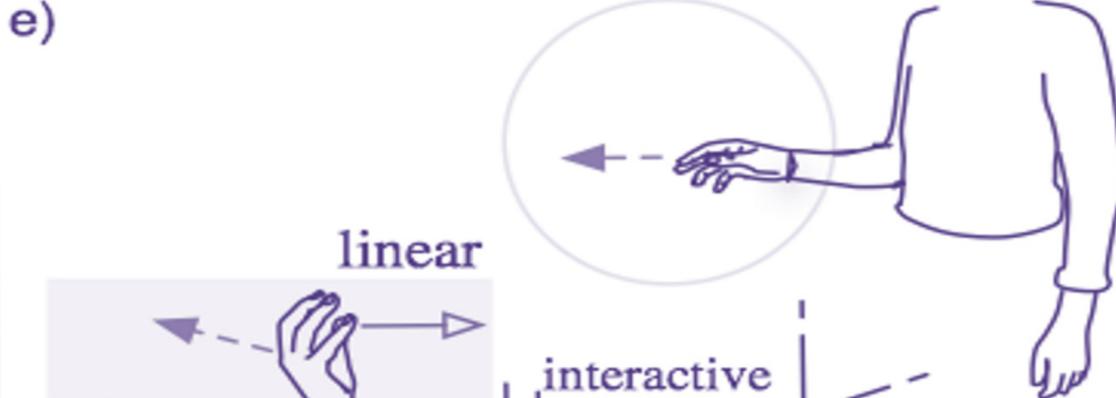
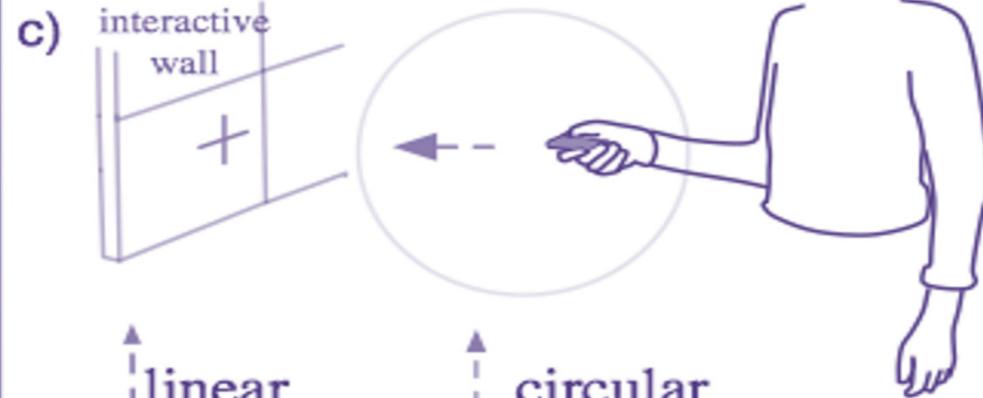
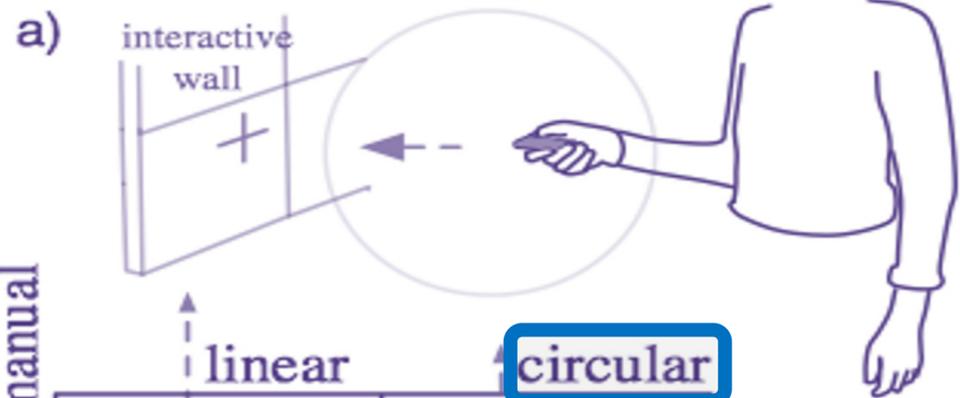
1D path

2D surface

3D free

Uni-manual

Bi-manual



zoom gesture →

focus of zoom, pointing ← - - - +

screen projected zoom gesture



BUXTON COLLECTION

<https://www.microsoft.com/buxtoncollection/default.aspx>



chord keyboard



e-reader



game controller



gloves and rings



handheld



joystick



keyboard



mouse



pedal



pen computer



phone



reference object



stylus



tablet



touch pad



touch screen



trackball



watch



miscellaneous

Interaction Humain-Machine

Historiquement,
le focus est sur les interfaces
clavier, souris et écran

Mais aujourd'hui
nous avons plus de possibilités



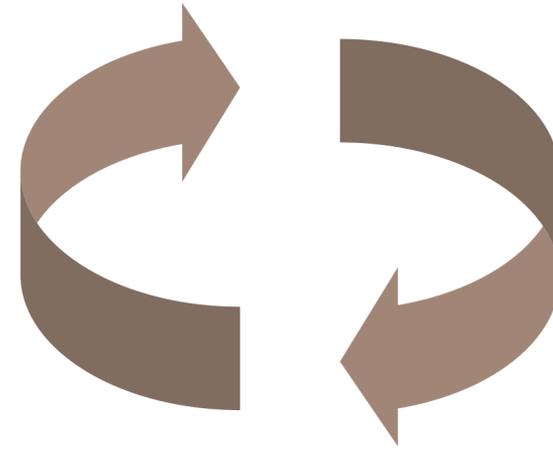
Où est
l'ordinateur ?

Aujourd'hui
l'ordinateur est partout

Une réalité complexe



Environnement



Utilisateurs

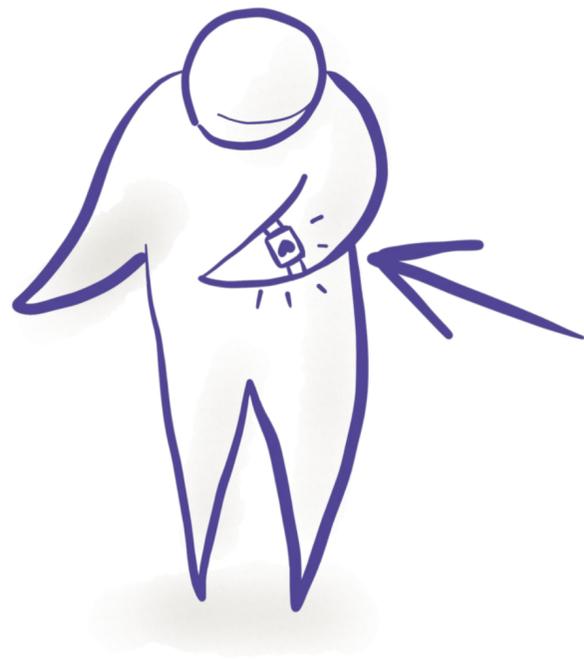


Objets physiques



Ordinateurs

Où est l'ordinateur ?



Sur moi

Où est l'ordinateur ?



Sur moi



Devant moi

Où est l'ordinateur ?



Sur moi



Devant moi



Autour de moi

Chacun donne de nouvelles possibilités



Sur moi
interfaces
vestimentaires



Devant moi
internet
des objets



Autour de moi
ubiquitaire

Trois relations avec l'ordinateur



Première personne

Outil :

Je l'utilise

Je le contrôle

Trois relations avec l'ordinateur

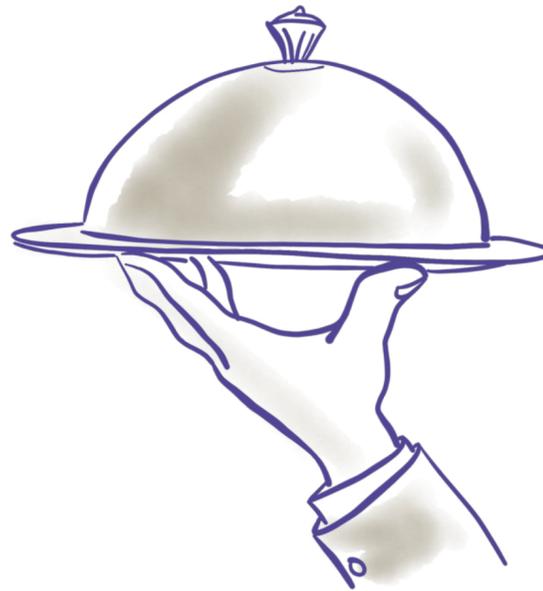


Première personne

Outil :

Je l'utilise

Je le contrôle



Deuxième personne

Serviteur :

Je délègue

Il contrôle

Trois relations avec l'ordinateur



Première personne

Outil :

Je l'utilise

Je le contrôle

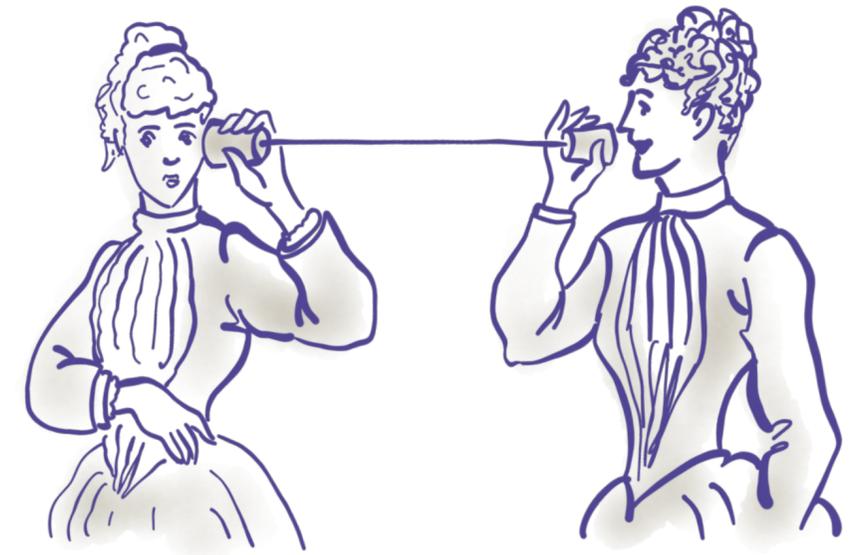


Deuxième personne

Serviteur :

Je délègue

Il contrôle



Troisième personne

Médium :

