



Histoire de l'informatique

Chapitre 2 Histoire des machines



Pablo Rauzy <pr@up8.edu>
pablo.rauzy.name/teaching/hi

Histoire des machines

- ▶ Les premiers ordinateurs datent de la seconde Guerre mondiale.
- ▶ Ils sont les héritiers de machines qui apparaissent quelques siècles plus tôt :
 - les machines à calculer d'un côté,
 - les premières machines programmables de l'autre.

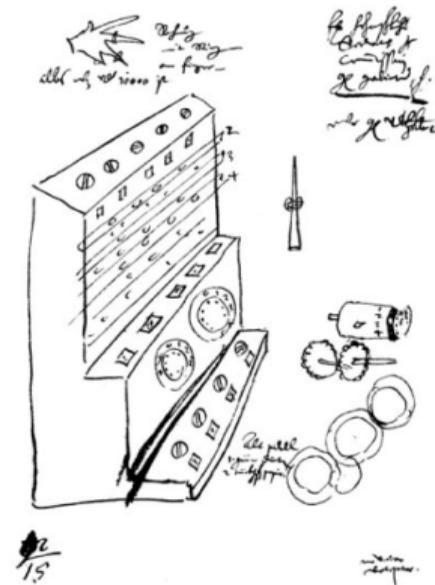
- ▶ Pendant plus de 3 siècles à partir de son invention en 1642, on a attribué l'invention de la première machine à calculer à Blaise Pascal, avec sa *pascaline*.



Blaise Pascal

Les premières machines à calculer

- ▶ Pendant plus de 3 siècles à partir de son invention en 1642, on a attribué l'invention de la première machine à calculer à Blaise Pascal, avec sa *pascaline*.
- ▶ En 1957, Franz Hammer, un biographe de Kepler, annonce que deux lettres inconnues, écrites par Wilhelm Schickard à son ami Johannes Kepler, venaient d'être retrouvées.
Dans ces lettres, datées de 1623, Schickard présente une *horloge à calculer*.



Dessin d'une des deux lettres

- ▶ Pendant plus de 3 siècles à partir de son invention en 1642, on a attribué l'invention de la première machine à calculer à Blaise Pascal, avec sa *pascaline*.
- ▶ En 1957, Franz Hammer, un biographe de Kepler, annonce que deux lettres inconnues, écrites par Wilhelm Schickard à son ami Johannes Kepler, venaient d'être retrouvées.
Dans ces lettres, datées de 1623, Schickard présente une *horloge à calculer*.
- ▶ En fait, tout porte à croire que non seulement cette machine ne fut jamais construite à l'époque, mais qu'en plus elle n'aurait pas fonctionné.



Pascaline

La Pascaline

- ▶ Blaise Pascal invente sa *machine arithmétique* en 1642, il a alors 19 ans.
- ▶ Son but est de faciliter le travail de son père, surintendant de la Haute-Normandie.
- ▶ Elle permettait d'additionner et soustraire.
- ▶ Les multiplications et divisions se font par répétition.
- ▶ Pascal construit une cinquantaine de modèles différents avant la version définitive.
- ▶ Le nom change progressivement vers *roue pascaline* puis *pascaline*.

La seule machine à calculer au 17ème siècle

- ▶ Il y eut plusieurs autres tentatives de production de machine à calculer au cours du 17ème siècle, mais aucune ne fut fructueuse.

La seule machine à calculer au 17ème siècle

- ▶ Il y eut plusieurs autres tentatives de production de machine à calculer au cours du 17ème siècle, mais aucune ne fut fructueuse.
- ▶ Leibniz en a construit une capable de faire des multiplications directement en 1694, mais elle souffre d'un problème de retenue.
On l'a retrouvé après 250 ans d'abandon dans les greniers de l'université de Göttingen.

La seule machine à calculer au 17ème siècle

- ▶ Il y eut plusieurs autres tentatives de production de machine à calculer au cours du 17ème siècle, mais aucune ne fut fructueuse.
- ▶ Leibniz en a construit une capable de faire des multiplications directement en 1694, mais elle souffre d'un problème de retenue.
On l'a retrouvé après 250 ans d'abandon dans les greniers de l'université de Göttingen.
- ▶ Les autres tentatives furent notamment celles d'horlogers.

La seule machine à calculer au 17ème siècle

- ▶ Il y eut plusieurs autres tentatives de production de machine à calculer au cours du 17ème siècle, mais aucune ne fut fructueuse.
- ▶ Leibniz en a construit une capable de faire des multiplications directement en 1694, mais elle souffre d'un problème de retenue.
On l'a retrouvé après 250 ans d'abandon dans les greniers de l'université de Göttingen.
- ▶ Les autres tentatives furent notamment celles d'horlogers.
- ▶ Certains prototypes ne comptent pas car ils ne gèrent pas les retenues par exemple.

La seule machine à calculer au 17ème siècle

- ▶ Il y eut plusieurs autres tentatives de production de machine à calculer au cours du 17ème siècle, mais aucune ne fut fructueuse.
- ▶ Leibniz en a construit une capable de faire des multiplications directement en 1694, mais elle souffre d'un problème de retenue.
On l'a retrouvé après 250 ans d'abandon dans les greniers de l'université de Göttingen.
- ▶ Les autres tentatives furent notamment celles d'horlogers.
- ▶ Certains prototypes ne comptent pas car ils ne gèrent pas les retenues par exemple.
- ▶ Pascal fut donc le premier et le seul à avoir une machine à calculer opérationnelle au 17ème siècle.

La seule machine à calculer au 17ème siècle

- ▶ Il y eut plusieurs autres tentatives de production de machine à calculer au cours du 17ème siècle, mais aucune ne fut fructueuse.
- ▶ Leibniz en a construit une capable de faire des multiplications directement en 1694, mais elle souffre d'un problème de retenue.
On l'a retrouvé après 250 ans d'abandon dans les greniers de l'université de Göttingen.
- ▶ Les autres tentatives furent notamment celles d'horlogers.
- ▶ Certains prototypes ne comptent pas car ils ne gèrent pas les retenues par exemple.
- ▶ Pascal fut donc le premier et le seul à avoir une machine à calculer opérationnelle au 17ème siècle.
- ▶ La seconde machine opérationnelle fut l'horloge à calculer de l'italien Giovanni Poleni construite en 1709.

