

Éléments d'histoire de l'informatique

Sacha Krakowiak

Université Grenoble Alpes & Aconit

1. Introduction Préhistoire

CC-BY-NC-SA 3.0 FR

Pourquoi s'intéresser à l'histoire de l'informatique ?

- ❖ **Une aide pour comprendre le présent**
comment on est arrivé à la situation actuelle
quels sont les défis
 - ❖ **Une incitation à prendre du recul**
mettre les événements en perspective
 - ❖ **Un instrument pédagogique**
comprendre les concepts et les techniques à travers leur
émergence et leur évolution
 - ❖ **Un intérêt propre**
les «œuvres» du passé
les acteurs de l'informatique
- 
- Les avancées, mais aussi les échecs...
- Le contexte, les liens de causalité

C'est quoi, l'informatique ?

❖ Quatre facettes

→ Une science

Science de l'artificiel ...

... mais pas seulement

Une technique et une industrie

Matériel, logiciel, services

Des applications

Dont le champ est croissant

Un impact sociétal

❖ Quatre concepts

❖ Une méthode

La modélisation et l'abstraction

Un va-et-vient théorie-pratique

Des outils issus de l'informatique



Information

Un réducteur d'incertitude

Une représentation codée

La base de la communication

Algorithme

La notion clé !
d'Euclide à Turing

Machine

Réelle ou virtuelle

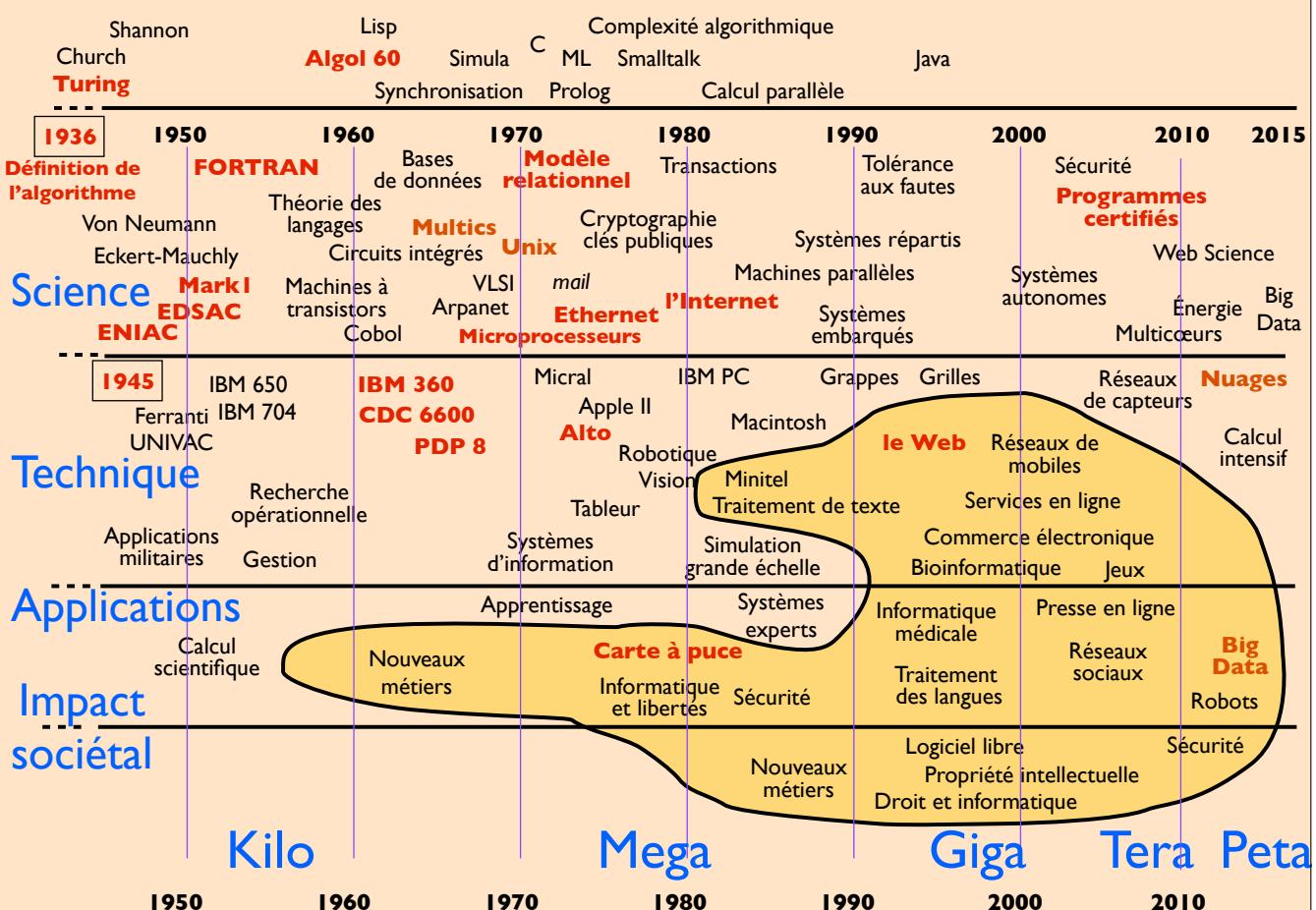
Langage

Exprime un algorithme
pour une machine

❖ Une diffusion vers d'autres sciences

3

Une brève histoire de l'informatique



Chronologies par thèmes

❖ La naissance de l'informatique

De Turing à von Neumann : 10 années décisives
Les ordinateurs à programme enregistré

