

Ce document est réservé aux étudiants inscrits en 3^{ème} année de licence en Informatique à l'université Paris-Saclay. Toute copie ou diffusion est interdite sans l'autorisation de l'auteur.

Interfaces Interactives Avancées

Ouriel Grynszpan

Professeur, Université Paris-Saclay

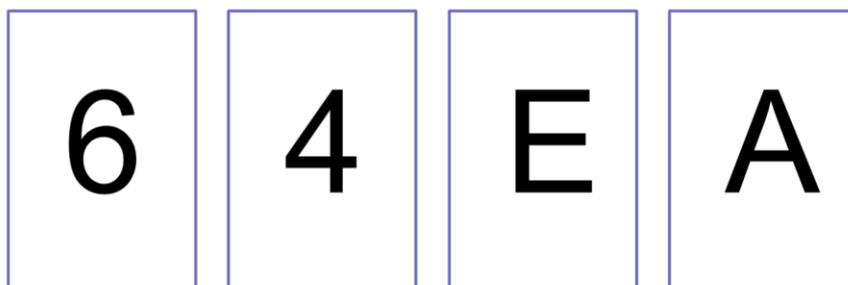
LISN www.lisn.upsaclay.fr

Communication humain machine

- Deux mondes dissemblables



Raisonnement humain



Cartes imprimées avec une lettre d'un côté (A ou E) et un chiffre de l'autre (6 ou 4).

Soit l'assertion: « Si une carte a 6 sur un côté, elle a E de l'autre côté ».
Quelle(s) carte(s) faut-il retourner pour vérifier cette assertion?

Sperber & Wilson, *Handbook of Pragmatics*, 2002

3

Pour illustrer la différence de raisonnement entre l'humain et la machine: Une expérience classique de psychologie consiste à présenter à des participants 4 cartes imprimées des deux côtés avec un 6 ou un 4 sur un côté et un E ou un A sur l'autre côté. On leur dit « Si une carte a 6 sur un côté, elle a E de l'autre côté ». On demande alors aux participants quelles cartes il faut retourner pour vérifier que cette assertion est vraie. La plupart des participants répondent la carte 6 ou les cartes 6 et E, alors que la bonne réponse (en logique) est 6 et A. En revanche, si on donne du contexte à cette assertion, en disant qu'elle vient d'un ingénieur qui a réparé une machine qui imprimait des cartes selon cette règle, mais qui parfois imprimait des cartes avec 6 d'un côté et A de l'autre à cause d'un bug, les participants répondent correctement.

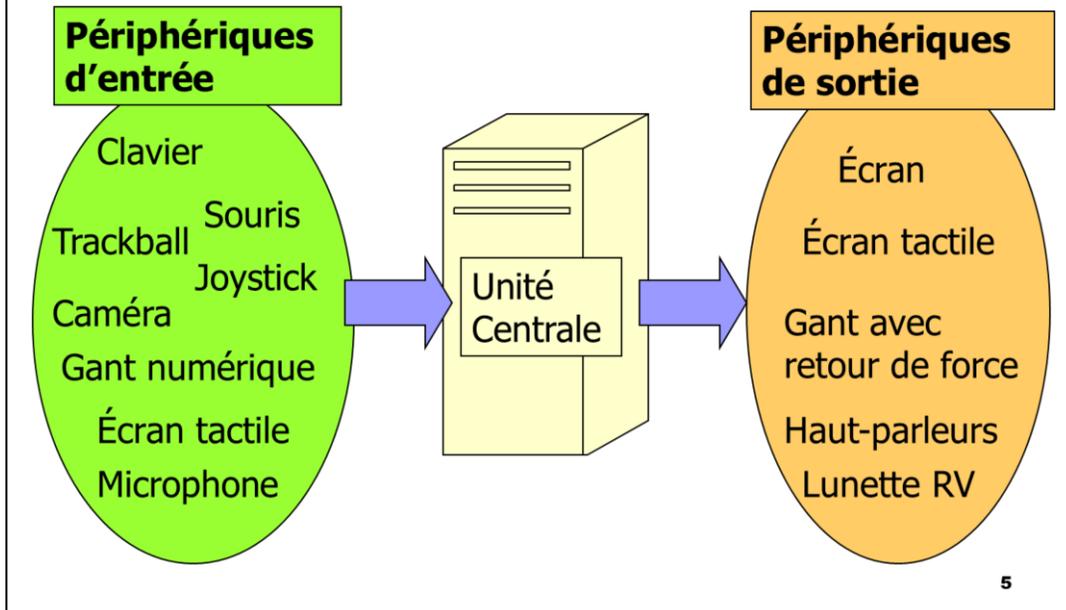
Interface Humain Machine

- L'humain :
 - Désirs, émotions, imagination
 - Langage naturel
 - Sémantique, pragmatique
- La machine :
 - État, transition
 - Entrée, sortie
- **Besoin d'une interface : IHM**

4

L'humain a des désirs, des émotions, des capacités à penser, à imaginer, ressentir. Il communique grâce à des langages naturels par la parole, les expressions faciales, la gestuelle. Un langage comme le français obéit à des lois diverses qui dépendent du sens donné au mot et du contexte du discours. La sémantique correspond à la science du langage qui s'intéresse au sens et la pragmatique à celle qui s'intéresse au contexte. Les notions de sens et de contexte sont totalement étrangères à la machine. Cette dernière se limite à des états électroniques, des inputs (entrées) et des outputs (sorties). Il est donc nécessaire de créer une interface entre l'humain et la machine pour permettre la communication entre les deux.