Échec commercial

- ▶ La pascaline est un échec commercial.
- ▶ Principalement à cause de son prix élevé qui était de 100 à 400 livres.
- ▶ Pascal a essayé de construire un modèle plus simple et moins cher.
- ▶ Suite à un accident, il a arrêté les sciences pour se consacrer à la philosophie et la religion.
- ▶ Une autre explication possible de l'échec commercial est que les gens n'ont vraiment pas l'habitude d'utiliser des machines à cette époque.

Accomplissements

- En plus d'être la première machine à calculer, la pascaline est aussi :
- la première machine à calculer à posséder un reporteur qui permettait la progression effective des retenues en cascade ;
 - la première machine à calculer utilisée dans un bureau ;
 - la première machine à calculer commercialisée (même si seulement 20 exemplaires) ;
 - la première machine brevetée (privilege royal de 1649) ;
 - la seule décrite dans l'Encyclopédie de Diderot & d'Alembert (1751) ;
 - la première machine à calculer utilisant d'autres bases que la base 10 :
 - modèle scientifique intégralement en base 10,
 - modèle comptable : deniers en base 12, sols en base 20, livres en base 10 puis le reste en base 10,
 - modèle géomètre : lignes en base 12, pouces en base 12, pieds en base 6, toises en base 10, puis le reste en base 10.



- ▶ Leibniz est le premier à réaliser la simplicité du système de numération binaire.
- ▶ Le système a pourtant plusieurs milliers d'années (multiplication égyptienne).
- ▶ Thomas Fantet de Lagny, un contemporain de Leibniz, remarqua qu'en arithmétique binaire les multiplications et divisions s'exécutent par de simples additions et soustractions.
- ▶ « Tout se passe comme si les nombres étaient leurs propres logarithmes ».
- ▶ Néanmoins, jusqu'en 1945, la plupart de la dizaine de machines construites furent basées sur le système décimal, pourtant plus difficile à implémenter.

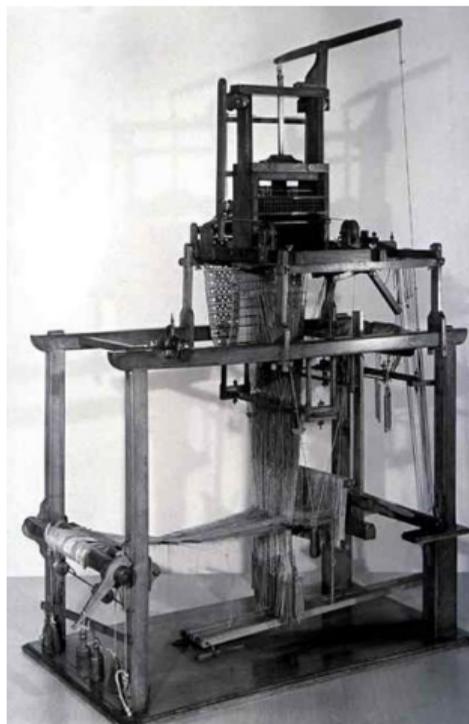
- ▶ La caractéristique principale d'un ordinateur est d'être *programmable*.
- ▶ On considère donc les premières machines programmables comme faisant parti de leurs ancêtres.
- ▶ La première machine programmable est un métier à tisser.

Le métier Jacquard

- ▶ Joseph Marie Jacquard a eu l'idée de réunir plusieurs inventions :
 - les aiguilles de Basile Bouchon,
 - les cartes perforées de Jean-Baptiste Falcon, et
 - le cylindre de Vaucanson.
- ▶ Ce qui lui a permis de produire le premier métier à tisser semi-automatisé et programmable.
- ▶ Grâce à lui, il est possible pour un seul ouvrier de manipuler le métier à tisser, au lieu de plusieurs auparavant.
- ▶ À Lyon, le métier Jacquard fut mal reçu par les ouvriers de la soie (les *Canuts*) qui voyaient en lui une cause possible de chômage.
 - À l'origine, Jacquard veut limiter le travail des enfants, qui étaient souvent employés comme aides par leurs parents tisseurs. Mais il regretta toute sa vie les conséquences sociales de cette innovation : les enfants durent trouver du travail ailleurs dans des usines où les conditions étaient plus difficiles.

Encore utilisé

- ▶ Le métier Jacquard est encore utilisé de nos jours, même si il a été entièrement automatisé et beaucoup amélioré.



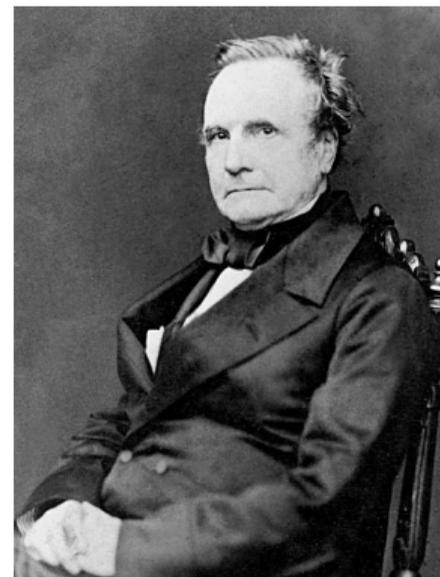
18ème siècle



actuel

La machine différentielle

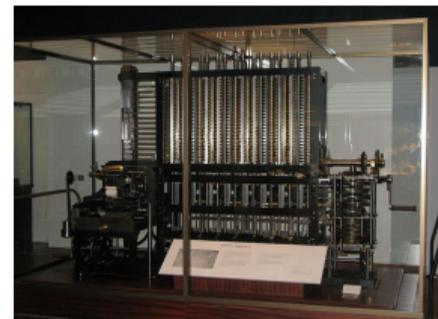
- ▶ La difficulté dans la production de table sans erreurs par des calculateurs humains incite Babbage à automatiser le processus.
- ▶ Dès 1812, il caresse l'idée de construire une machine dans ce but.



Charles Babbage

La machine différentielle

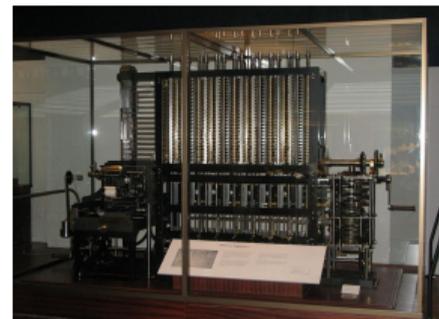
- ▶ La difficulté dans la production de table sans erreurs par des calculateurs humains incite Babbage à automatiser le processus.
- ▶ Dès 1812, il caresse l'idée de construire une machine dans ce but.
- ▶ La *machine différentielle* est un calculateur mécanique qui sert à classer des polynômes.
- ▶ Le nom vient de la méthode des “différences divisées”, un moyen d'interpoler ou de classer des fonctions en utilisant un petit nombre de coefficients polynomiaux.