Nous communiquons

Nous le contrôlons

Trois relations avec l'ordinateur



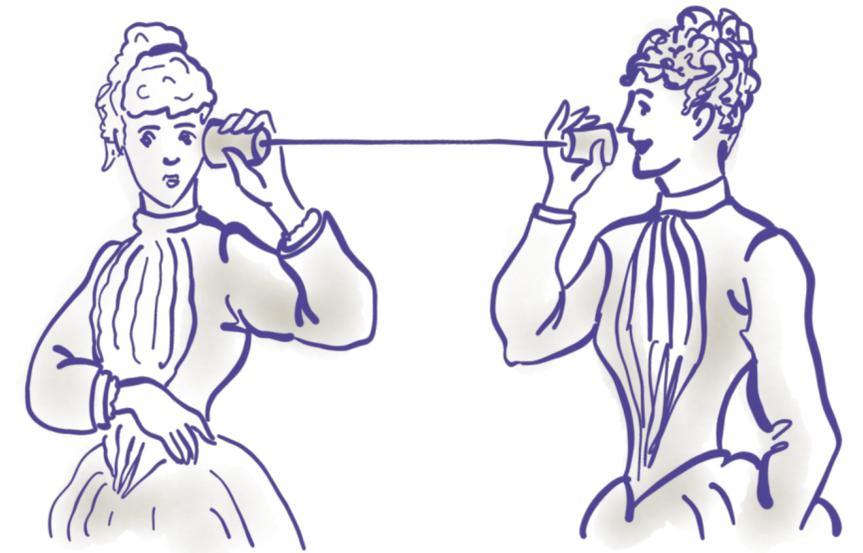
Première personne

Interaction
humain-machine



Deuxième personne

Intelligence
artificielle



Troisième personne

Communication
médiatisée

Desktop : Focus aujourd'hui

Leçon 5 : Multi-modalité

combiner la voix et la mouvement

Leçon 6 : Réalité augmentée et virtuelle

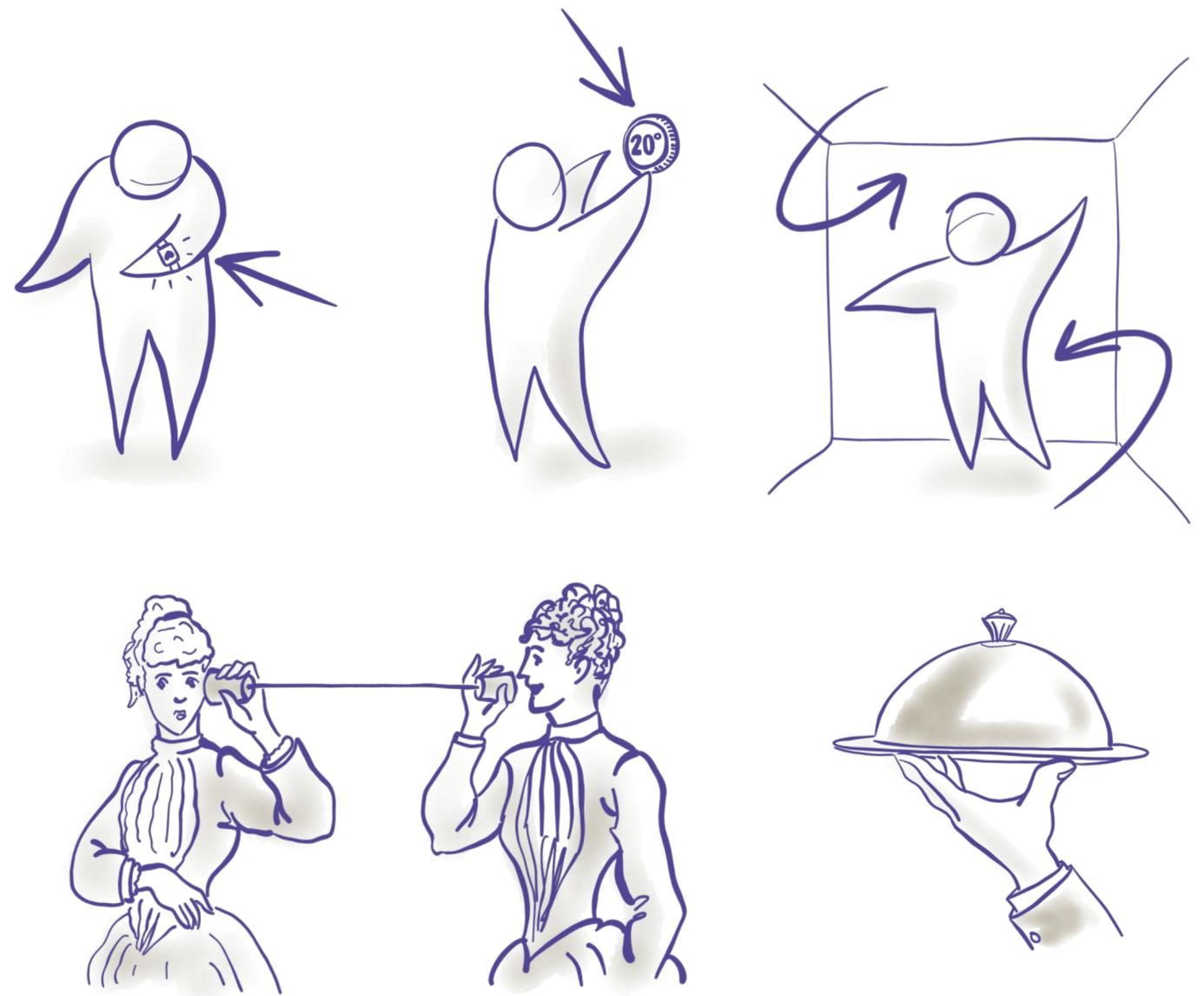
augmenter l'objet & l'environnement

Leçon 7 : Communication médiatisée

médium de communication

Leçon 8 : Intelligence artificielle

serveur ou partenaire



L'évolution du « desktop »



Evolution of the Desk

1981



Aujourd'hui

On peut ajouter les casques ou lunettes de la réalité virtuelle



Styles d'interaction

Styles d'interaction

Ensemble de principes et
de moyens d'interaction
d'une famille d'interfaces

Styles d'interaction

Ensemble de principes et
de moyens d'interaction
d'une famille d'interfaces

Langage de commande

Menus & Formulaires

Navigation hypertexte

Manipulation directe

Interaction gestuelle

Interaction en langage naturel

Réalité virtuelle et augmentée

Language de commande

Le terminal :

- affiche une invite

- attend une commande de l'utilisateur

L'utilisateur tape une commande

Le système :

- l'exécute

- affiche son résultat

- affiche l'invite à nouveau

Rappel d'information

```
% date
```

```
8 mars 2022
```

```
%
```

Language de commande

Exemple

Trouver toutes les lignes qui contiennent
la chaîne « Wendy »

Nom de commande : `grep`

Options : `-i`

Paramètres : `Wendy noms.txt`

```
% grep -i Wendy noms.txt  
%
```

Recherche de chaîne

ignorer majuscule et minuscule

« Wendy » dans le fichier : `noms.txt`

Language de commande

Avantages

Rapide pour les experts

Flexible

Le « pipe » Unix peut enchaîner
les commandes :

```
grep -i Wendy noms.txt | sort | uniq
```

Puissant

L'utilisateur peut créer des scripts
et ses propres commandes

Language de commande

Avantages

Rapide pour les experts

Flexible

Le « pipe » Unix peut enchaîner
les commandes :

```
grep -i Wendy noms.txt | sort | uniq
```

Puissant

L'utilisateur peut créer des scripts
et ses propres commandes

Inconvénients

Il faut devenir expert :

connaître les commandes
et leur syntaxe

Apprentissage difficile

Risques d'erreurs

Menus et Formulaires

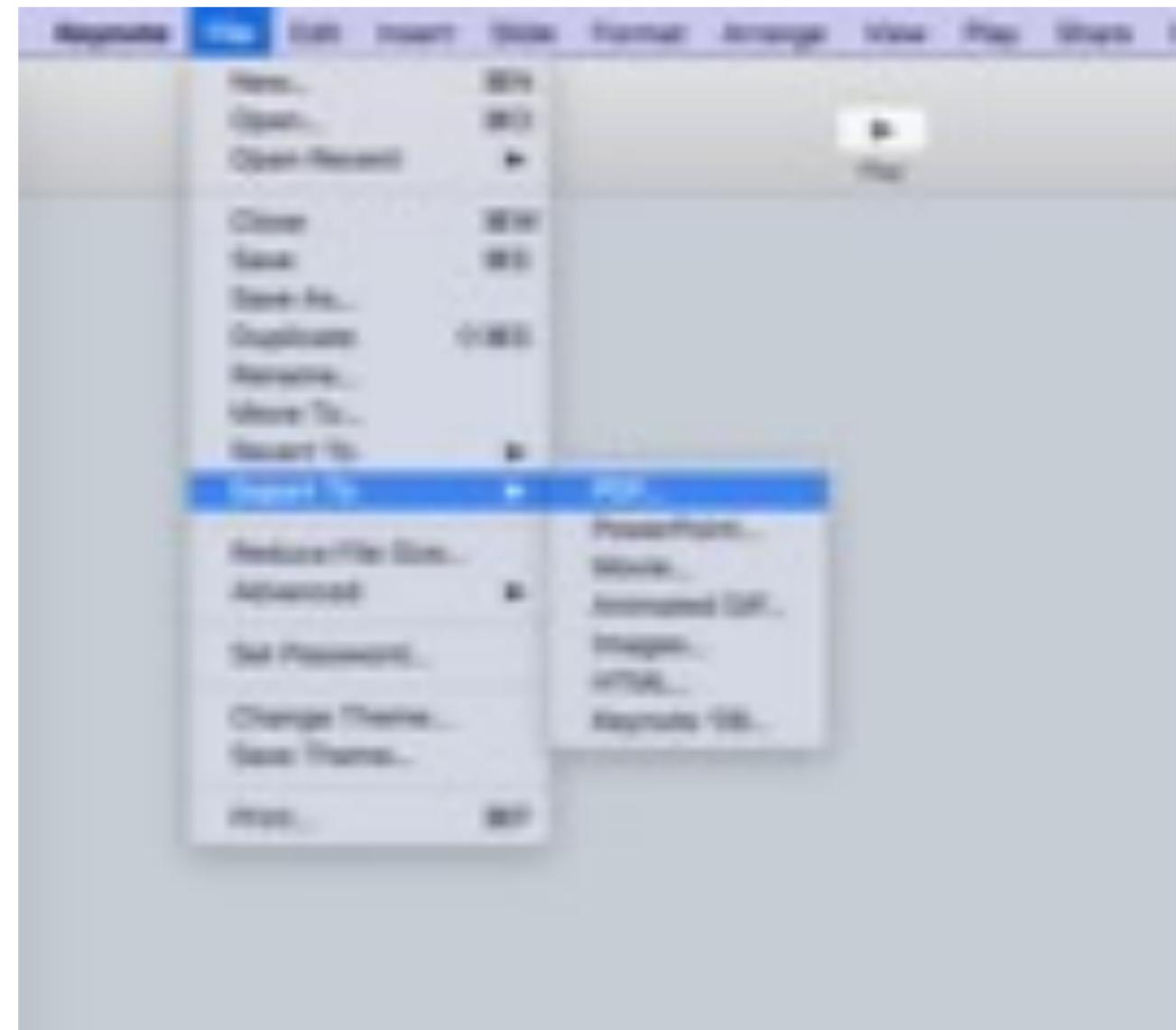
Menu :

Le système affiche les choix possibles

L'utilisateur choisit dans la liste

Linéaire ou hiérarchique

Reconnaissance d'information



Menus et Formulaires

Formulaire :

Le système affiche les champs
à compléter

L'utilisateur les complète dans
l'ordre qui lui convient

Nom *

Adresse

Numéro de rue

Rue

Code postal

Ville

Département

Menus et Formulaires

Avantages

Guide l'utilisateur

Réduit l'apprentissage et les erreurs

Facilite l'entrée des données

Facilite l'exploration de l'interface

Menus et Formulaires

Avantages

Guide l'utilisateur

Réduit l'apprentissage et les erreurs

Facilite l'entrée des données

Facilite l'exploration de l'interface

Inconvénients

Prend de la place à l'écran

Peut poser problème sur de petits écrans

L'entrée des données peut être fastidieuse

Importance de "bonnes" valeurs par défaut

Choix limité : pas de flexibilité

Navigation

Hypertexte et hypermédia

L'information est organisée selon un **graphe** :