Périphériques d'entrée/sortie



On divise les périphériques d'interaction en deux grandes catégories selon qu'ils sont d'entrée ou de sortie. Les périphériques d'entrée correspondent aux dispositifs d'acquisition : clavier, souris, stylet, microphone. Les périphériques de sortie désignent les dispositifs de restitution : écran, haut-parleur, lunette de réalité virtuelle, écran 3D, diodes lumineuses (LEDs)... Certains périphériques peuvent être considérés à la fois comme d'entrée et de sortie.

Dispositifs de positionnement



6

Il existe deux grandes catégories de périphériques d'entrée. La 1^{ère} catégorie correspond à ceux qui sont employés pour positionner un curseur: Touches fléchées sur un clavier, Souris, Trackball, Joystick, Ecran tactile, Stylet et tablette graphique, Système de détection du regard. Dans un espace en 3 dimensions, comme la réalité virtuelle, il existe d'autres possibilités de périphériques de positionnement : cockpit et contrôles virtuels, souris 3D, dataglove, reconnaissance de geste par traitement d'images vidéos.

Dispositifs de saisie textuelle



7

La 2^{ème} catégorie correspond à ceux destinés à saisir du texte: Clavier, Système de reconnaissance d'écriture manuelle avec doigt ou stylet sur une tablette graphique, Système de reconnaissance de parole, Scanner et reconnaissance optique de caractères.

Multimédia

Sens	Périphériques d'entrée	Périphériques de sortie
Vue	Caméra, oculomètre	Écran, casque vidéo
Ouïe	Micro	Haut-parleur
Toucher	Écran tactile, capteur de température	Barrette braille, barre avec retour de force
Odorat	Nez électronique	Diffuseur

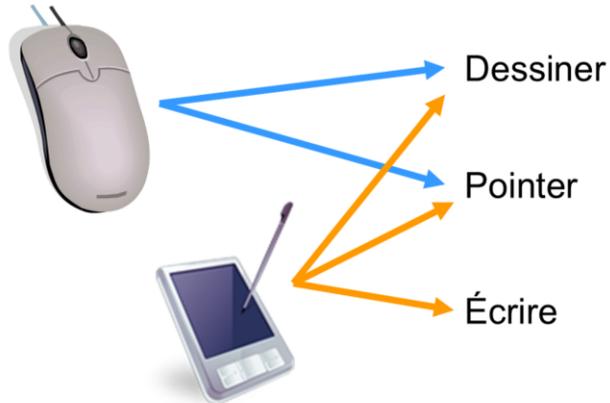
Multisensoriel

8

A chaque périphérique, on peut associer les registres sensoriels nécessaires à l'utilisateur pour les employer.

Modalité

- Manière dont est géré le flux d'information entre le périphérique et le système informatique. (Martin, 1995)



9

Nous définissons une modalité comme la manière dont est géré le flux d'information entre le périphérique et le système informatique. Par exemple, le stylet peut être employé selon plusieurs modalités : dessiner, écrire ou sélectionner des objets graphiques; une souris peut s'utiliser selon deux modalités différentes : elle peut servir à dessiner ou à pointer sur des objets.

Exemples de Modalités

Périphérique	Modalités
Écran	Texte, icône, image, vidéo, animation
Haut-parleur	Voix/son enregistrés, voix/son de synthèse
Caméra	Acquisition vidéo, reconnaissance de gestes
Microphone	Enregistrement audio, Reconnaissance vocale

10

Périphérique adapté à la modalité

■ Positionnement :

- Souris (Card et al., 1978) (Newman & Sproul, 1985)
- Light pen (Haller, 1984)

■ Saisie :

- Clavier (Newman & Sproul, 1985)

■ Dessin :

- Tablette (Newman & Sproul, 1985)

11

Des études ont été réalisées sur les différences de performances des utilisateurs en fonction du périphérique utilisé pour modalité d'interaction donnée.

Styles d'interfaces courants

- Ligne de commandes
- Menus successifs
- Formulaire & tableurs
- Langage naturel
- WIMP
- Objets instrumentés
- Interactions gestuelles
- Réalité virtuelle

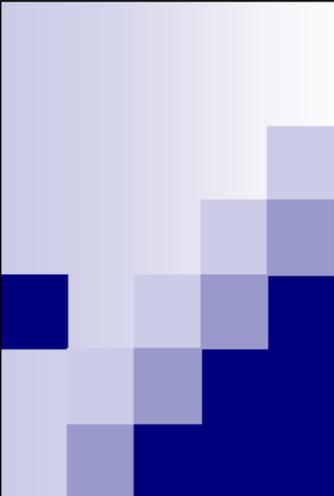
12

Les modalités combinées permettent de définir des interfaces humain-machines (IHM). Ils existent plusieurs types d'IHM.