Machine différentielle

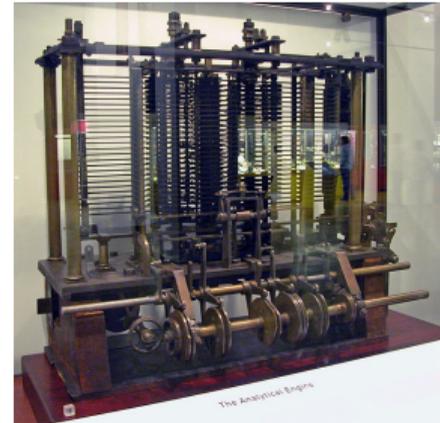
La machine différentielle

- ▶ La difficulté dans la production de table sans erreurs par des calculateurs humains incite Babbage à automatiser le processus.
- ▶ Dès 1812, il caresse l'idée de construire une machine dans ce but.
- ▶ La *machine différentielle* est un calculateur mécanique qui sert à classifier des polynômes.
- ▶ Le nom vient de la méthode des “différences divisées”, un moyen d'interpoler ou de classifier des fonctions en utilisant un petit nombre de coefficients polynomiaux.
- ▶ Cependant, la machine différentielle ne fut jamais terminée...
- ▶ Entre autre parce que Babbage n'arrête pas de changer/améliorer la conception de son projet.



Machine différentielle

- ▶ En 1834, pendant la conception de sa machine différentielle, Babbage a l'idée d'y incorporer des cartes du métier Jacquard, dont la lecture séquentielle donnerait des instructions et des données à sa machine.
- ▶ Il entame alors la construction de sa *machine analytique*.
- ▶ Malheureusement, Babbage fut incapable, malgré ses efforts, de terminer sa machine : les techniques de l'époque (roues dentées, leviers, tambours) étaient insuffisantes.



Machine analytique

La seconde machine différentielle

- ▶ Pendant l'élaboration de sa machine analytique, Babbage se rendit compte qu'il pouvait simplifier les plans de sa machine différentielle.
- ▶ Entre 1847 et 1849, il dessina les plans de la *machine différentielle numéro 2*.
- ▶ Ce nouveau modèle nécessite trois fois moins de pièce que le premier, pour une puissance de calcul équivalente.
- ▶ Babbage n'a jamais essayé de la construire.



Machine différentielle
numéro 2

La seconde machine différentielle

- ▶ Pendant l'élaboration de sa machine analytique, Babbage se rendit compte qu'il pouvait simplifier les plans de sa machine différentielle.
- ▶ Entre 1847 et 1849, il dessina les plans de la *machine différentielle numéro 2*.
- ▶ Ce nouveau modèle nécessite trois fois moins de pièce que le premier, pour une puissance de calcul équivalente.
- ▶ Babbage n'a jamais essayé de la construire.
- ▶ En 1985, le musée des sciences de Londres entreprit de construire un exemplaire de la machine, pour célébrer le 200ème anniversaire de Babbage en 1991.
- ▶ Le module de calcul fut terminé à temps en 1991, et c'est finalement en 2002 que la machine fut totalement achevée.
- ▶ Construite en respectant scrupuleusement les plans originaux, elle est composée de 8 000 pièces, pèse 5 tonnes, mesure 3 mètres de large, 2 mètres de haut et 45 cm de profondeur.



Machine différentielle
numéro 2

- ▶ Babbage avait une collaboratrice, Ada Lovelace.
- ▶ En 1842, paraît en français une description de la machine analytique de Babbage réalisée par le mathématicien italien Federico Luigi.
- ▶ Charles Wheatstone propose à Ada Lovelace, qui a un bon niveau de français, de traduire ce mémoire pour le journal *Scientific Memoirs*.
- ▶ Elle travaille 9 mois sur cette traduction.
- ▶ Babbage lui-même n'intervient que très peu, étant malade pendant cette même période, et la traduction lui est présentée au début de l'année 1843 comme un fait accompli.



Ada Lovelace

- ▶ Babbage avait une collaboratrice, Ada Lovelace.
- ▶ En 1842, paraît en français une description de la machine analytique de Babbage réalisée par le mathématicien italien Federico Luigi.
- ▶ Charles Wheatstone propose à Ada Lovelace, qui a un bon niveau de français, de traduire ce mémoire pour le journal *Scientific Memoirs*.
- ▶ Elle travaille 9 mois sur cette traduction.
- ▶ Babbage lui-même n'intervient que très peu, étant malade pendant cette même période, et la traduction lui est présentée au début de l'année 1843 comme un fait accompli.
- ▶ Il demande à Ada pourquoi elle n'a pas fait elle-même un mémoire présentant la machine analytique, ce à quoi elle répond que l'idée ne lui est pas venue à l'esprit.
- ▶ Babbage propose alors à Ada d'augmenter la traduction avec des notes et commentaires, idée immédiatement adoptée avec enthousiasme par Ada.



Ada Lovelace

Le premier programme

- ▶ Les notes de Lovelace sont rédigées en collaboration avec Babbage.
- ▶ En tout 7 notes sont écrites, numérotées de A à G, représentant près de trois fois le volume de texte de l'article original.
- ▶ La note G mentionne un véritable algorithme très détaillé pour calculer les nombres de Bernoulli avec la machine.
- ▶ Ce programme est souvent considéré comme le premier véritable programme informatique au monde.
- ▶ En effet, les algorithmes décrits jusque-là n'étaient pas écrits avec un formalisme, un langage, destinés à être exécuté sur une machine.