❖ Le développement d'une industrie

Du *mainframe* au mini et au micro
Les supercalculateurs
La technologie

❖ Les langages et le génie logiciel

❖ Les systèmes d'exploitation

❖ La révolution de Xerox PARC

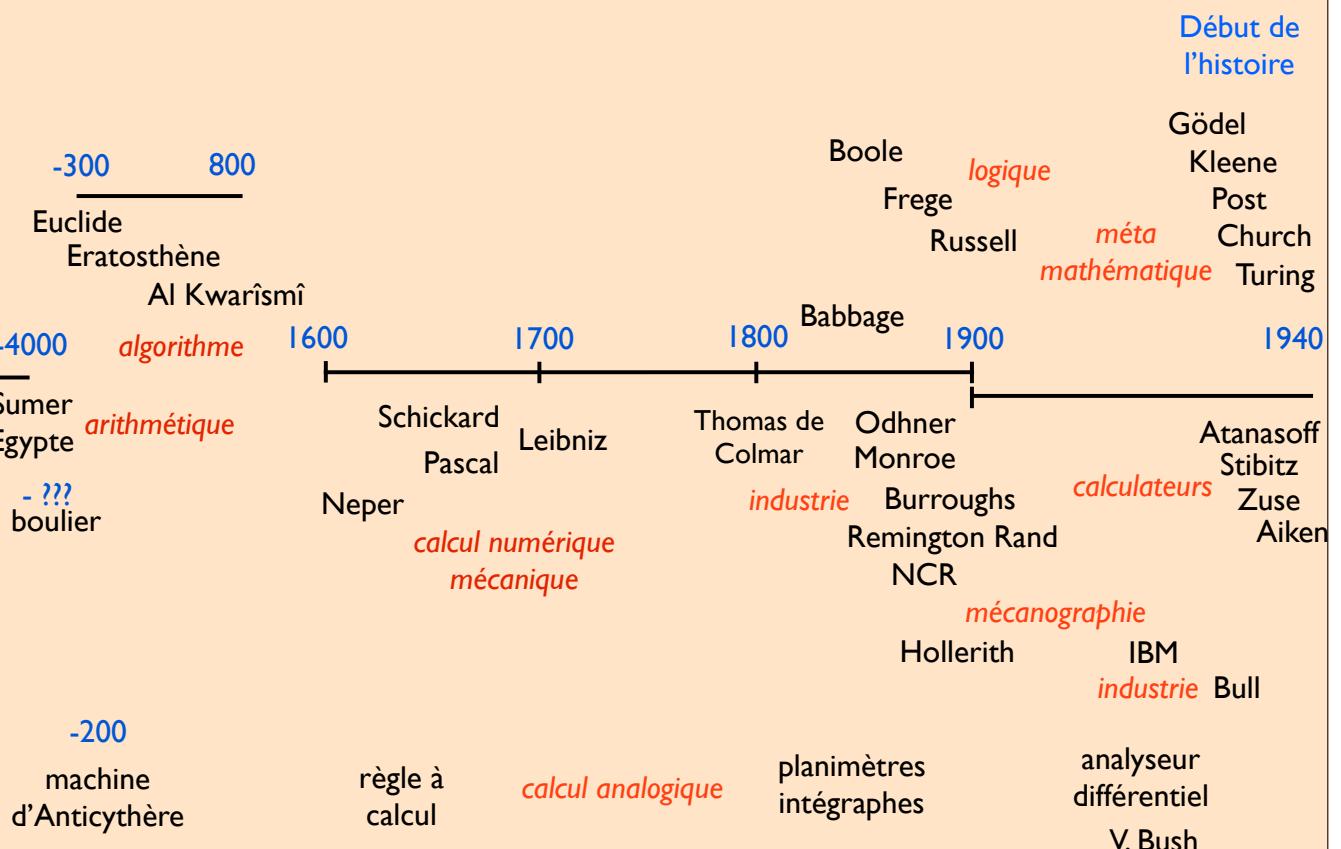
❖ L'Internet

❖ Des données aux connaissances

Les bases de données
L'intelligence artificielle

Le dialogue théorie-pratique
Les domaines d'application

La préhistoire de l'informatique



Au sommaire...

- ❖ La notion d'algorithme
- ❖ Le calcul arithmétique mécanique
- ❖ Babbage et Boole
- ❖ Le calcul analogique
- ❖ La mécanographie

Naissance de la notion d'algorithme

❖ Une notion pratique

Domaines initiaux : arithmétique et géométrie

Une démarche constructive organisée pour résoudre un problème donné...

... en utilisant des outils spécifiés

les opérations de l'arithmétique

les constructions géométriques (règle et compas)

❖ Les points clés

Bien présents : l'aspect systématique et la générnicité

Partiellement vu : la preuve de validité

Manques initiaux

une notation symbolique pour la description

la notion de terminaison