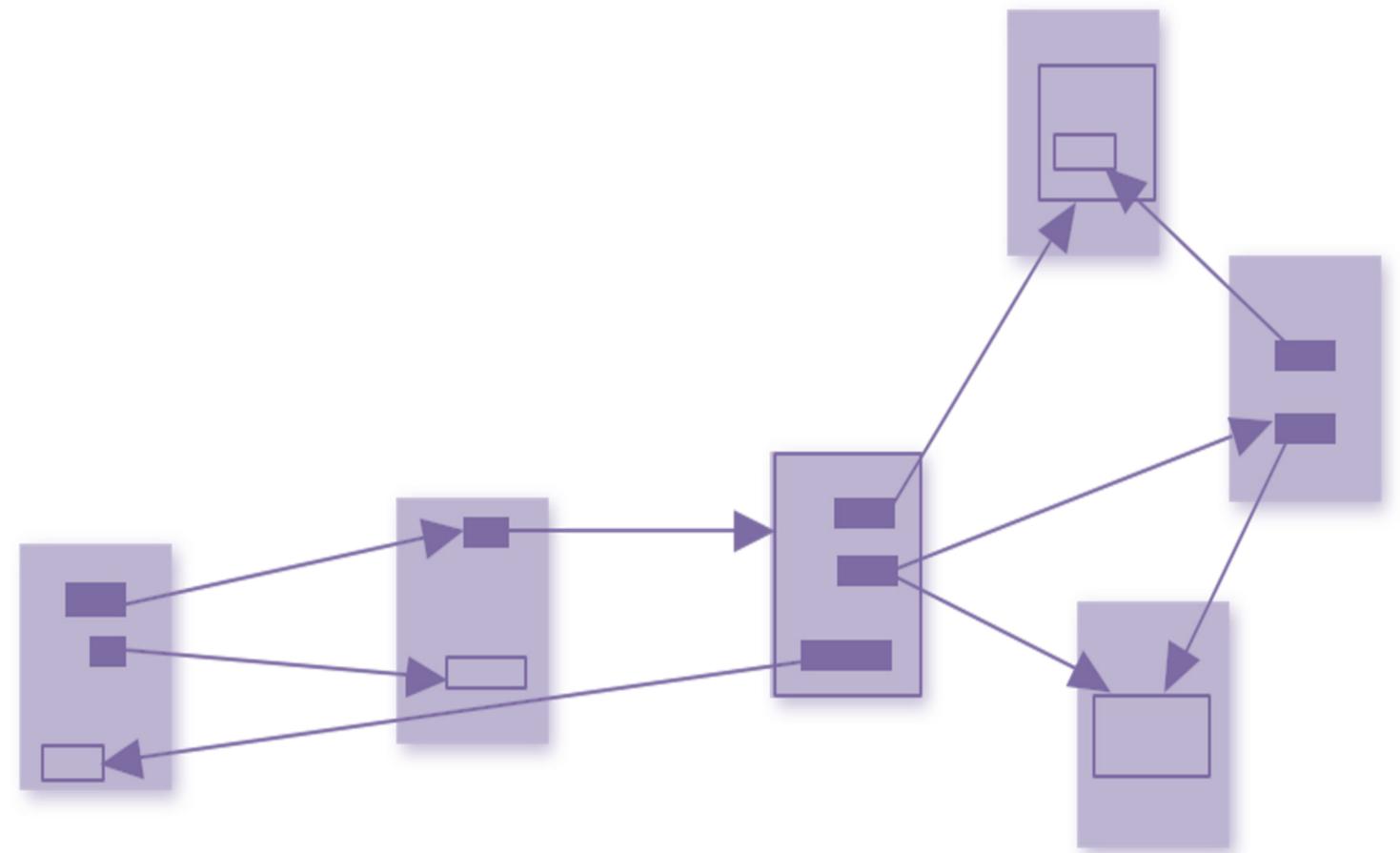
Les **nœuds** : les éléments d'information

Les **ancres** : les points d'intérêt dans les nœuds

Les **liens** : connecter des ancres et des nœuds

L'utilisateur navigue d'un nœud à l'autre
en suivant les liens

Le Web est (au départ) un système hypertexte



Navigation

Avantages

Accès progressif
à une grande quantité d'information

Possibilité d'organiser l'information
par niveaux de détail
par thème

Navigation

Avantages

Accès progressif
à une grande quantité d'information

Possibilité d'organiser l'information
par niveaux de détail
par thème

Inconvénients

Difficulté à savoir ce que l'on n'a *pas* vu
Risque de se “perdre”

« lost in hypertext »

Difficulté à retrouver une information
d'où l'apparition des moteurs de recherche

Manipulation directe

Base des interfaces graphiques actuelles

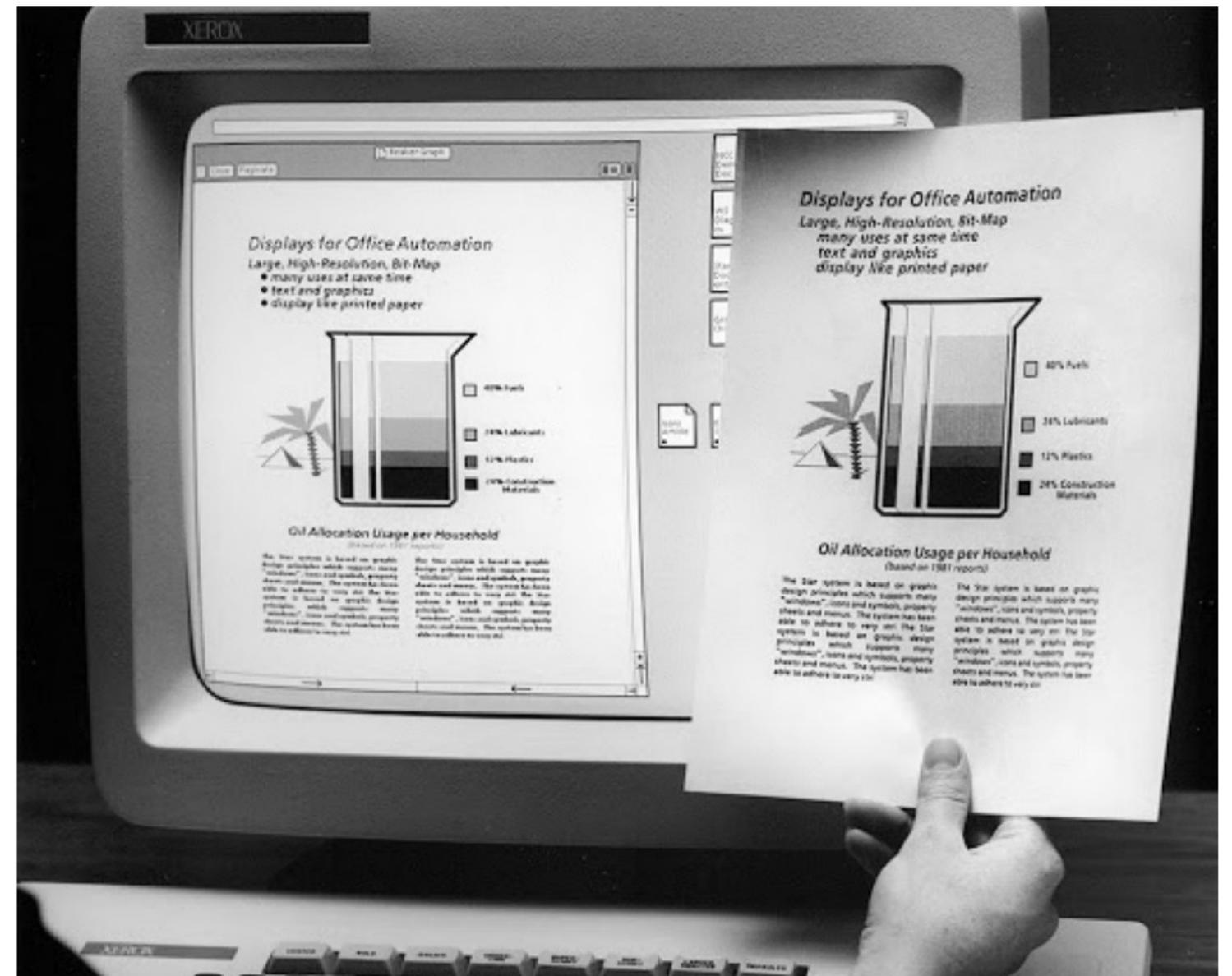
Représentation permanente des objets manipulés :

Texte, documents, icônes des fichiers

Actions physiques pour manipuler les objets :