Program for the Analytical Engine. By the Duchess of No. 4211. (page 177 of 180)

Notes	Machines	Notes
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18	18	18
19	19	19
20	20	20
21	21	21
22	22	22
23	23	23
24	24	24
25	25	25
26	26	26
27	27	27
28	28	28
29	29	29
30	30	30
31	31	31
32	32	32
33	33	33
34	34	34
35	35	35
36	36	36
37	37	37
38	38	38
39	39	39
40	40	40
41	41	41
42	42	42
43	43	43
44	44	44
45	45	45
46	46	46
47	47	47
48	48	48
49	49	49
50	50	50
51	51	51
52	52	52
53	53	53
54	54	54
55	55	55
56	56	56
57	57	57
58	58	58
59	59	59
60	60	60
61	61	61
62	62	62
63	63	63
64	64	64
65	65	65
66	66	66
67	67	67
68	68	68
69	69	69
70	70	70
71	71	71
72	72	72
73	73	73
74	74	74
75	75	75
76	76	76
77	77	77
78	78	78
79	79	79
80	80	80
81	81	81
82	82	82
83	83	83
84	84	84
85	85	85
86	86	86
87	87	87
88	88	88
89	89	89
90	90	90
91	91	91
92	92	92
93	93	93
94	94	94
95	95	95
96	96	96
97	97	97
98	98	98
99	99	99
100	100	100

« Programme » de calcul des nombres de Bernoulli dans la note G d'Ada Lovelace

Bataille pour l'attribution

- ▶ On ne sait pas exactement dans quelle mesure Ada Lovelace a programmé elle-même cet algorithme.

Bataille pour l'attribution

- ▶ On ne sait pas exactement dans quelle mesure Ada Lovelace a programmé elle-même cet algorithme.
- ▶ Bruce Collier juge que « *Cela ne serait qu'une légère exagération de dire que les notes du mémoire ont été écrites par Babbage, et que – pour des raisons qui lui sont propres – il a entretenu l'idée dans l'esprit d'Ada Lovelace, et dans l'esprit du public, que ces notes étaient d'elle* ».

Bataille pour l'attribution

- ▶ On ne sait pas exactement dans quelle mesure Ada Lovelace a programmé elle-même cet algorithme.
- ▶ Bruce Collier juge que « *Cela ne serait qu'une légère exagération de dire que les notes du mémoire ont été écrites par Babbage, et que – pour des raisons qui lui sont propres – il a entretenu l'idée dans l'esprit d'Ada Lovelace, et dans l'esprit du public, que ces notes étaient d'elle* ».
- ▶ Mais selon Stephen Wolfram on n'a jamais retrouvé, dans les documents et publications de Babbage, des algorithmes aussi complexes et aussi propres que le programme de calcul des nombres de Bernoulli.

Bataille pour l'attribution

- ▶ On ne sait pas exactement dans quelle mesure Ada Lovelace a programmé elle-même cet algorithme.
- ▶ Bruce Collier juge que « *Cela ne serait qu'une légère exagération de dire que les notes du mémoire ont été écrites par Babbage, et que – pour des raisons qui lui sont propres – il a entretenu l'idée dans l'esprit d'Ada Lovelace, et dans l'esprit du public, que ces notes étaient d'elle* ».
- ▶ Mais selon Stephen Wolfram on n'a jamais retrouvé, dans les documents et publications de Babbage, des algorithmes aussi complexes et aussi propres que le programme de calcul des nombres de Bernoulli.
- ▶ Et selon Betty Toole, Ada était tout à fait en mesure de réaliser elle-même le programme, ayant montré une profonde compréhension de la machine dans sa traduction et ses notes, et des lettres entre Babbage et Ada semblent indiquer que le rôle de Babbage s'est effectivement limité à fournir les formules mathématiques.

Bataille pour l'attribution

- ▶ On ne sait pas exactement dans quelle mesure Ada Lovelace a programmé elle-même cet algorithme.
- ▶ Bruce Collier juge que « *Cela ne serait qu'une légère exagération de dire que les notes du mémoire ont été écrites par Babbage, et que – pour des raisons qui lui sont propres – il a entretenu l'idée dans l'esprit d'Ada Lovelace, et dans l'esprit du public, que ces notes étaient d'elle* ».
- ▶ Mais selon Stephen Wolfram on n'a jamais retrouvé, dans les documents et publications de Babbage, des algorithmes aussi complexes et aussi propres que le programme de calcul des nombres de Bernoulli.
- ▶ Et selon Betty Toole, Ada était tout à fait en mesure de réaliser elle-même le programme, ayant montré une profonde compréhension de la machine dans sa traduction et ses notes, et des lettres entre Babbage et Ada semblent indiquer que le rôle de Babbage s'est effectivement limité à fournir les formules mathématiques.
- ▶ Ces éléments laissent penser que Ada Lovelace a conçu ce programme, avec la simple supervision bienveillante de Babbage.

Une visionnaire

- ▶ Dans d'autres notes, Ada Lovelace montre une perception des potentialités de la machine que Doron Swade considère comme « *visionnaire, même dans une perspective moderne* ».
- ▶ Babbage avait une vision de sa machine comme étant tournée vers le calcul numérique, à la limite algébrique.
- ▶ Lovelace décrit explicitement des possibilités allant au-delà d'un contexte mathématique, comme l'hypothèse que « *la machine pourrait composer de manière scientifique et élaborée des morceaux de musique de n'importe quelle longueur ou degré de complexité* ».
- ▶ De plus, elle pointe que les « diagrammes » ou « programmes » établis pour faire fonctionner la machine analytique constituent un capital immatériel mais réel de connaissances.

- ▶ En 1885, les calculateurs sont agrémentés de claviers qui facilitent l'entrée des données.
- ▶ Par la suite, l'électricité permet de motoriser les calculateurs mécaniques et de remplacer certains mécanismes, (comme les manivelles) par de l'électromécanique.

- ▶ Avant l'arrivée des ordinateurs proprement dit, qui commence avec la seconde Guerre mondiale, il se passe plusieurs évènements importants.

- ▶ Avant l'arrivée des ordinateurs proprement dit, qui commence avec la seconde Guerre mondiale, il se passe plusieurs évènements importants.
- ▶ Le recensement de la population de 1880 aux USA prend plus de 7 ans à analyser.
- ▶ Un appel d'offre pour un système d'analyse plus rapide fut lancé avant le recensement de 1890.
- ▶ C'est la solution d'Herman Hollerith qui est choisie car elle utilise des cartes perforées qui la rende 2 fois plus rapide que les autres.
- ▶ En 1896, Hollerith crée *the Tabulating Machine company* qui sera une des trois compagnies dont la fusion est à l'origine d'IBM.

- ▶ Avant l'arrivée des ordinateurs proprement dit, qui commence avec la seconde Guerre mondiale, il se passe plusieurs évènements importants.
- ▶ Le recensement de la population de 1880 aux USA prend plus de 7 ans à analyser.
- ▶ Un appel d'offre pour un système d'analyse plus rapide fut lancé avant le recensement de 1890.
- ▶ C'est la solution d'Herman Hollerith qui est choisie car elle utilise des cartes perforées qui la rende 2 fois plus rapide que les autres.
- ▶ En 1896, Hollerith crée *the Tabulating Machine company* qui sera une des trois compagnies dont la fusion est à l'origine d'IBM.
- ▶ Fredrik Rosing Bull dépose le 31 juillet 1919 un brevet pour une "trieuse-enregistreuse-additionneuse combinée à cartes perforées", qui donnera naissance à une gamme de matériel concurrente d'IBM.