les limites de la puissance d'expression

Naissance de la notion d'algorithme

Sumer, Égypte (~ -3000)

Arithmétique (opérations, fractions)

Géométrie (aires, volumes)



crédit : M0tty



Wikimedia Commons

Al-Khwârîsmî

9-ème siècle

Calculs pour l'arpentage et l'astronomie

Premières réflexions sur les algorithmes

De très nombreux algorithmes sont inventés, mais la notion même d'algorithme évoluera peu jusque dans les années 1930...

Le calcul arithmétique mécanique

❖ Le boulier

origine lointaine, en multiples régions



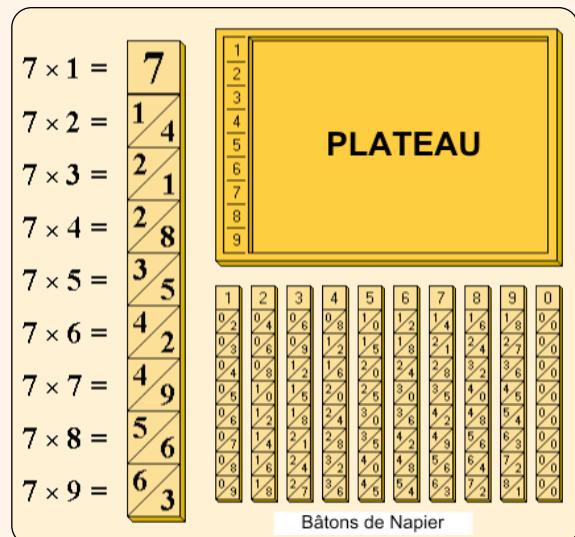
Wikimedia Commons

boulier chinois

❖ Les bâtons de Napier (1617)

facilitent la multiplication, la division et l'extraction de racine carrée

il faut poser les additions à la main



CC BY-SA 3.0 by Fabienkhan

L'origine des calculateurs mécaniques

❖ Wilhelm Schickard (1592-1635)

professeur d'hébreu et d'astronomie
à l'université de Tübingen
décrit une machine capable de faire
des additions et soustractions
intègre des bâtons de Napier pour
les multiplications et divisions
l'unique exemplaire est détruit par le feu avant d'être terminé...