Interaction naturelle



xtr3d©



Histoire des IHM

Préhistoire des ordinateurs

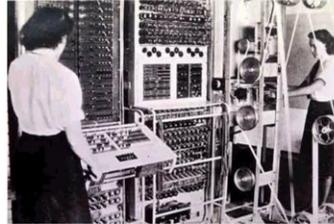
- 1623: Wilhelm Schickard
 - Machine à faire des additions/soustractions
- 1642: Blaise Pascal
 - + conversion en différentes monnaies
- 1673: Gottfried Wilhelm von Leibniz
 - + multiplications/divisions
- 1833: Charles Babbage & Ada Lovelace
 - Machine analytique

15

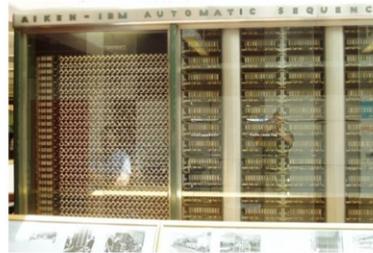
Wilhelm Schickard crée la première machine à faire des additions/soustractions en 1623. En 1642, Blaise Pascal crée une machine à faire des additions/soustractions et conversions des montants en différentes monnaies. En 1673, Leibniz crée une machine qui peut en plus faire des multiplications/divisions sur 12 chiffres. En 1833, Charles Babbage conçoit une machine analytique avec séparation des commandes et du mécanisme d'exécution. Cette machine comporte une unité d'entrée (cartes perforées), une unité de sortie (avec imprimante, traceur de courbe et cloche pour le son), une unité de commandes, une unité arithmétique et une unité de stockage.

Naissance de l'ordinateur

- 1943: Colossus par Tommy Flowers (R.U.)

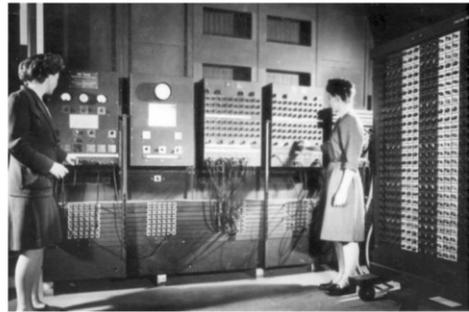
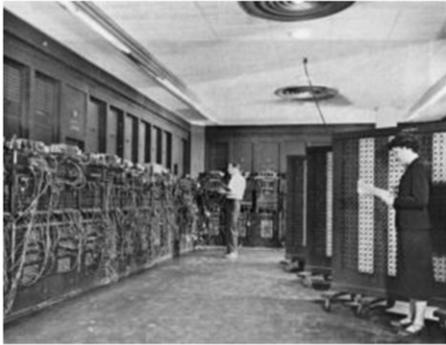


- 1944: Harvard Mark I par Howard H. Aiken (E.U.)



Premier ordinateur

- 1946: ENIAC



30 tonnes, 160m²

Premières évolutions

- 1951-1959: 1^{ère} génération d'ordinateur
 - Tubes à vide
- 1960-1964: 2^{ème} génération
 - Transistors, langages évolués (FORTRAN, COBOL), système de gestion des entrées/sorties
- 1965→: 3^{ème} génération
 - Circuits intégrés, disques magnétiques, système d'exploitation

18

Au début, l'ordinateur est utilisé à des fins principalement scientifiques et militaires. A la fin des années 1950, il remplace les machines mécanographiques pour les applications de gestions dans les grandes entreprises et les administrations d'Etat. L'informatique s'étend ensuite aux systèmes de contrôle des industries de process (pétro-chimie, cimenteries, centrales électriques) ainsi qu'aux grandes entreprises de services (banques, assurances). A partir de la fin des années 1970, l'informatique se diffuse dans tous les secteurs d'activité.

Affichage graphique



Systemes radar

- Simulation graphique de données
- Temps réel

19

Dans les années 50-60, l'armée américaine commande de nouveaux systèmes radars pour se préparer à une éventuelle attaque nucléaire. Ces systèmes sont supposés permettre à l'être humain de traiter un nombre important de données de manière immédiate. L'écran s'impose comme un périphérique de sortie performant.

Le clavier

- Teleprinter (TTY) : machine à écrire électro-mécanique.



Modèle 33 ASR, 1961

20

Pour faciliter la composition des cartes perforées, on va utiliser des teleprinters (abréviation tty) inspirés des machines à écrire. C'est l'ancêtre du clavier. Le terme tty est encore utilisé dans des systèmes de gestion comme UNIX pour désigner les ports des entrées pour la console ou les ports séries. C'est d'ailleurs une commande UNIX qui permet de connaître le terminal correspondant à l'entrée standard.

Naissance de l'IHM

- Années 1970 : apparition des terminaux vidéos

DEC VT100

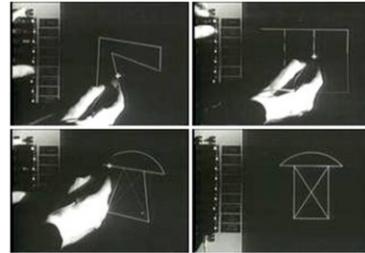


21

Les premières IHM: écran+clavier

Périphérique de positionnement

- En 1962, Ivan Sutherland invente le stylet



22

Le premier programme de design graphique de Sutherland s'appelle Sketchpad. Vers la fin des années 60, il fonctionne en temps réel. La première tablette graphique est créée par Tom Ellis en 1964. Elle reconnaît les lettres tracées avec un stylet.