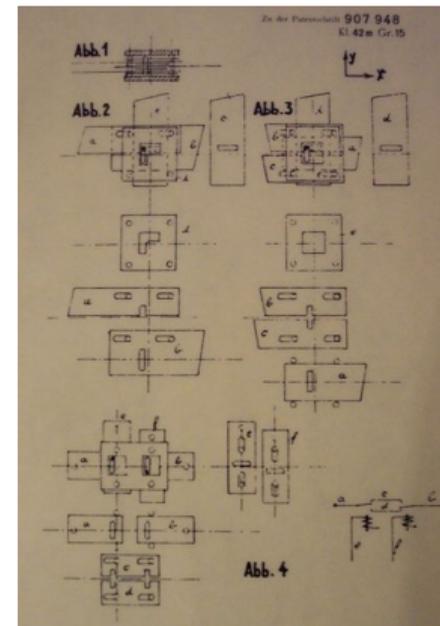
- ▶ Avant l'arrivée des ordinateurs proprement dit, qui commence avec la seconde Guerre mondiale, il se passe plusieurs évènements importants.
- ▶ Le recensement de la population de 1880 aux USA prend plus de 7 ans à analyser.
- ▶ Un appel d'offre pour un système d'analyse plus rapide fut lancé avant le recensement de 1890.
- ▶ C'est la solution d'Herman Hollerith qui est choisie car elle utilise des cartes perforées qui la rende 2 fois plus rapide que les autres.
- ▶ En 1896, Hollerith crée *the Tabulating Machine company* qui sera une des trois compagnies dont la fusion est à l'origine d'IBM.
- ▶ Fredrik Rosing Bull dépose le 31 juillet 1919 un brevet pour une "trieuse-enregistreuse-additionneuse combinée à cartes perforées", qui donnera naissance à une gamme de matériel concurrente d'IBM.
- ▶ En parallèle, l'électronique progresse depuis son apparition au début du 20ème siècle.

- ▶ Les progrès techniques et théoriques, couplés au moyens financiers mis en œuvre lors de la seconde guerre mondiale, permettent l'apparition des premiers ordinateurs.
- ▶ Les circuits électroniques, tubes à vide, condensateurs et relais remplacent leurs équivalents mécaniques et le calcul numérique remplace le calcul analogique.
- ▶ De nombreuses machines électromécaniques furent construites avec des capacités diverses. Elles n'eurent qu'un impact limité sur les constructions à venir.

Des calculateurs électroniques

- ▶ Avant d'avoir des ordinateurs "modernes", le développement des calculateurs programmables continue.

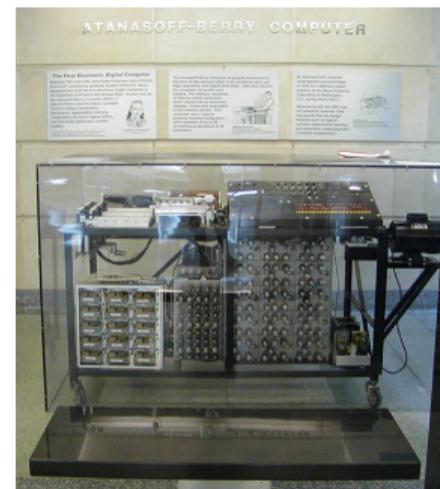
- ▶ En 1938, Konrad Zuse commence la construction des premières séries-Z.
- ▶ Zuse fut soutenu par la Wehrmacht qui utilisa ces systèmes pour des missiles guidés.
- ▶ Le Z1 (ou Versuchsmodell), ne fonctionna jamais vraiment correctement, mais donna à son inventeur l'expérience nécessaire pour développer d'autres modèles, désormais avec l'appui de l'industrie et de l'armée.
- ▶ Les séries-Z furent les précurseurs de nombreuses avancées technologiques telles que l'arithmétique binaire et les nombres en virgule flottante.



Dessin sur le brevet du Z1

Atanasoff-Berry Computer

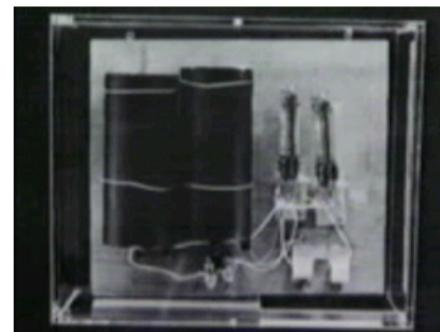
- ▶ En 1938, John Vincent Atanasoff et Clifford E. Berry, de l'université de l'État de l'Iowa, développèrent l'ordinateur Atanasoff-Berry.
- ▶ Il fut reconnu après un procès comme le premier ordinateur numérique électronique (ce que prétendait être l'ENIAC).
- ▶ Cette machine a été la première à implémenter trois concepts fondamentaux :
 - utilisation du binaire pour représenter tous les nombres et les données ;
 - calculs réalisés par l'électronique plutôt que des éléments mécaniques ;
 - une organisation séparée entre la mémoire et l'unité de calcul.
- ▶ Cependant, il n'est pas réellement programmable.



Atanasoff-Berry Computer

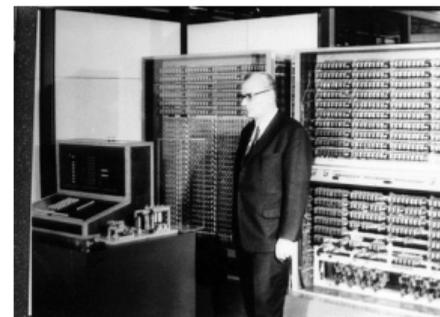
Bell Labs Model 1 Complex Calculator

- ▶ En 1939, George Stibitz et Samuel Williams achèvent le Model 1.
- ▶ C'est un calculateur à base de relais téléphoniques.
- ▶ Ce n'est pas vraiment un ordinateur électronique, ni un calculateur programmable, mais c'est la première machine utilisable à distance, via le réseau téléphonique.