Wikimedia Commons



CC-BY-SA 3.0, [Herbert Klaeren](#)

❖ La machine de Schickard reconstituée
en 1960 par Bruno von Freytag Löringhoff
(université de Tübingen)
corrige une erreur dans les plans initiaux

CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2016/17

Histoire de l'informatique

1 - 11

La pascaline

❖ Blaise Pascal (1623-1662)

philosophe, mathématicien, physicien
invente et fait construire une machine
arithmétique, initialement pour aider
son père dans le calcul de taxes
cessé son activité scientifique en 1654



❖ La pascaline (1642)



MAM, Paris - photo J.-C. Wetzel

première machine arithmétique à avoir
fonctionné (addition-soustraction)
une vingtaine d'exemplaires fabriqués,
mais commercialisation difficile
neuf exemplaires parvenus à nous
(4 au Musée des Arts et Métiers)

CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2016/17

Histoire de l'informatique

1 - 12

La pascaline : un peu de technique

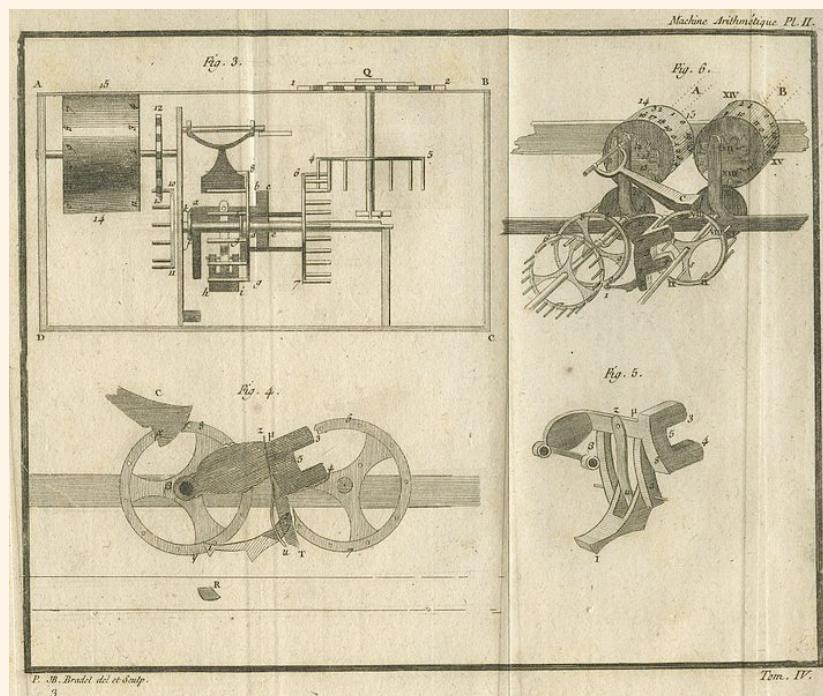
À noter

Le mécanisme d'inscription

La double graduation des inscripteurs (non visible ici) :
0-9, 1-8, ... pour la soustraction

Le cliquet maintenant les roues dans leur position correcte

Le sautoir pour la propagation de la retenue (détails plus loin)

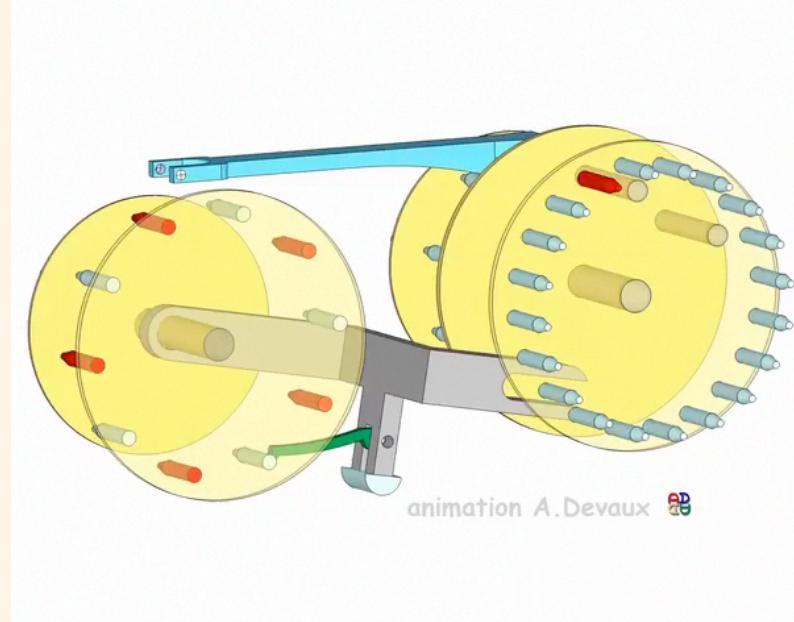


Extrait des Œuvres de Pascal (Chez Detune, La Haye, 1779)
Wikipedia, domaine public