sélection de texte,
déplacement d'un fichier

Reconnaissance d'information



WYSIWYG : what you see is what you get

Manipulation directe

Avantages

Simplicité

Reconnaissance plutôt que rappel

État visible

Actions « physiques » sur les objets

Manipulation directe

Avantages

Simplicité

Reconnaissance plutôt que rappel

État visible

Actions « physiques » sur les objets

Inconvénients

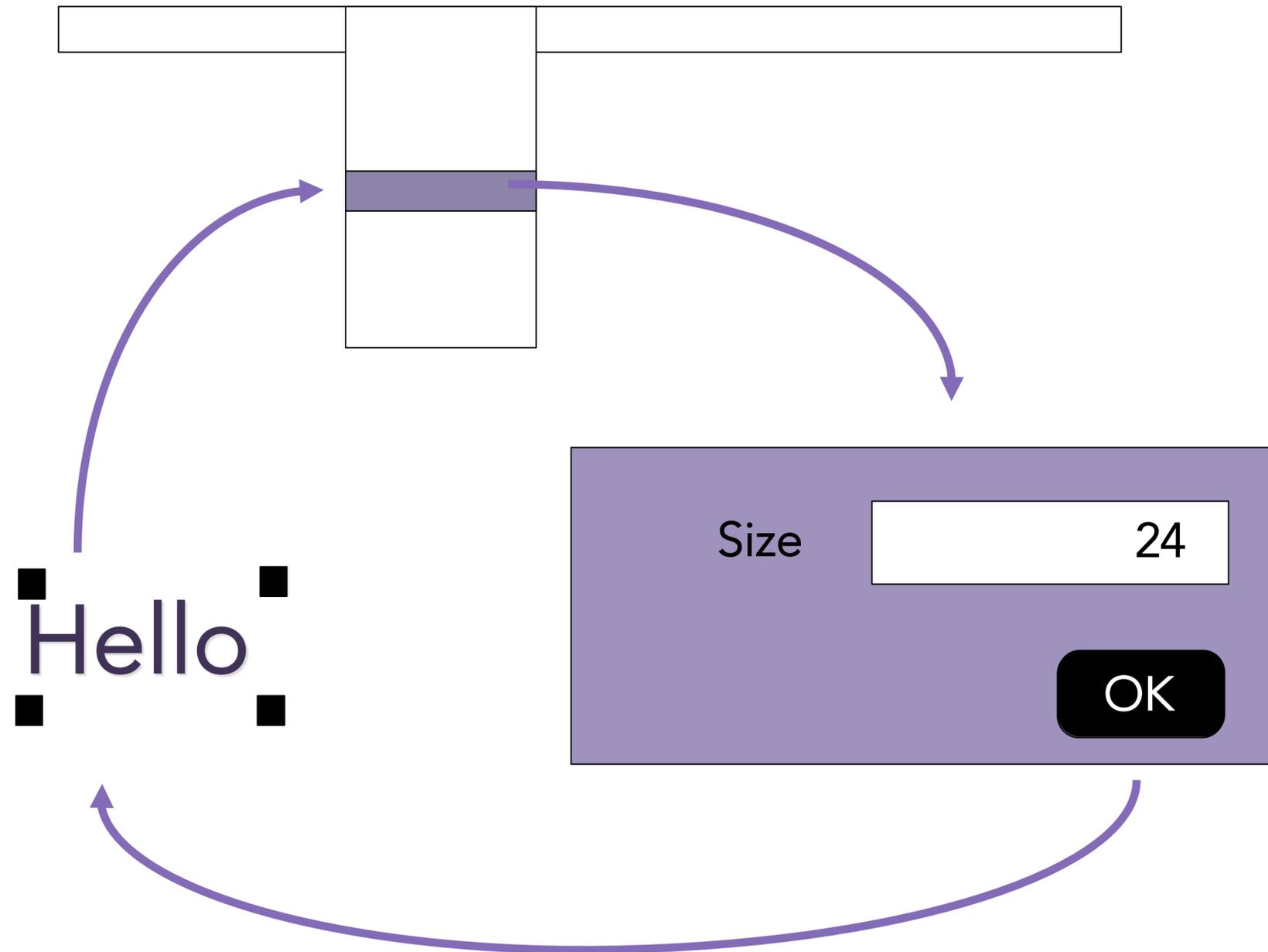
Manque de puissance

les actions possibles sont prédéfinies

Lent pour un expert

Beaucoup de manipulation **indirecte**

Manipulation (in)directe





(In)direct Manipulation

Hello

World



Tâches élémentaires d'interaction

Entrée de données

Choix d'un élément dans un ensemble

Déclenchement d'une action

Navigation

Transformation

Entrée de données

Texte



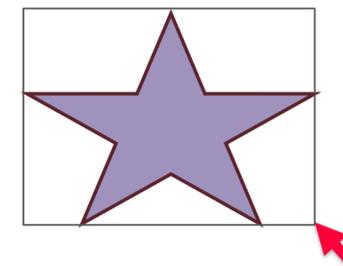
Valeurs numériques



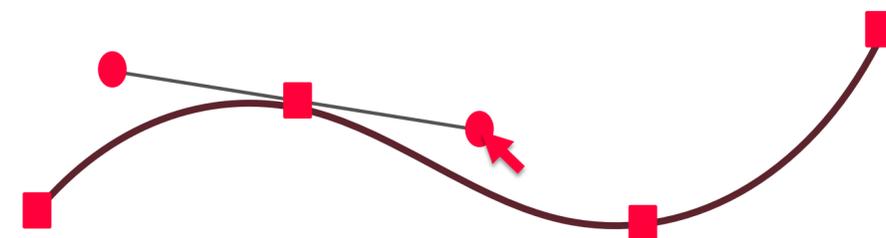
Position



Rectangle englobant

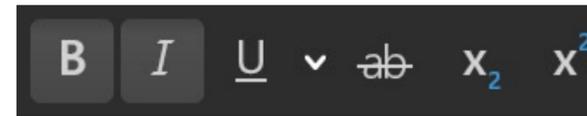


Points de contrôle



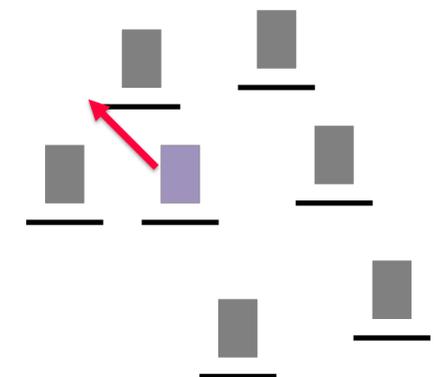
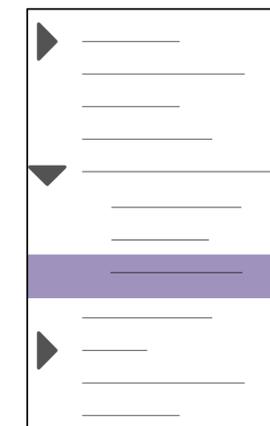
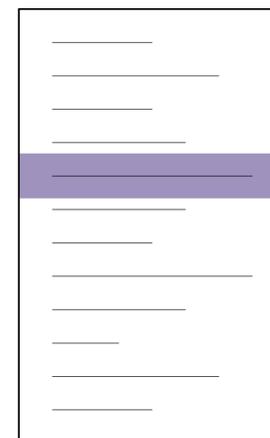
Choix d'un élément

Plusieurs types d'interacteurs selon
la taille de l'ensemble
la stabilité de l'ensemble
la sélection simple ou multiple



- Gauche
- Centre
- Droit

- Gras
- Italique
- Souligné
- Rayé



Déclenchement d'une action

Boutons



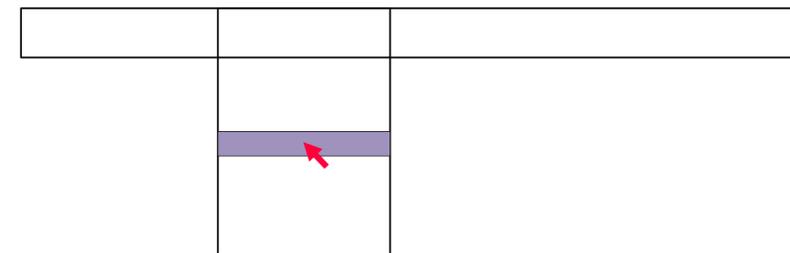
Liens

[Add comment](#)

Cliquer-tirer (« drag-and-drop »)



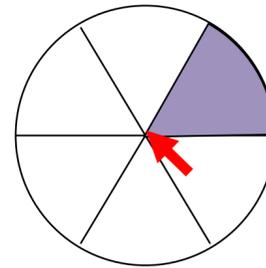
Menus



Menus circulaires

« Pie menus »

même distance pour toutes les entrées
3 fois plus rapide qu'un menu linéaire
limité à 8 entrées



**Callahan et al. (1988) An empirical comparison of pie vs. linear menus.
ACM/CHI '88**

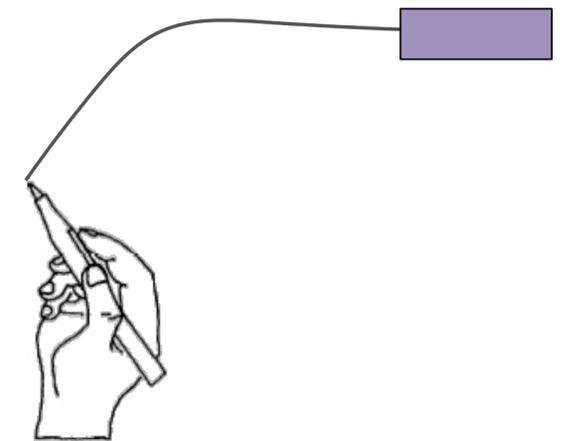
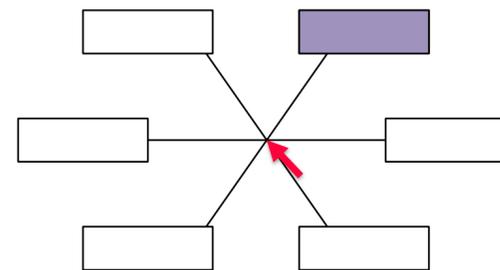
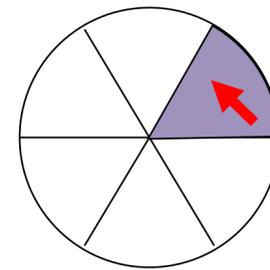
Menus circulaires

« Pie menus »

même distance pour toutes les entrées
3 fois plus rapide qu'un menu linéaire
limité à 8 entrées

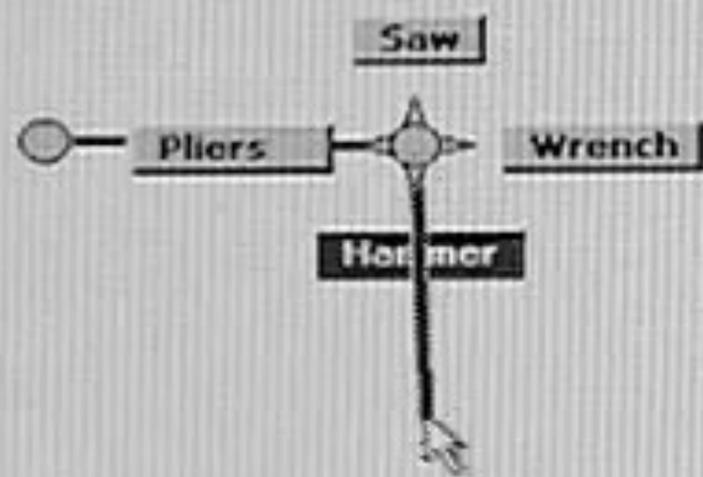
« Marking menus »

même principe
transition de novice à expert :
sélection sans affichage du menu



Kurtenbach & Buxton (1993). The limits of expert performance using hierarchic marking menus. InterCHI '93

Marking Menus



time: 1.13 secs.