La souris

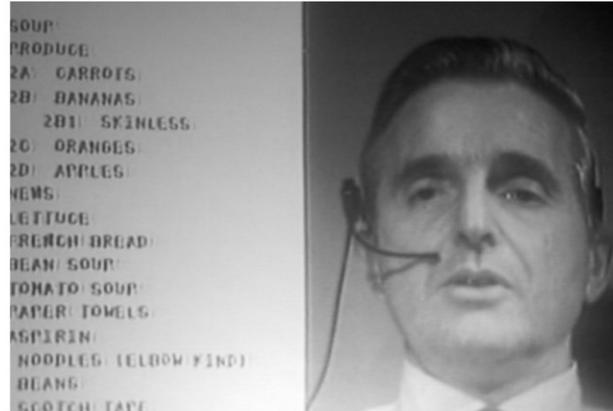
- 1967: Douglas Engelbart dépose le brevet de la « souris d'ordinateur »



Première souris d'ordinateur

Édition collaborative en ligne

- 1968: Douglas Engelbart fait la démonstration de NLS (oN-Line System)



24

En 1968, Engelbart montre au public son système NLS (oN-Line System). C'est un système hypertexte couplé à de la vidéoconférence pour le travail collaboratif. Les utilisateurs peuvent se servir de télépointeurs pour montrer des objets à l'écran.

Invention du tableur

1979: VisiCalc de Dan Bricklin & Bob Frankston

A	B	C	D
PAYEE	CHECK	DEPOSIT	BALANCE
SEARS	14 22		
UISA	50 78		
JOES MKT	20 11		
GAS CO.	19 84	250.94	

25

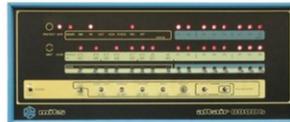
Il permet de recalculer instantanément les valeurs de l'ensemble du tableau lorsque l'on change le contenu d'une cellule. Le concept n'a pas changé.

Premiers micro-ordinateurs

- 1971: premiers micro-processeurs
- 1972: Micral N par R2E



- 1974: Altair 8800 par MITS



26

Ces premiers micro-ordinateurs étaient manipulables par des interrupteurs et les résultats étaient affichés avec des diodes.

Précurseur des PC

- 1973 : Xerox Alto

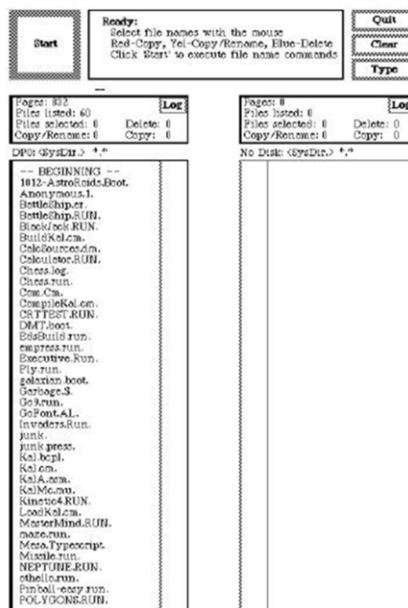


27

Le Xerox Alto est développé par le Xerox Palo Alto Research Center (PARC). Il était déjà muni d'une souris. Il sert de base à de nombreuses applications: édition de texte et de dessins (images ou formes graphiques), courrier électronique, outils bureautiques. A noter que dès 1975, Xerox avait déjà inventé l'imprimante laser et le réseau local Ethernet. Il n'est pas vraiment commercialisé: il fut utilisé en interne chez Xerox et dans quelques universités.

Interface du Xerox Alto

- Affichage noir et blanc
- Composants graphiques:
 - Boutons
 - Listes



Apple I & II

- 1976: création d'Apple
- 1977: West Coast Computer Faire
- Créateurs:
 - Steve Jobs
 - Steve Wozniak
 - Ronald Wayne
- Succès commercial
- Apple DOS & BASIC



Apple I (1976)



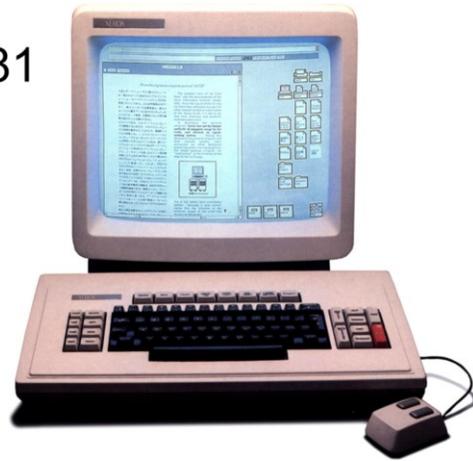
Apple II (1977)

29

L'arrivée d'Apple... Le système de gestion était l'Apple DOS. Le langage de programmation BASIC était inscrit dans la ROM. Wozniak était employé chez Hewlett-Packard qu'il quitte en 1976. L'Apple I valait \$666.66 et consistait essentiellement en une carte mère. Il n'avait ni boîtier, ni clavier, ni écran, ni même d'alimentation. L'Apple II est inauguré en 1977 au West Coast Computer Fair. Ronald Wayne quitte l'aventure dès 1977 et vend ses parts pour \$800.