Model 1

- ▶ En 1941, Konrad Zuse construit le Z3 basé sur 2 600 relais de téléphone.
- ▶ Il lisait les programmes sur bandes magnétiques et fonctionnait parfaitement.
- ▶ Cela en fait le premier ordinateur programmable fonctionnel.
- ▶ Il utilisait l'arithmétique binaire et les nombres à virgule flottante.
- ▶ Le Z3 pouvait enregistrer 64 nombres de 22 bits, avait une fréquence de 5,33 Hz et réalisait quatre additions par seconde ou 15 multiplications par minute.
- ▶ A posteriori, il a été déterminé qu'il était *Turing-complet*, bien que rien n'indique qu'il ait été conçu pour cela.



Zuse 3

Harvard Mark I

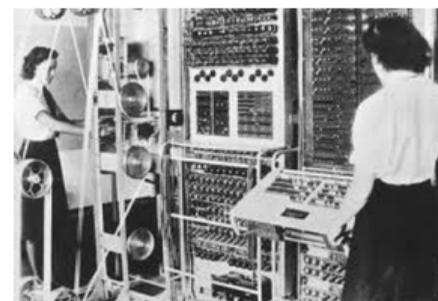
- ▶ En 1944, le Harvard Mark I est mis au point par Howard Aiken chez IBM.
- ▶ Il pèse cinq tonnes et occupe une place de 37m².
- ▶ Il est composé de plusieurs calculateurs qui travaillent en parallèle et réalise trois opérations sur 23 chiffres par seconde.



Bande perforée du Mark I

Colossus

- ▶ Pendant la Seconde Guerre mondiale, le Royaume-Uni fit de grands efforts à Bletchley Park pour déchiffrer les codes des communications militaires allemands.
- ▶ Le professeur Max Newman et ses collègues développèrent Colossus.
- ▶ Colossus était la première machine totalement électronique, elle utilisait uniquement des tubes à vide et non des relais.
- ▶ Elle était composée de 2 000 tubes à vide et lisait des rubans perforés à la vitesse de 5 000 caractères par seconde.
- ▶ Colossus implémentait les branchements conditionnels.
- ▶ Il n'était pas Turing-complet.
- ▶ À la fin de la guerre, du fait de leur importance stratégique, la plupart des exemplaires furent détruits, le reste continuant à servir dans le plus grand secret.



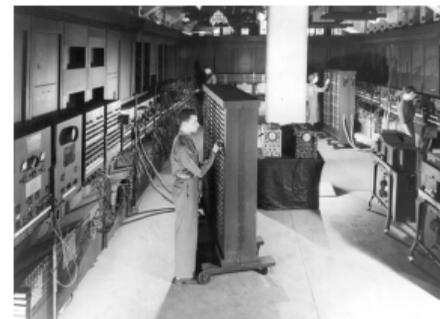
Colossus

Des ordinateurs

- ▶ Arrivent enfin les premiers ordinateurs...

ENIAC

- ▶ En 1945, Presper Eckert et John William Mauchly achevèrent l'ENIAC.
- ▶ C'est un gros calculateur entièrement électronique.
- ▶ L'ENIAC utilisait des tubes à vide (au nombre de 17 468) et faisait ses calculs en système décimal.
- ▶ Malgré la véhémence de ses détracteurs qui auguraient de sa fragilité (celles des tubes à vide), il était très fiable pour l'époque et pouvait calculer plusieurs heures entre deux pannes.
- ▶ La machine pesait plus de 30 tonnes, occupait 167m^2 et consommait une puissance de 160 kW.
- ▶ Elle tournait à 100 kHz, était composée de 20 calculateurs fonctionnant en parallèle et pouvait effectuer 100 000 additions ou 357 multiplications par seconde.



ENIAC

Architecture de von Neumann

- ▶ À partir de 1948 apparurent les premières machines à architecture de von Neumann.
- ▶ Contrairement à toutes les machines précédentes, les programmes étaient stockés dans la même mémoire que les données et pouvaient ainsi être manipulés comme des données.
- ▶ La première machine utilisant cette architecture était le Small-Scale Experimental Machine (SSEM) construit à l'université de Manchester la même année.
- ▶ Le SSEM fut suivi en 1949 par le Manchester Mark I qui inaugura un nouveau type de mémoire composée de tubes cathodiques.
- ▶ Parallèlement, l'université de Cambridge développa l'EDSAC, inspiré des plans de l'EDVAC, le successeur de l'ENIAC.
- ▶ Il utilisait un type de mémoire différent du Manchester Mark I, constitué de lignes à retard de mercure.
- ▶ L'EDSAC tournait à une vitesse d'horloge de 0,5 MHz.

Premiers ordinateurs commerciaux

- ▶ En février 1951, le premier modèle de Ferranti Mark I, version commerciale du Manchester Mark I et premier ordinateur commercial de l'histoire, est vendu. Il s'en vendra 9 jusqu'en 1957.
- ▶ Quatre mois plus tard, P. Eckert et J. Mauchly de Remington Rand commercialisèrent l'UNIVAC I (Universal Automatic Computer).
- ▶ Contrairement aux machines précédentes, il ne lisait pas des cartes perforées mais des cassettes métalliques.
- ▶ Il possédait 5 200 tubes à vide, avait une mémoire à lignes à retard de mercure de 1 000 mots de 72 bits et consommait 125 kW.
- ▶ Il exécutait 8 333 additions ou 555 multiplications par seconde.
- ▶ 46 exemplaires furent vendus au total, à plus d'un million de dollars l'unité.

Fin de la première génération

- ▶ Par la suite, IBM notamment, mais aussi la Société d'électronique et d'automatisme, produisent des ordinateurs de plus en plus puissant.
- ▶ L'un des plus gros succès est l'IBM 650, un ordinateur scientifique réalisé à partir de tubes à vide.
- ▶ Il se présentait en 2 modules de 2,5m³, l'un de 900 kg contenant l'ordinateur, l'autre de 1350 kg contenant son alimentation électrique.
- ▶ Il coûtait \$ 500 000 ou pouvait être loué \$ 3 500 par mois.
- ▶ Environ 2 000 unités furent produites jusqu'en 1962.

- ▶ La deuxième génération d'ordinateurs est basée sur l'invention du transistor en 1947.
- ▶ Cela permet de remplacer le fragile et encombrant tube électronique par un composant plus petit et plus fiable.
- ▶ Cette génération d'ordinateurs a dominé l'informatique dans la fin des années 1950 et le début des années 1960.