Hammer

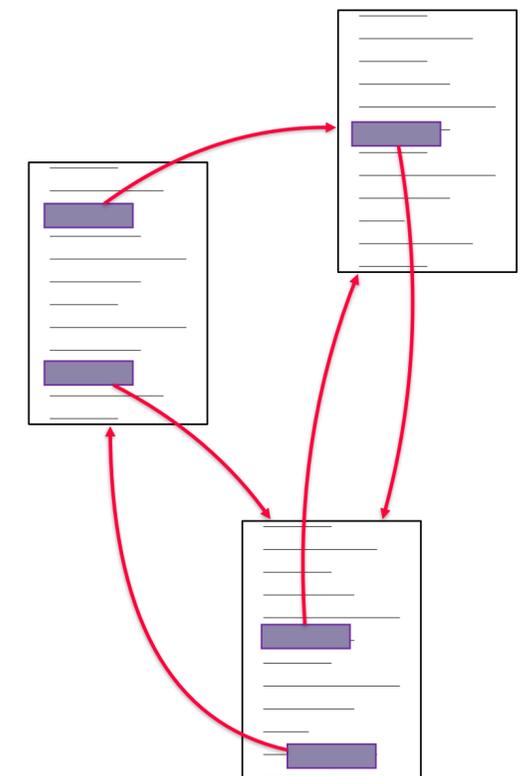
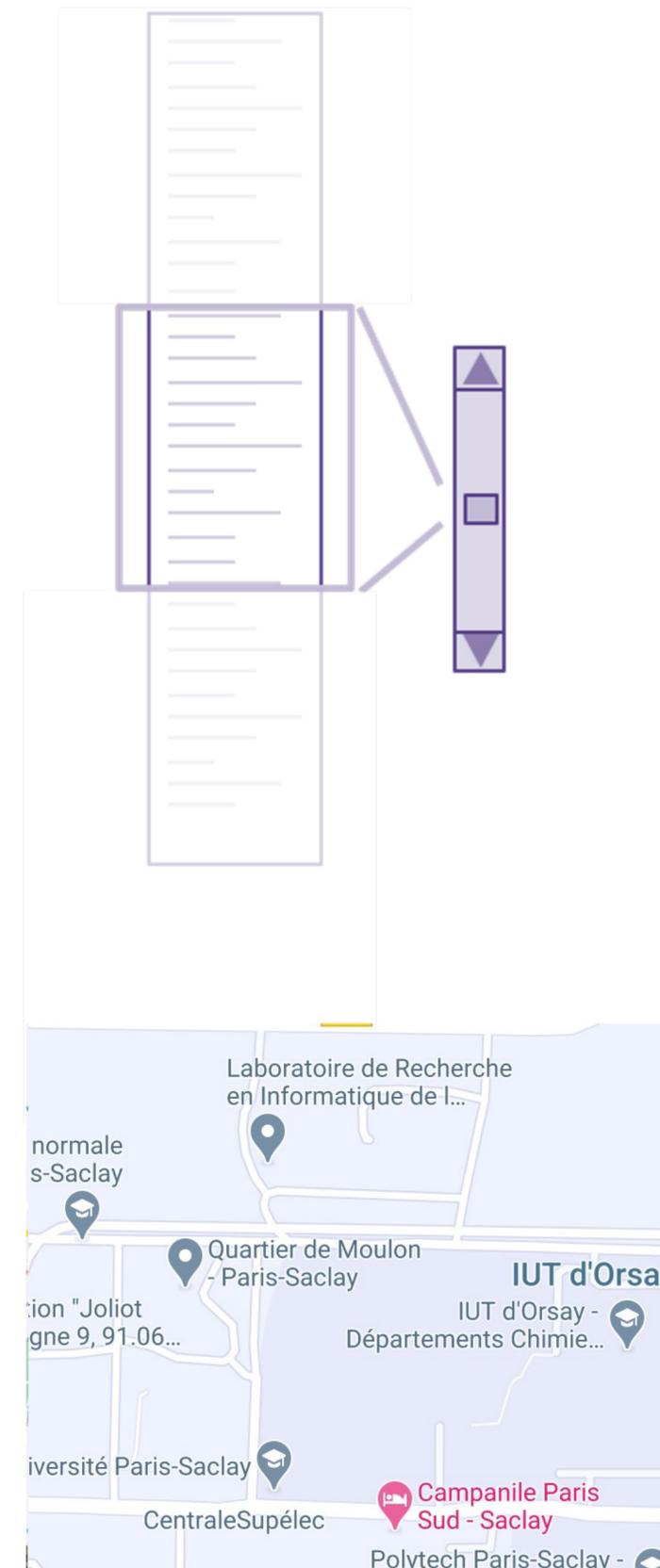
Linear Menus

time: 1.58 secs.

Hammer

Navigation

Accéder un contenu qui n'est pas visible
barres de défilement
défilement direct
« pan-and-zoom »
sauts (liens hypertexte / hypermedia)



PAD++

Interfaces zoomable

Zoom avant :

agrandir les petites cibles

Zoom arrière :

réduire les grandes amplitudes

Zoom sémantique :

les détails apparaissent
lors du zoom avant

1990	1991	1992	1993	1994
1995	1996	1997	1998	1999

1992			
Jan	Feb	Mar	Apr
May	Jun	Jul	Aug
Sep	Oct	Nov	Dec

1997			
Jan	Feb	Mar	Apr
May	Jun	Jul	Aug
Sep	Oct	Nov	Dec

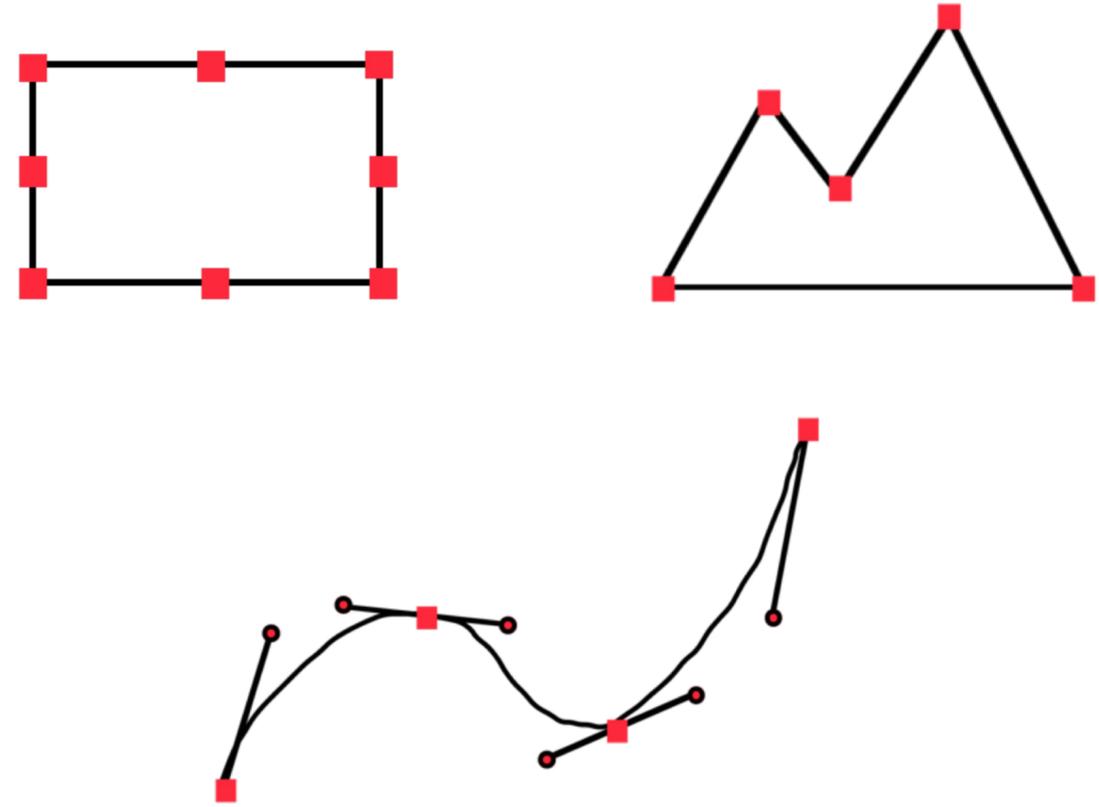
1992	Monday Dec. 7 1992	Tues
6	7	
1992	Monday Dec. 14 1992	Tues
3	14	

Bederson & Hollan (1994) A Zooming Graphical Interface for Exploring Alternate Interface Physics. ACM/CHI'94



Transformation

Poignées de manipulation



Améliorer la performance

Du pointage : « Bubble cursor »

De la sélection : Pointage sémantique

Du « drag-and-drop » : Drag-and-pop

De la navigation : Orthozoom

De la sélection de commandes : Toolglass

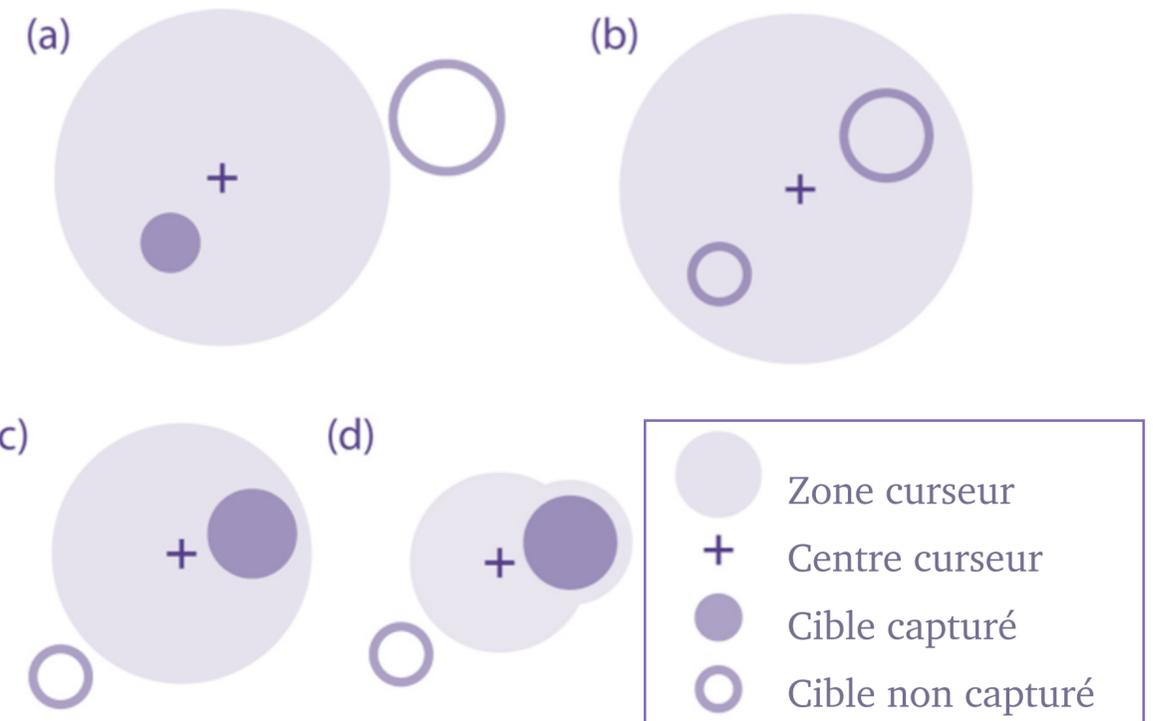
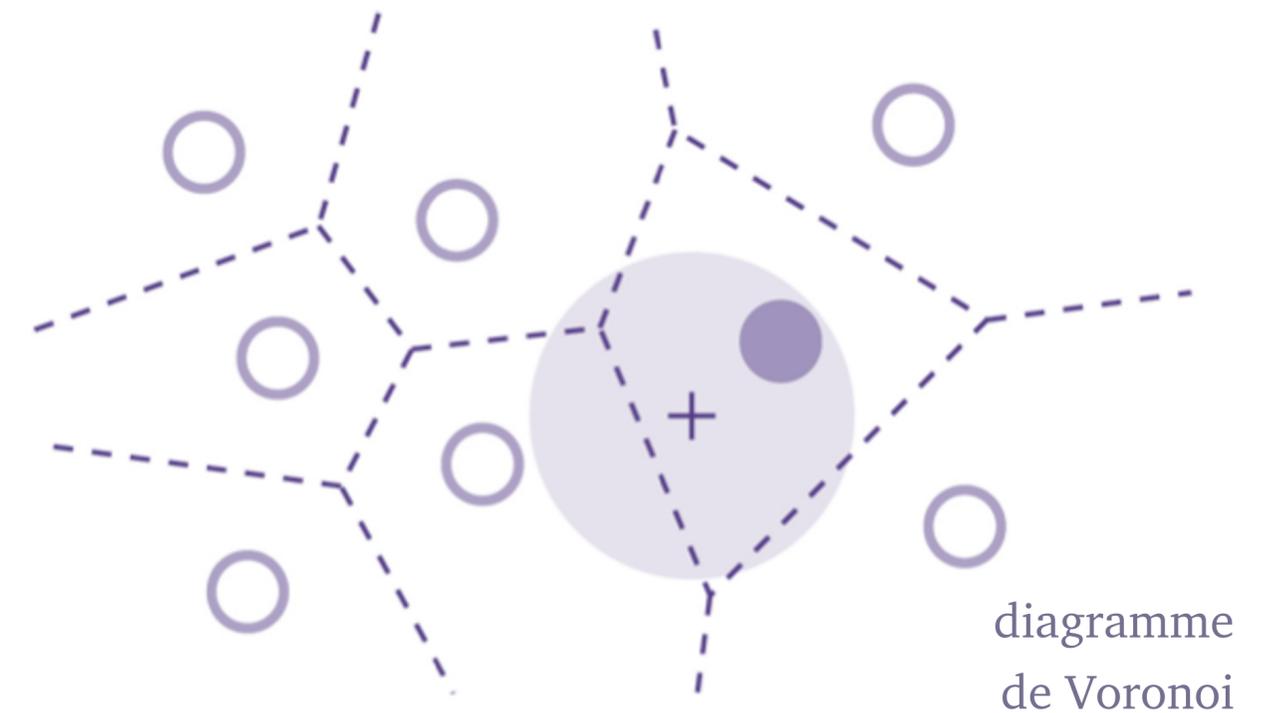
Optimiser les techniques d'interaction
en fonction des capacités humaines