Xerox Star

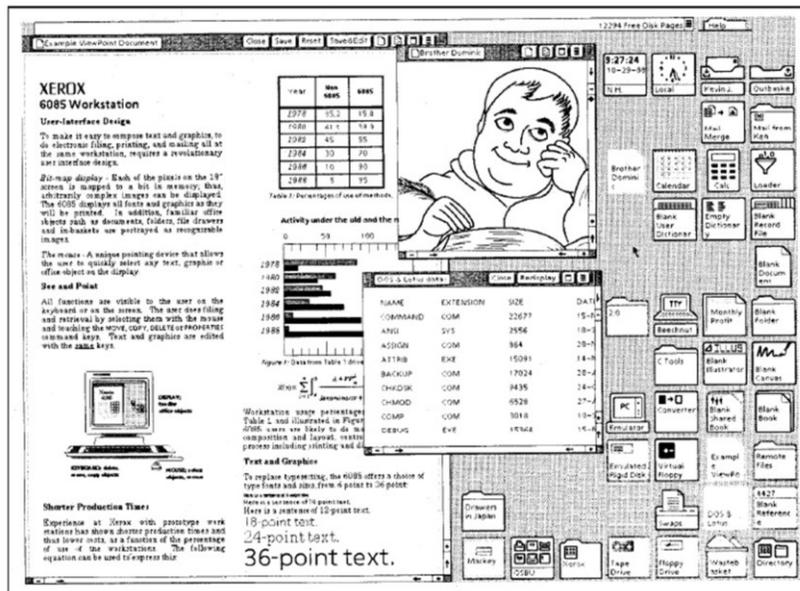
- Commercialisé en 1981
- Innovations:
 - Souris
 - Fenêtre
 - Menus
 - Icônes
 - Ethernet
 - E-mail
 - ...



30

Suite au succès d'Apple, Xerox tente de commercialiser un de ses micro-ordinateurs. C'est un échec commercial mais une avancée majeure en IHM.

Interface graphique du Xerox Star



31

WIMP, polices de taille variables...

Interfaces WIMP

- Windows
- Icons
- Menus
- Pointers

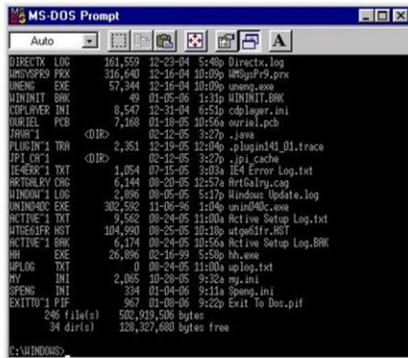
32

Le centre de recherche de Xerox à Palo Alto, le PARC, invente les concepts des interfaces WIMP qui formeront la base des interfaces depuis les années 1980. Elles sont constituées d'éléments appelés « widgets », comme les fenêtres, les icônes, le curseur qui peut prendre différentes formes selon le mode courant, les menus, les boutons y compris les boutons radios et les cases à cocher, les barres d'outils, les palettes qui sont des collections d'icônes servant à indiquer les modes ou options actuellement sélectionnés, les boîtes de dialogue représentées par des fenêtres simples dont le but consiste à attirer l'attention sur un point particulier.

WIMP = Révolution en IHM

AVANT

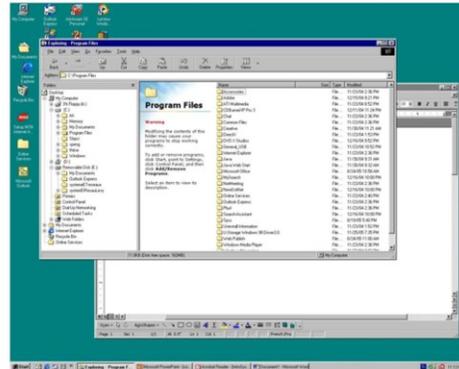
Mode commande
ex: MS-DOS



```
MS-DOS Prompt
Auto
DIRCTX LOG 161,559 12-23-04 5:46p Directx.log
HNSGPRF PRX 316,648 12-16-04 10:00p HNSGPRF.prx
UNENG EXE 57,344 12-16-04 10:00p uneng.exe
WININIT BRK 49 01-05-00 1:31p WININIT.BRK
CPLAYER INI 8,547 12-31-04 6:51p cplayer.ini
RUIEL PCB 7,168 01-18-05 10:56a ourui.pcb
IRAW 1 <DIR> 02-12-05 3:27p .jav
PLUGIN 1 TRR 2,351 12-19-05 12:04p .plugin41_01.trace
JPI CR 1 <DIR> 02-12-05 3:27p .jpi_cache
TE4ERR 1 TXT 1,054 02-15-05 3:03a TE4 Error Log.txt
ARTSBLV CAG 6,144 09-20-05 12:57a ArtSblrv.cag
WINDOW 1 LOG 2,896 09-05-05 5:17p Window Update.log
WININDOC EXE 302,592 11-06-99 1:04p winindoc.exe
ACTIVE 1 TXT 9,506 09-24-05 11:00a Active Setup Log.txt
UTREGIFR RST 104,990 09-25-05 10:18p utregiffr.rst
ACTIVE 1 BRK 6,174 09-24-05 10:56a Active Setup Log.BRK
RR EXE 26,896 02-16-99 5:50p Hrr.exe
UPLOG TXT 0 09-24-05 11:00a uplog.txt
MY INI 2,005 10-29-05 9:32a mj.ini
SPENG INI 334 01-04-06 9:11a Speng.ini
EXITTU 1 PIF 367 01-09-06 9:22p Exit To Dos.pif
966 file(s) 592,919,508 bytes free
34 dir(s) 128,327,688 bytes free
C:\WINDOWS
```