- ▶ La deuxième génération d'ordinateurs est basée sur l'invention du transistor en 1947.
- ▶ Cela permet de remplacer le fragile et encombrant tube électronique par un composant plus petit et plus fiable.
- ▶ Cette génération d'ordinateurs a dominé l'informatique dans la fin des années 1950 et le début des années 1960.
- ▶ On note tout de même que cette notion de génération est assez commerciale : elle ne tient compte que des technologies de l'unité logique, et non des mémoires, de l'architecture, ou de la programmation.

Le microcode

- ▶ En 1955, Maurice Wilkes inventa la microprogrammation, désormais universellement utilisée dans la conception des processeurs.
- ▶ Le jeu d'instructions du processeur est défini par ce type de programmation.

Premier disque dur

- ▶ En 1956, IBM sortit le premier système à base de disque dur, le RAMAC 305.
- ▶ Il pouvait enregistrer cinq mégaoctets de données et coûtait \$ 10 000 par mégaoctet.

Premier ordinateur multitâche

- ▶ En 1958, la Compagnie des Machines Bull (France) annonce Le Gamma 60.
- ▶ Premier ordinateur multitâche dans le monde et l'un des premiers à comporter plusieurs processeurs.
- ▶ Il a cependant beaucoup de défaut de conception (c'est une machine expérimentale).

Les premiers succès commerciaux

- ▶ En 1959, IBM lança l'IBM 1401, qui utilisait des cartes perforées.
- ▶ Il fut le premier ordinateur vendu à plus de 10 000 exemplaires.

Les premiers succès commerciaux

- ▶ En 1959, IBM lança l'IBM 1401, qui utilisait des cartes perforées.
- ▶ Il fut le premier ordinateur vendu à plus de 10 000 exemplaires.
- ▶ En 1960, Digital Equipment Corporation (DEC) lança le PDP-1 (Programmed Data Processor).
- ▶ Le PDP-1 était le premier ordinateur interactif et a lancé le concept de *mini-ordinateur*.
- ▶ Vendu pour seulement \$ 120 000 environ, il était l'un des premiers ordinateurs accessibles sur le simple budget d'un (gros) service sans remonter à la direction générale.

- ▶ La troisième génération d'ordinateurs est celle des ordinateurs à circuit intégré.
- ▶ C'est celle qui a vu l'utilisation de l'informatique exploser.
- ▶ Le circuit intégré a été inventé par Jack St. Clair Kilby en 1958.
- ▶ Mais les ordinateurs l'utilisant ne sont apparus qu'en 1963.
- ▶ L'un de leurs premiers usages a été dans les systèmes embarqués, notamment par la NASA dans l'ordinateur de guidage d'Apollo.
- ▶ Le circuit intégré autorisa aussi le développement d'ordinateurs plus compacts que l'on appela les mini-ordinateurs.

Les premiers ordinateurs à circuits intégrés

- ▶ En 1964, IBM annonça la série 360, première gamme d'ordinateurs compatibles entre eux et première gamme aussi à couvrir l'ensemble des domaines d'applications commerciales et scientifiques.

Les premiers ordinateurs à circuits intégrés

- ▶ En 1964, IBM annonça la série 360, première gamme d'ordinateurs compatibles entre eux et première gamme aussi à couvrir l'ensemble des domaines d'applications commerciales et scientifiques.
- ▶ En 1965, DEC a lancé le PDP-8, machine bien moins encombrante destinée aux laboratoires et à la recherche.
- ▶ Il pouvait effectuer 100 000 opérations par seconde.
- ▶ Le PDP-8 se taillera rapidement une place de choix dans les laboratoires, aidé par son langage FOCAL facile à maîtriser.

Les premiers ordinateurs à circuits intégrés

- ▶ En 1964, IBM annonça la série 360, première gamme d'ordinateurs compatibles entre eux et première gamme aussi à couvrir l'ensemble des domaines d'applications commerciales et scientifiques.
- ▶ En 1965, DEC a lancé le PDP-8, machine bien moins encombrante destinée aux laboratoires et à la recherche.
- ▶ Il pouvait effectuer 100 000 opérations par seconde.
- ▶ Le PDP-8 se taillera rapidement une place de choix dans les laboratoires, aidé par son langage FOCAL facile à maîtriser.
- ▶ En 1966, Hewlett-Packard entre dans le domaine des mini-ordinateurs "universels" avec son HP-2116.
- ▶ Celui-ci supportait de nombreux langages, dont l'Algol et le Fortran, et le BASIC y sera adjoint plus tard.

- ▶ Les mini-ordinateurs sont une catégorie d'ordinateurs de milieu de gamme, intermédiaires entre les ordinateurs centraux (mainframe) et les micro-ordinateurs.
- ▶ C'est une innovation des années 1970 qui devint significative vers la fin de celles-ci.
- ▶ Le PDP-11, qui faisait partie de cette gamme d'ordinateurs, est la machine sur laquelle et pour laquelle fut développé le langage C.

- ▶ Une définition non universellement acceptée associe le terme de quatrième génération à l'invention du microprocesseur par Marcian Hoff.
- ▶ En pratique et à la différence des autres changements de génération, celui-ci constitue plutôt une évolution.
- ▶ Aujourd'hui, on peut considérer que l'immense majorité des ordinateurs relèvent toujours de la "4e génération", qui serait donc à elle seule plus longue que les trois précédentes !

- ▶ Le 15 novembre 1971, Intel dévoile le premier microprocesseur commercial, le 4004.
- ▶ Couplé à un autre produit, la puce mémoire, le microprocesseur permet une diminution nouvelle des coûts.
- ▶ Le 4004 ne réalisait que 60 000 opérations par seconde, mais la puissance de ses successeurs répondit à la loi de Moore.

- ▶ En 1976, le Cray-1 fut développé par Seymour Cray.
- ▶ C'était l'un des premiers ordinateurs à mettre en pratique le traitement vectoriel, qui appliquait la même instruction à une série consécutive d'opérandes.
- ▶ Le Cray-1 pouvait calculer 150 millions d'opérations à virgule flottante par seconde.
- ▶ 85 exemplaires furent vendus à cinq millions de dollars l'unité.
- ▶ Le plus gros supercalculateur actuel est le *Sunway TaihuLight*.
- ▶ Il est situé à Wuxi, dans la province du Jiangsu, en Chine.
- ▶ Il a une capacité de 93 pétaflops (10^{15} opérations / secondes).

Les ordinateurs personnels

- ▶ En 1973 est présenté le premier micro-ordinateur, le Micral conçu par François Gernelle. Il est basé sur le premier microprocesseur 8 bits d'Intel, le i8008, ses performances en font le plus petit ordinateur moderne de l'époque (500 kHz, mémoire RAM de 8 ko en version de base), correspondant à son prix : 8 500 francs.