Bubble Cursor

Augmenter la performance du pointage

Le curseur désigne toujours la cible la plus proche

Diagrammes de Voronoï :
calculer les distances égales
entre chaque cible



Grossman & Balakrishnan (2005) The Bubble Cursor: Enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area. ACM/CHI'05

Pointage Sémantique

Chaque cible a :
une taille visuelle et
une taille motrice

Le curseur se déplace plus rapidement
entre les cibles
et ralentit à l'approche d'une cible

classique



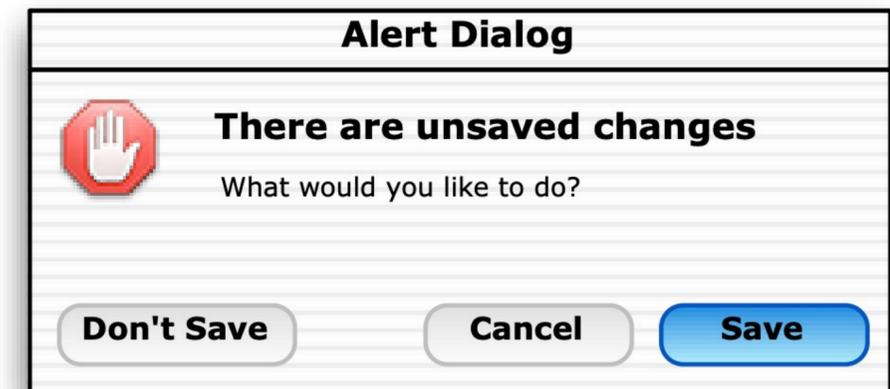
visuel



moteur

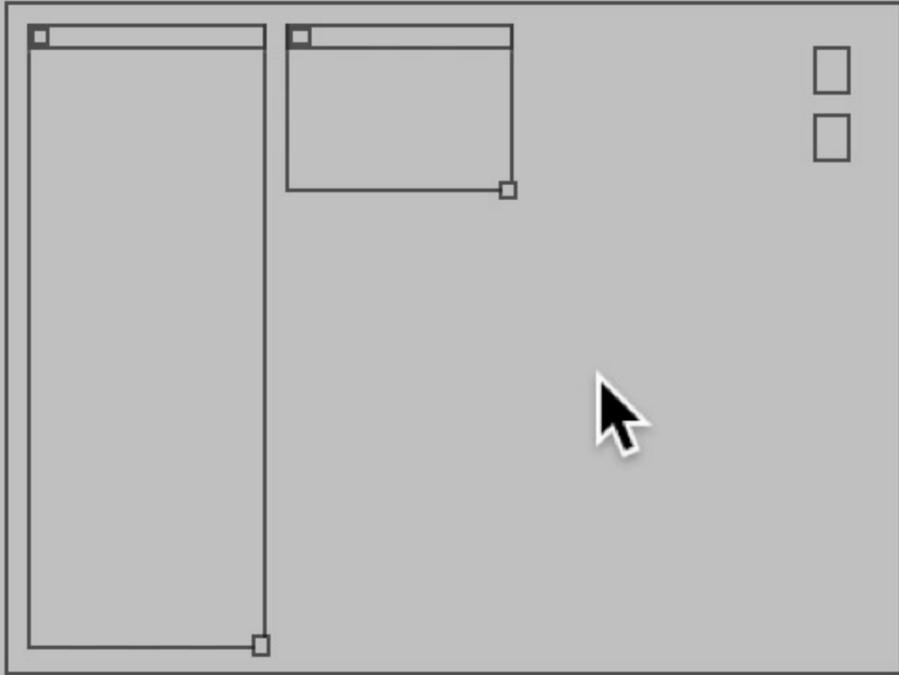
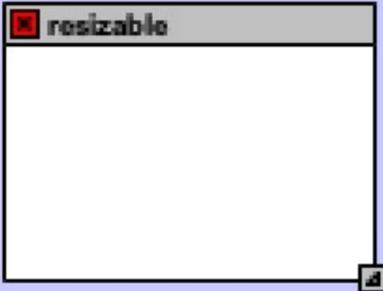