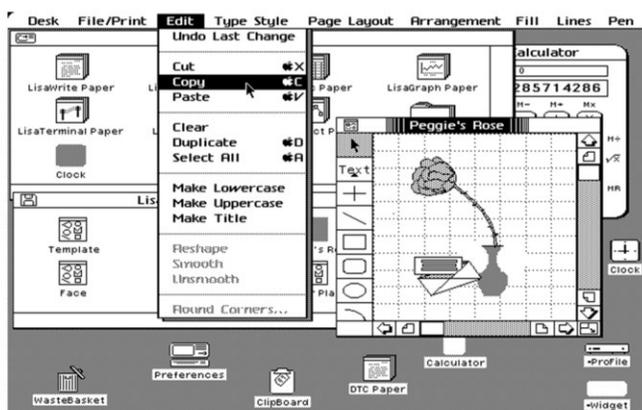
APRÈS

Mode multifenêtre
ex: Windows



Apple Lisa

- Inspiré de Xerox



34

Suite à une visite au PARC (Palo Alto Research Center) de Xerox, l'équipe de Apple s'inspire du modèle WIMP pour créer son propre système de gestion. La première tentative, l'Apple Lisa, est un échec commercial. Lisa utilisait les concepts d'interfaces graphiques, souris et programmation orientée-objet.

Apple Macintosh

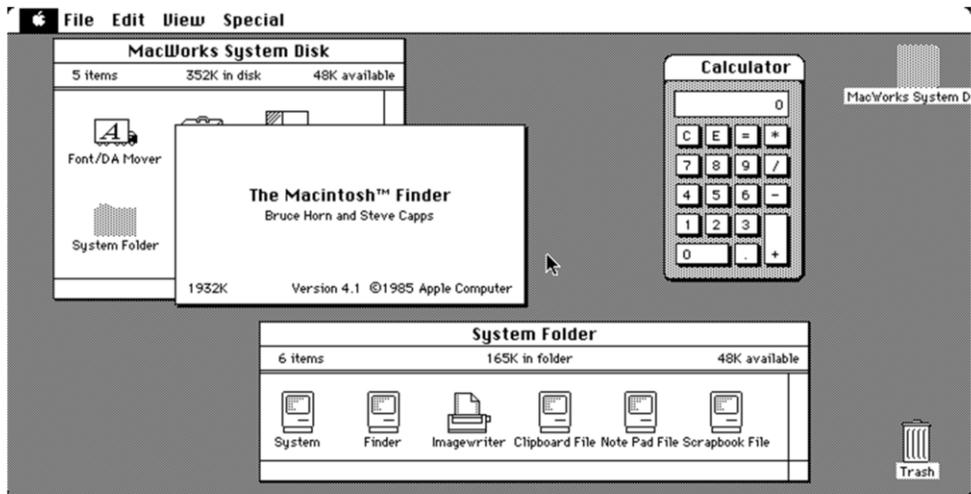
- Apparition en 1984
- Moins cher que Lisa
- Moins de bugs
- Succès commercial et nouveau standard



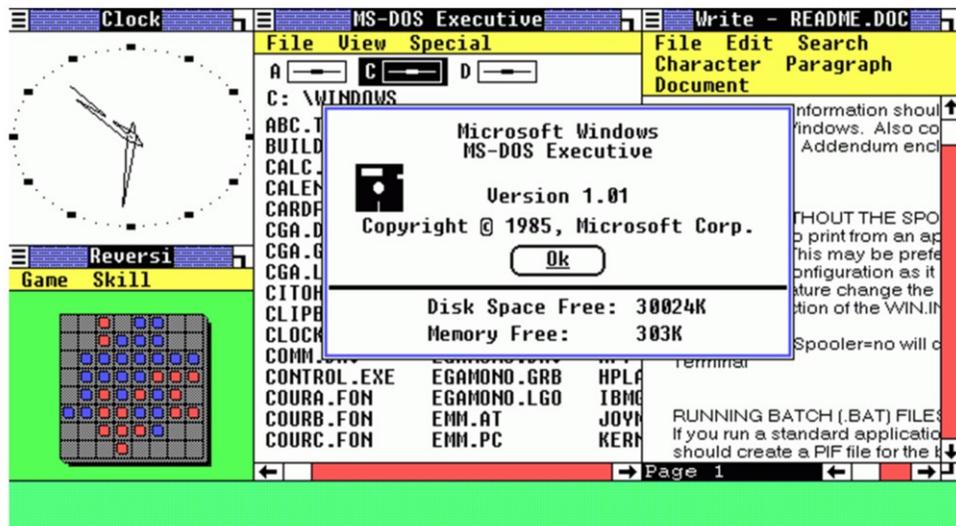
35

La deuxième tentative réussit : le Macintosh est un succès commercial. L'IHM du Macintosh est dérivée du Lisa. Le Macintosh est largement inspiré du Star, mais avec des différences conceptuelles propres à Apple.