Les ordinateurs personnels

- ▶ En 1973 est présenté le premier micro-ordinateur, le Micral conçu par François Gernelle. Il est basé sur le premier microprocesseur 8 bits d'Intel, le i8008, ses performances en font le plus petit ordinateur moderne de l'époque (500 kHz, mémoire RAM de 8 ko en version de base), correspondant à son prix : 8 500 francs.
- ▶ En 1975, sort l'Altair 8800, développé par des amateurs, frustrés par la faible puissance et le peu de flexibilité des quelques ordinateurs en kit existant sur le marché à l'époque, ce fut certainement le premier ordinateur personnel en kit produit en masse.

Les ordinateurs personnels

- ▶ En 1973 est présenté le premier micro-ordinateur, le Micral conçu par François Gernelle. Il est basé sur le premier microprocesseur 8 bits d'Intel, le i8008, ses performances en font le plus petit ordinateur moderne de l'époque (500 kHz, mémoire RAM de 8 ko en version de base), correspondant à son prix : 8 500 francs.
- ▶ En 1975, sort l'Altair 8800, développé par des amateurs, frustrés par la faible puissance et le peu de flexibilité des quelques ordinateurs en kit existant sur le marché à l'époque, ce fut certainement le premier ordinateur personnel en kit produit en masse.
- ▶ En 1975 sortira aussi l'IBM 5100, machine totalement intégrée avec son clavier et son écran, qui se contente d'une prise de courant pour fonctionner.

Le Homebrew Computer Club

- ▶ De nombreux amateurs tentent à cette époque de créer leurs propres systèmes. Ces passionnés se rencontrent lors de réunions au Homebrew Computer Club.

Le Homebrew Computer Club

- ▶ De nombreux amateurs tentent à cette époque de créer leurs propres systèmes. Ces passionnés se rencontrent lors de réunions au Homebrew Computer Club.
- ▶ En 1976, Steve Wozniak, qui fréquentait régulièrement le Homebrew Computer Club, conçoit l'Apple I, doté d'un processeur MOS Technologie 6502 à 1 MHz. Il vend avec Steve Jobs environ 200 machines à 666 dollars l'unité. Il est doté d'un microprocesseur et d'un clavier.

Le Homebrew Computer Club

- ▶ De nombreux amateurs tentent à cette époque de créer leurs propres systèmes. Ces passionnés se rencontrent lors de réunions au Homebrew Computer Club.
- ▶ En 1976, Steve Wozniak, qui fréquentait régulièrement le Homebrew Computer Club, conçoit l'Apple I, doté d'un processeur MOS Technologie 6502 à 1 MHz. Il vend avec Steve Jobs environ 200 machines à 666 dollars l'unité. Il est doté d'un microprocesseur et d'un clavier.
- ▶ En 1977, sort l'Apple II. Malgré son prix élevé (environ 1 000 dollars), il prend rapidement l'avantage sur les deux autres machines lancées la même année, le TRS-80 et le Commodore PET, pour devenir le symbole du phénomène de l'ordinateur personnel.

Développement des jeux vidéos

- ▶ En août 1981 sort l'IBM PC (Personal Computer) qui utilise un processeur Intel 8088 tournant à 4,77 MHz et peut faire tourner trois systèmes d'exploitation différents : PC-DOS, CP/M-86 et PC/IX.

Développement des jeux vidéos

- ▶ En août 1981 sort l'IBM PC (Personal Computer) qui utilise un processeur Intel 8088 tournant à 4,77 MHz et peut faire tourner trois systèmes d'exploitation différents : PC-DOS, CP/M-86 et PC/IX.
- ▶ En 1982, Commodore International sort le Commodore 64. Il utilise un processeur MOS Technology 6510 à 1 MHz et coûte 595 dollars. Il avait un écran 16 couleurs et possédait une carte son. Entre 17 et 25 millions d'unités sont vendues jusqu'en 1993.

Développement des jeux vidéos

- ▶ En août 1981 sort l'IBM PC (Personal Computer) qui utilise un processeur Intel 8088 tournant à 4,77 MHz et peut faire tourner trois systèmes d'exploitation différents : PC-DOS, CP/M-86 et PC/IX.
- ▶ En 1982, Commodore International sort le Commodore 64. Il utilise un processeur MOS Technology 6510 à 1 MHz et coûte 595 dollars. Il avait un écran 16 couleurs et possédait une carte son. Entre 17 et 25 millions d'unités sont vendues jusqu'en 1993.
- ▶ Après le 64, Commodore sortit l'Amiga. Ses possibilités en matière de graphisme et la rapidité de son processeur permettaient de programmer des jeux, en particulier en utilisant le langage Amos.

L'interface graphique

- ▶ En 1983, Apple lance le Lisa, le premier ordinateur personnel doté d'une interface graphique.
- ▶ Son interface graphique s'inspirait de celle du Xerox Star.
- ▶ Malgré son caractère révolutionnaire pour l'époque, ce fut un échec commercial, principalement à cause de son prix élevé (10 000 dollars) et de sa relative lenteur.

L'interface graphique

- ▶ En 1983, Apple lance le Lisa, le premier ordinateur personnel doté d'une interface graphique.
- ▶ Son interface graphique s'inspirait de celle du Xerox Star.
- ▶ Malgré son caractère révolutionnaire pour l'époque, ce fut un échec commercial, principalement à cause de son prix élevé (10 000 dollars) et de sa relative lenteur.
- ▶ Le 22 janvier 1984, Apple lance le Macintosh, le premier micro-ordinateur à succès utilisant une souris et une interface graphique.
- ▶ Il reprenait plusieurs caractéristiques du Lisa, comme le processeur Motorola 68000, mais pour un prix bien plus abordable : 2 500 dollars, grâce à l'abandon de quelques fonctionnalités du Lisa comme le multitâche.

- ▶ Malgré ses nombreuses innovations dans le domaine, Apple perdit peu à peu des parts de marché pour se stabiliser à environ 4 % des ventes d'ordinateurs dans les années 2000.
- ▶ Parallèlement, le PC compatible s'imposa de plus en plus au grand public avec des assembleurs tel que Hewlett-Packard, Compaq, Dell ou NEC.

- ▶ Une bonne partie du contenu de ce cours vient de Wikipédia et de diverses pages personnelles d'informaticien·nes passionné·es par l'histoire de leur discipline