visuel



moteur





scale
< 1

s : enable/disable semantic pointing
r : recenter the meter view

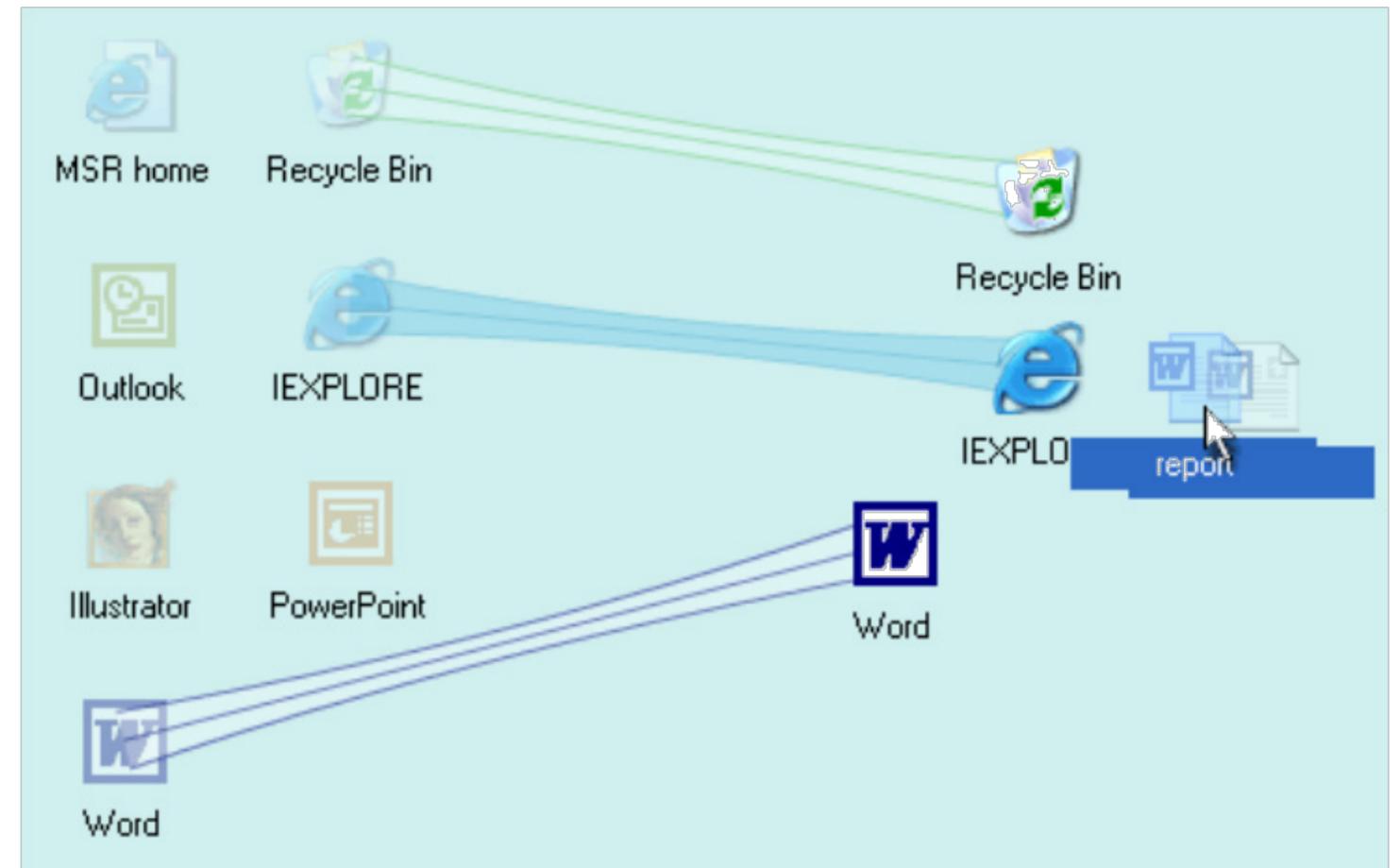
Drag-and-pop

La Loi de Fitts : relation entre la distance et la taille du cible

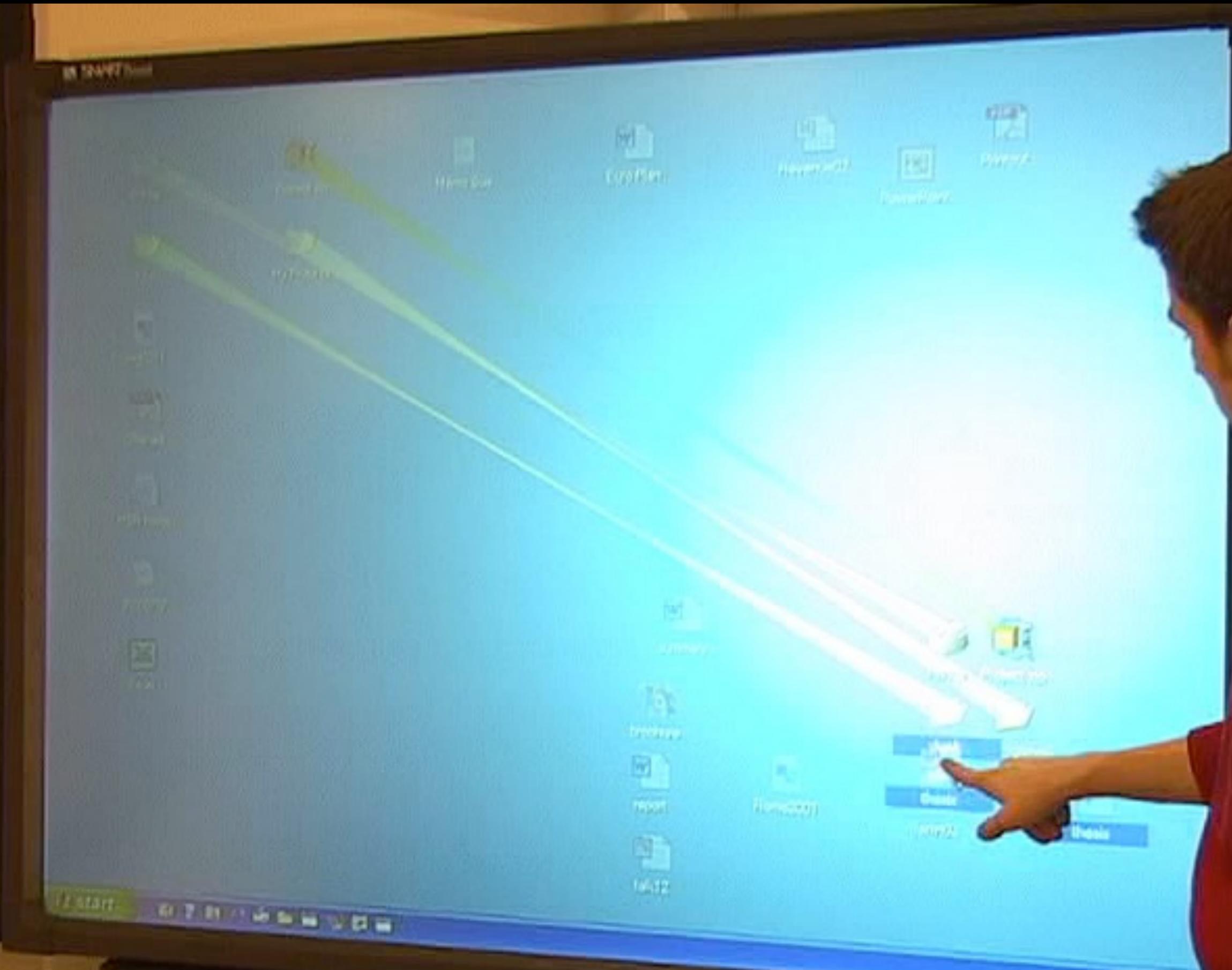
Comment réduire l'indice de difficulté ?
diminuer la distance / augmenter la largeur

« Drag-and-pop » :

Déplacement temporaire des icônes cible
potentielles vers la position actuelle du curseur



Baudisch et al. (2003) Drag-and-Pop and Drag-and-Pick: Techniques for Accessing Remote Screen Content on Touch- and Pen-Operated Systems. ACM/Interact'03



Orthozoom

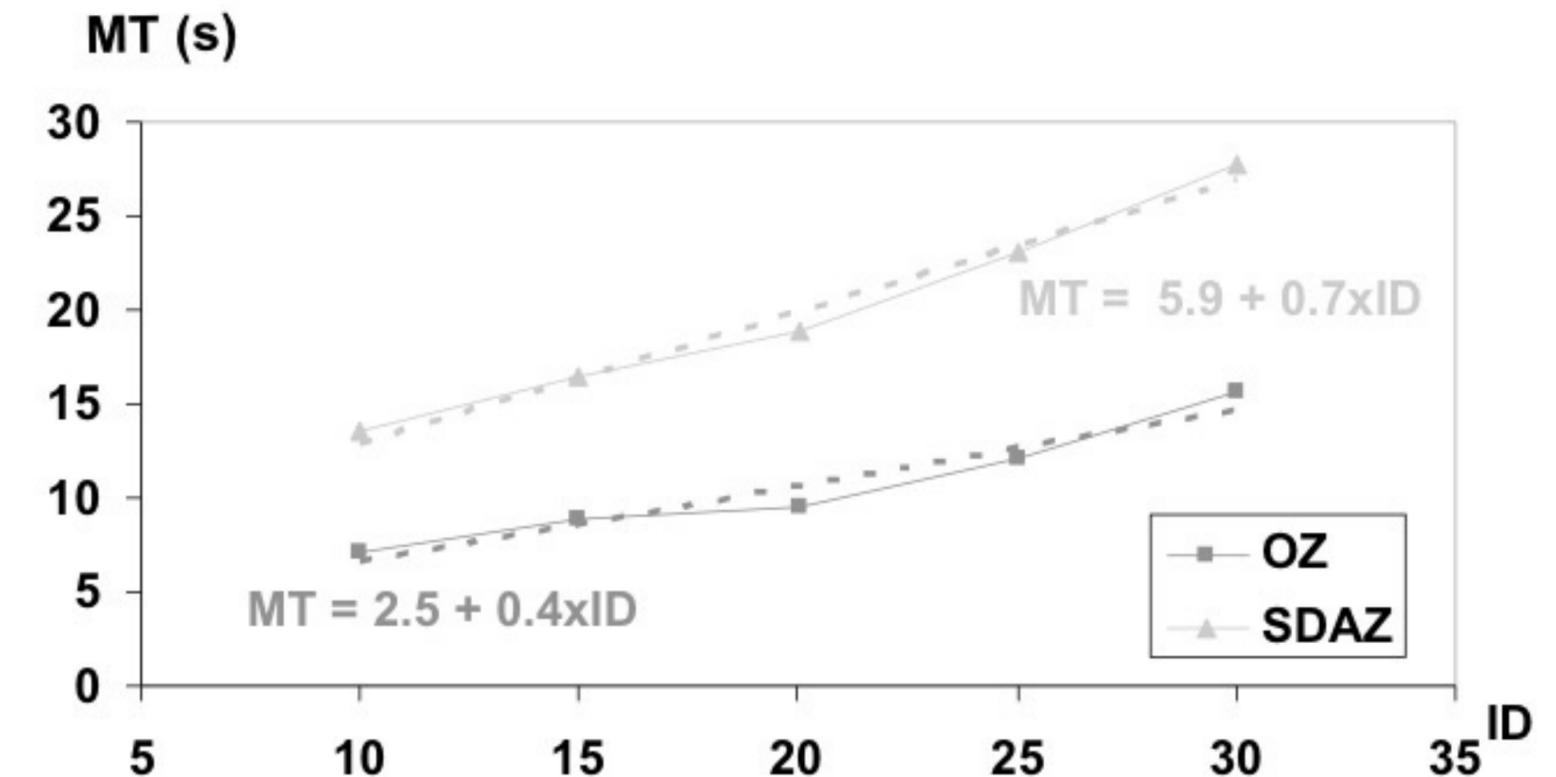
Pan-et-zoom documents

Étendre la barre de défilement
pour faire du « pan-and-zoom »

Verticalement pour déplacer
Horizontalement pour zoomer

Deux fois plus rapide que SDAZ*
(la meilleure technique connue)

*SDAZ = Zoom automatique dépendant de la vitesse



Appert & Fekete (2006) Orthozoom Scroller: 1D Multi-scale Navigation, ACM/CHI'06.

The Tragedy of Antony and Cleopatra

ACT I

ACT II

ACT III

ACT IV

ACT V

All's Well That Ends Well

ACT I

ACT II

ACT III

ACT IV

ACT V

As You Like It

PROLOGUE

ACT II

ACT III

ACT IV

ACT V

The Comedy of Errors

PROLOGUE

ACT II

ACT III

ACT IV

ACT V

The Tragedy of Coriolanus

ACT I

ACT II

ACT III

ACT IV

ACT V

Cymbeline

ACT I

20

40

60

80

100

120

140

160

180

200

220

240

260

280

300

320

340

360

380

400

420

440

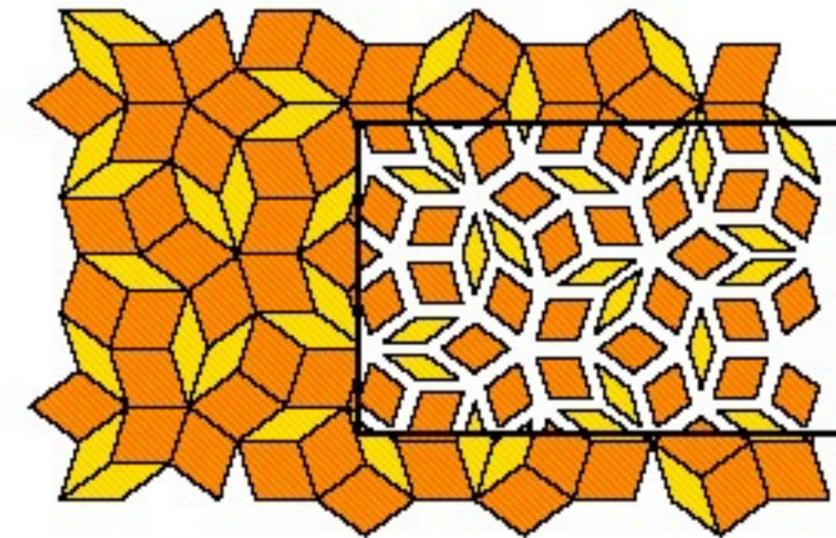
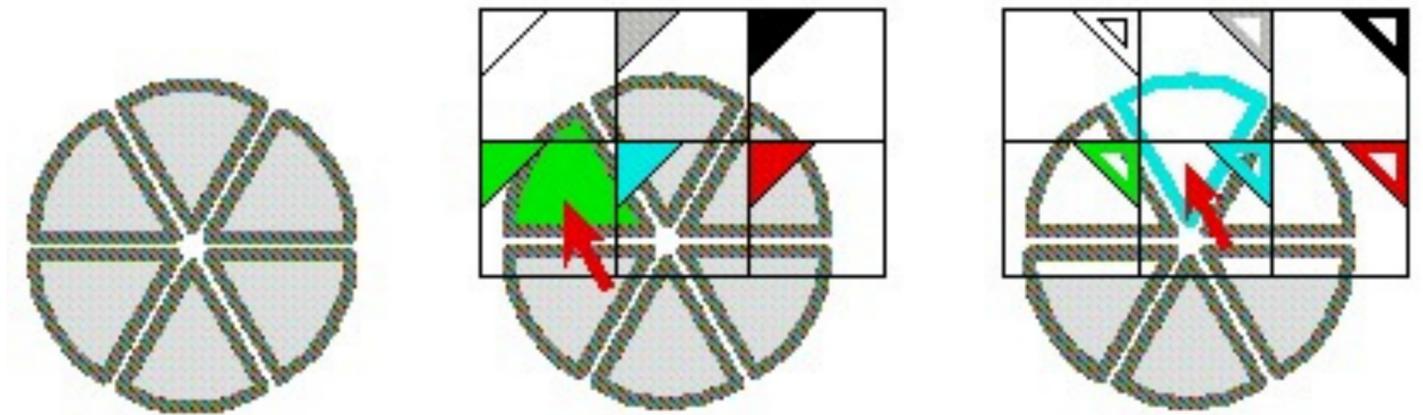
Zoom: 50