Interface du Macintosh

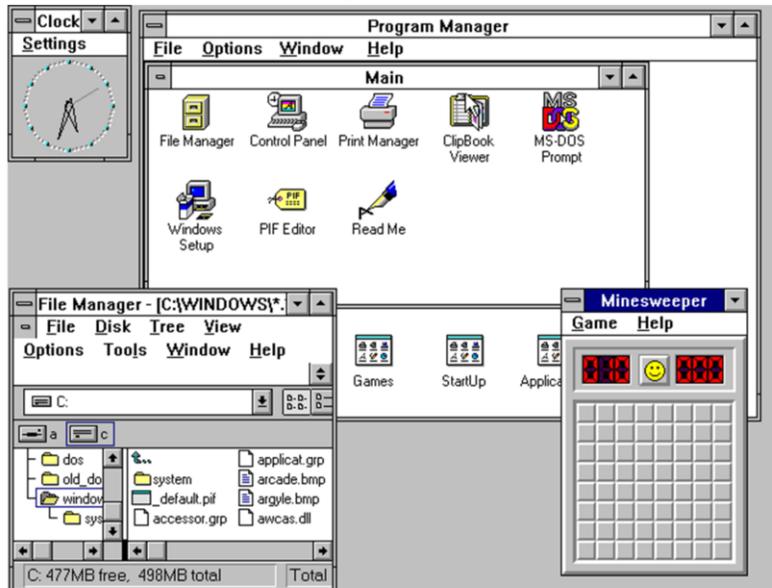


Windows 1.0 (1985)



Microsoft tente de combler son retard et s'inspire des avancées du Macintosh. L'entreprise développe son propre système de multifenêtrage. La première version sort en 1985. Les fenêtres ne pouvaient pas se chevaucher les unes sur les autres.

Windows 3.0 (1990)



38

Ce n'est qu'à partir de 1990 que l'ensemble des composants du WIMP sont utilisés sous Windows.

Du nouveau avec du vieux



Windows Vista



Windows 7



MAC OS X



KDE Linux

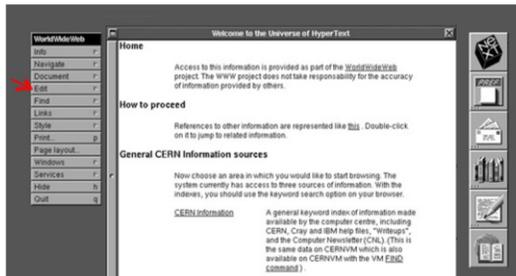


Gnome Linux

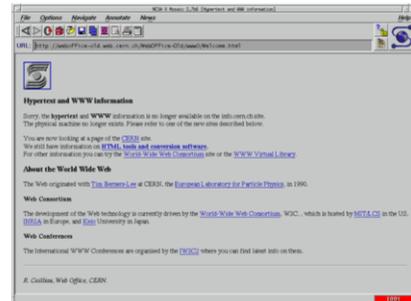
On observe depuis une certaine stabilité des concepts d'interface graphique dans les systèmes de gestion, qu'ils soient Windows, Mac, Linux ou autres.

Navigateur Internet

1990: Tim Berners-Lee crée Nexus,
invente HTML & HTTP



Mosaic, 1993



40

En 1980, Tim Berners-Lee crée au CERN, le centre européen de recherche nucléaire installé sur la frontière franco-suisse, un système hypertexte qui sera le précurseur du Web. En 1989, il propose au CERN un projet de système hypertexte en réseau. En 1990, il crée Nexus, un prototype de navigateur et éditeur de pages web. Un an plus tard, il conceptualise le World Wide Web. Il invente le langage HTML et le protocole HTTP de communication entre navigateur et serveur web. Mais ses prototypes sont développés sur une machine peu répandue qui retarde son déploiement. En 1993, Mosaic, premier navigateur web à connaître un succès planétaire, est créé à l'université de l'Illinois à Urbana-Champaign.

Tablettes Graphiques



IPad (Apple)



Ardoise Microsoft



ASUS



ACER

Les supports matériels changent avec l'arrivée des tablettes graphiques. On reprend les GUI (graphic User Interfaces) des PCs classiques. La souris est remplacée par un stylet ou le doigt; le clavier peut être soit détachable, soit virtuel. Microsoft a travaillé sur des normes pour tablette dès 2001.

Graphisme 3D immersif

- Popularisé par les jeux vidéos



Wolfenstein 3D, id Software, 1992



DOOM, id Software, 1993

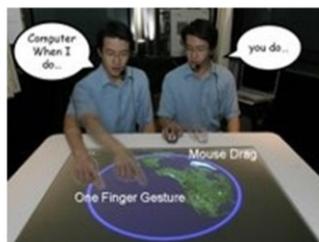
- Nouveau style de navigation
- Modélisation physique de l'environnement:
 - Textures des surfaces
 - Luminosité

42

Dans les années 1990, les mondes virtuels immersifs font leur apparition. C'est un nouveau mode de navigation: le curseur contrôle la ligne de mire.

Interactions multimodales

- Intégrer plusieurs modalités (geste, parole, expressions faciales ...)
- Recherche en reconnaissances des gestes/parole/expressions faciales

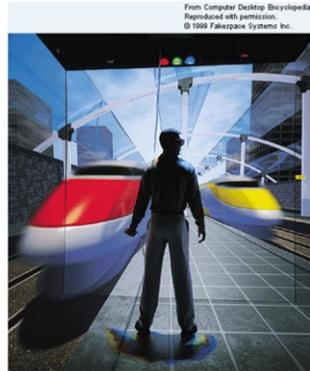


University of Calgary (Canada), Mitsubishi Research Lab (Cambridge, USA) 43

Depuis lors, les chercheurs et ingénieurs n'ont de cesse d'essayer d'inventer de nouvelles interactions humain-machines qui soient les plus naturelles possibles pour l'utilisateur.

Réalité virtuelle

■ Interactions inspirées du réel



44

Une des directions de recherche concerne la réalité virtuelle. Dans les années 2000, on développe des CAVE (**C**omputer **A**utomatic **V**irtual **E**nvironment). Il s'agit de pièces dont les murs sont des écrans ou des panneaux sur lesquels on projette des images. Des lunettes permettent de suivre l'emplacement de l'utilisateur et de filtrer les images reçues afin de donner une impression de 3D.

Agent Conversationnel Animé

- **Définition** : Agents virtuels possédant des propriétés similaires aux êtres humains en conversation face à face (Cassell et al, 2000)



Microsoft Merlin®



Lilly & Stephan©
Cantoche 2009



GRETA
(Mancini & Pelachaud, 2007)

45

Une des voies de recherche s'appuie sur les agents conversationnels animés ou encore Embodied Conversational Agent (ECA), terme anglais fournissant une meilleure représentation du concept. Ces derniers sont des incarnations virtuelles de personnages capables d'interactions sociales s'inspirant des modalités communicatives propres à l'être humains comme la parole, la gestuelle et les expressions faciales. Les ACA sont conçus de manière à produire l'illusion d'une conversation en face à face. Pour maintenir cette illusion, la concordance des signaux socio-émotionnelles sur les diverses modalités communicatives est essentielle et constitue une problématique de recherche à part entière.

Robots humanoïdes

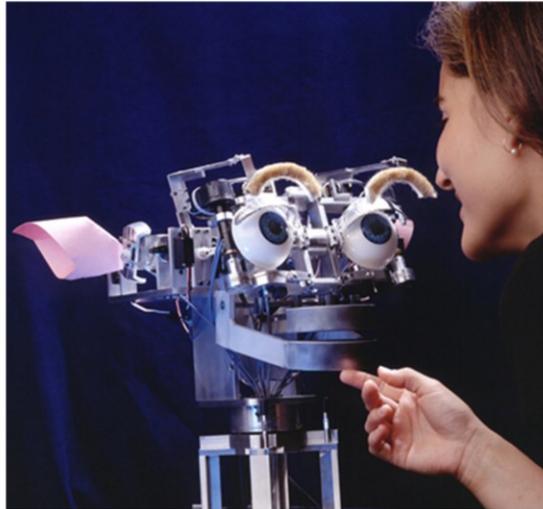


Repliee Q1Expo,
Pr. Hiroshi Ishiguro, Osaka University



Nao, société Aldebaran

Interaction social humain robot



Kismet MIT Artificial Intelligence Lab

Natural User Interfaces (NUA)



Minority Report
(Spielberg, 2002)



xtr3d©

Une autre direction de recherche consiste à développer des « interfaces naturelles », c'est-à-dire qui s'inspirent de modes naturels d'interaction de l'être humain.

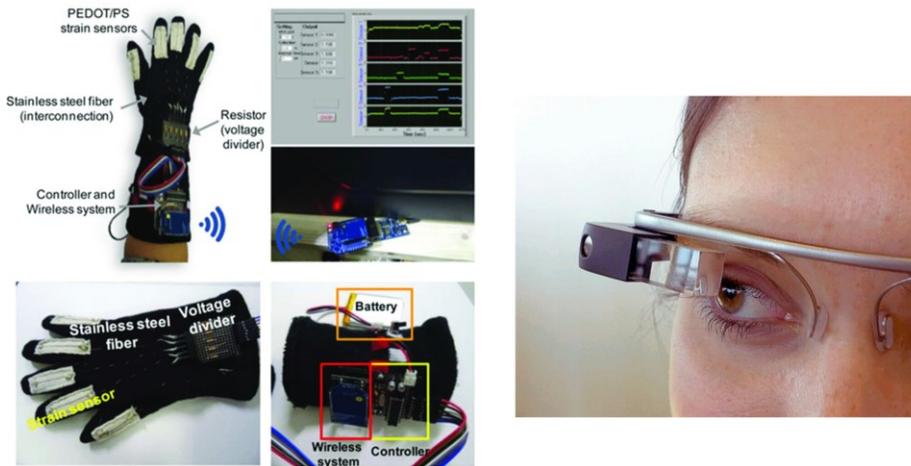
Tangible User Interfaces (TUI)



49

On développe également des interfaces dites “tangibles”. Par exemple, des objets du quotidien vont devenir les périphériques d’entrée/sortie.

Wearable User Interfaces



50

De plus en plus, les interfaces sont portées, e.g. vêtements, lunettes...