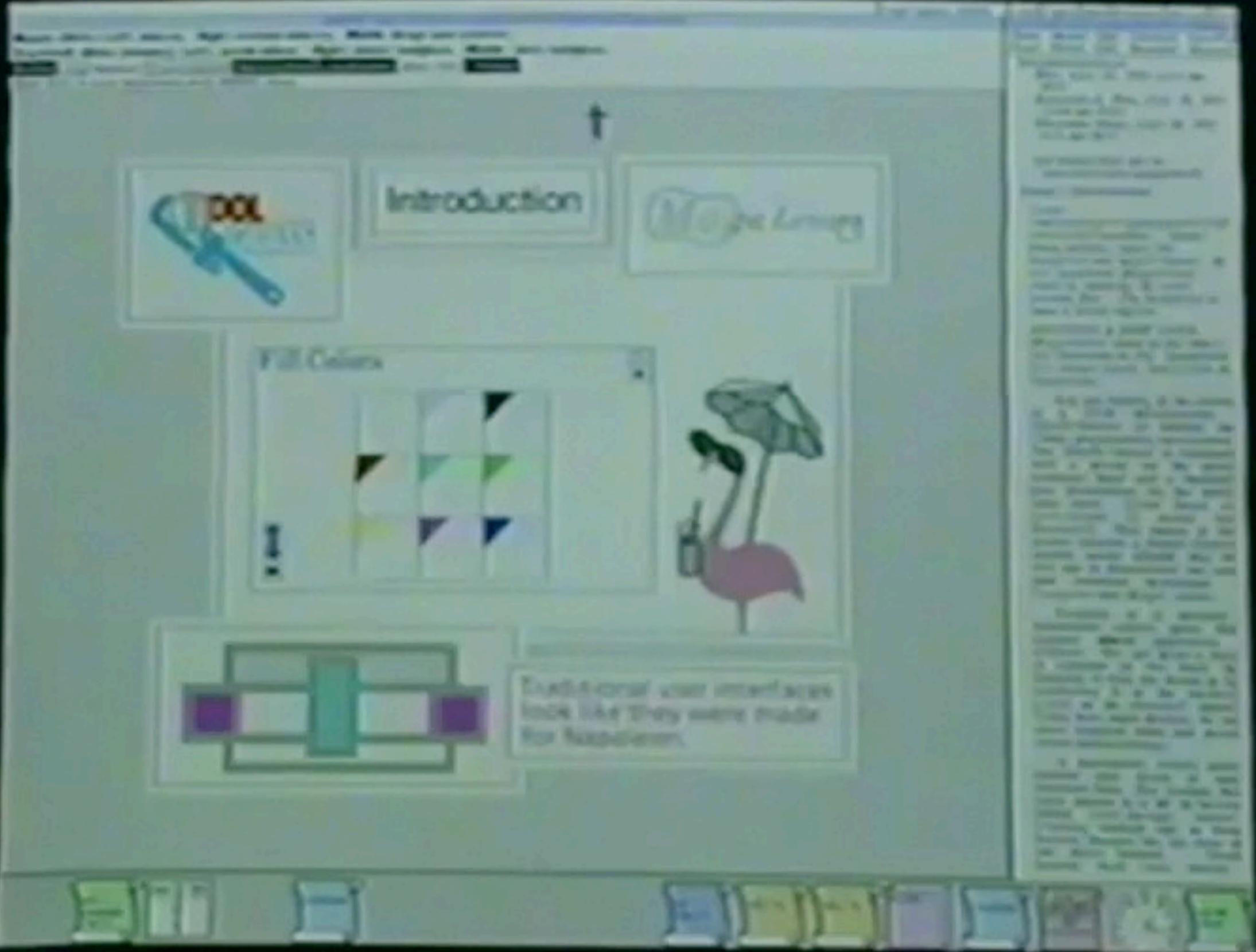
ToolGlasses and Magic Lenses

Interface bimanuelle :

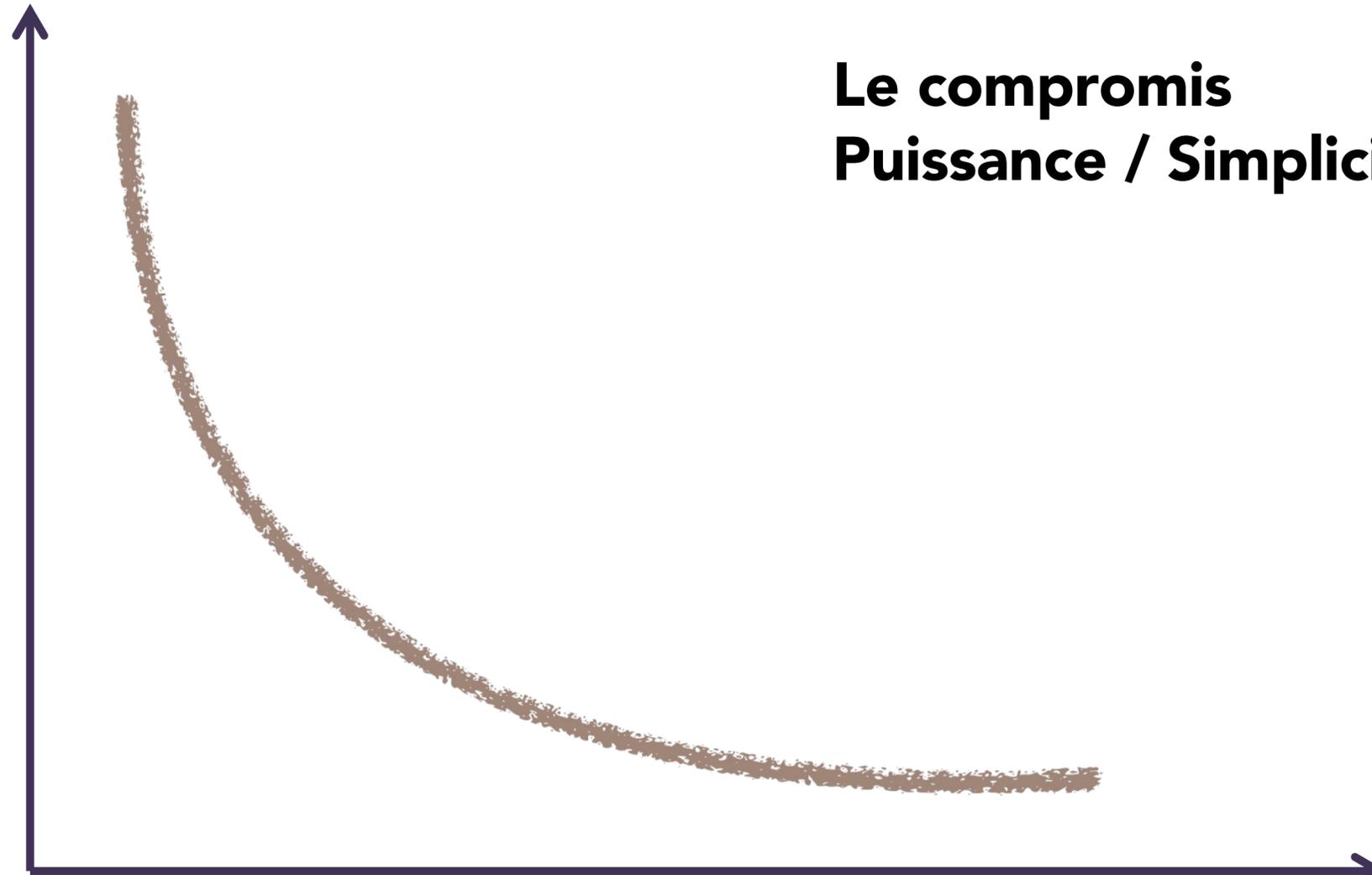
la main non-dominante déplace l'outil
la main dominante clique à travers
l'outil sur l'objet cible

40% plus rapide qu'une interface classique





Puissance
d'expression

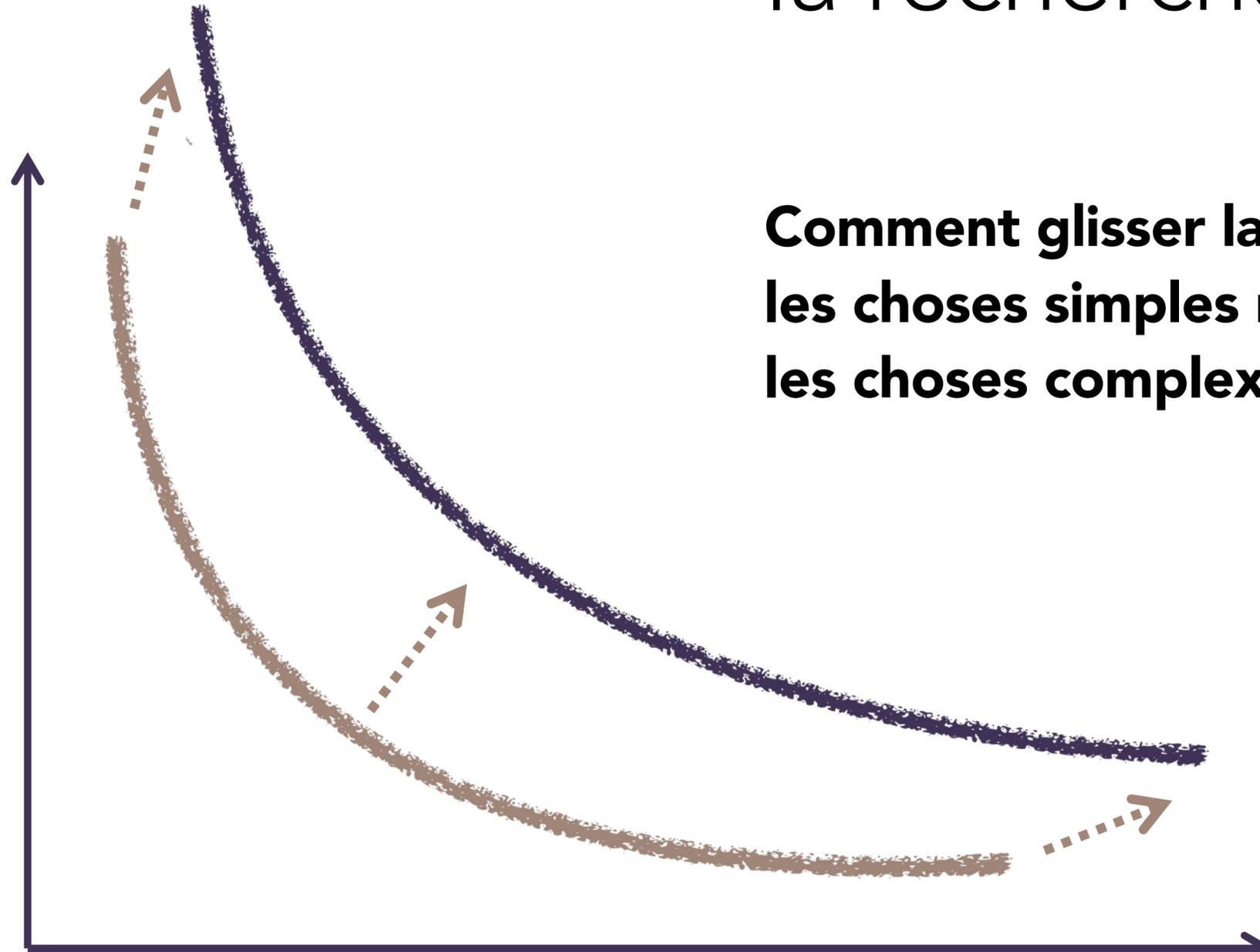


Le compromis
Puissance / Simplicité

Simplicité
d'exécution

Le défi pour la recherche

Puissance
d'expression



Comment glisser la courbe :
les choses simples restent simples
les choses complexes restent possibles

Simplicité
d'exécution

L'interaction humain-machine

La limitation
n'est pas la vitesse de calcul,
mais les capacités humaines



Michel Beaudouin-Lafon

Professeur, Université Paris-Saclay