La pascaline : report de la retenue

Le mécanisme du sautoir de la pascaline

Principal intérêt : rendre les roues indépendantes les unes des autres, pour éviter le blocage en cas de report multiple de retenues



Extrait du site d'André Devaux sur les calculateurs mécaniques :
<http://calmeca.free.fr/>

La machine de Leibniz

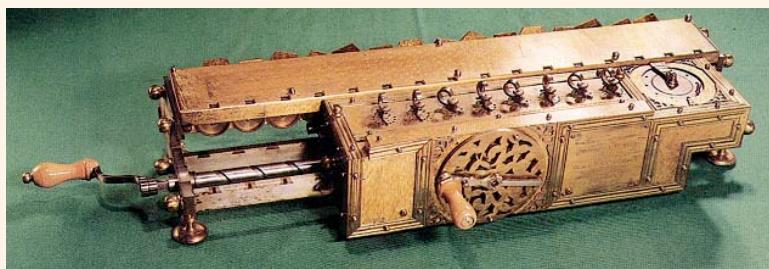
❖ Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

philosophe, mathématicien, physicien
découvre la pascaline à Paris en 1672 et
décide de l'améliorer
sa machine fait aussi les multiplications et les
divisions

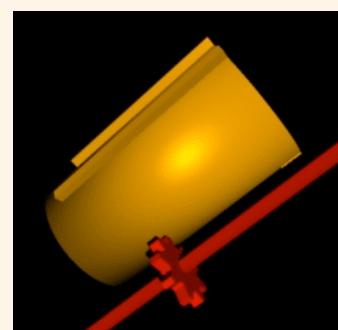
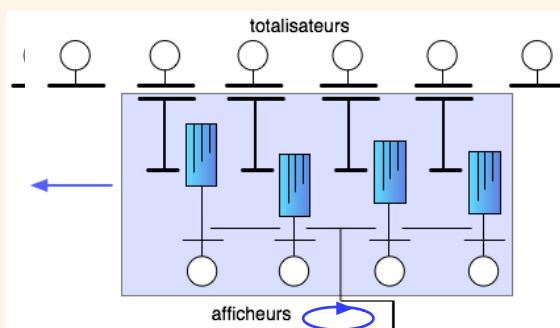


❖ La machine de Leibniz

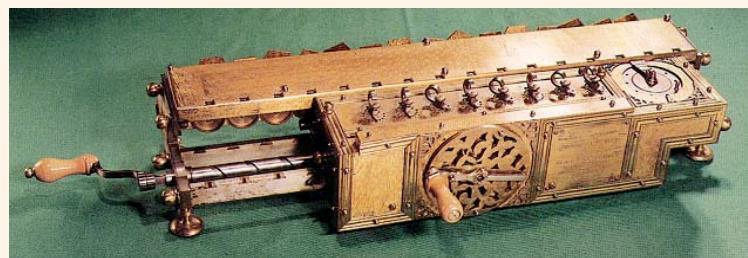
deux exemplaires construits,
un préservé
l'ancêtre de tous les
calculateurs mécaniques



La machine de Leibniz : un peu de technique



CC-BY-SA 3.0, [Ezrdr](#)



Après Leibniz...



CC-BY-SA
3.0, [BastienM](#)

❖ Thomas de Colmar (1851)

L'arithmomètre, version industrielle de la machine de Leibniz
Améliore son interface et sa réalisation

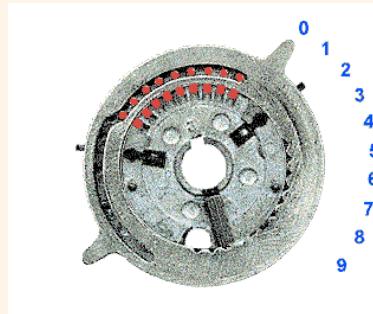


Wikimedia
Commons

❖ Vers les calculatrices modernes

Odhner (1878) et Baldwin (1911)
inventent des équivalents «légers»
du cylindre de Leibniz

Roue
d'Odhner



Extrait du site d'André Devaux : <http://calmeca.free.fr/>

Machine Odhner des années 1960 (collection Aconit)

CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2016/17

Histoire de l'informatique

1 - 17

L'essor industriel

La mécanisation du travail de bureau

❖ Remington (après 1927, Remington Rand)

La machine à écrire (1873)



St Andrews
School
of History

❖ Burroughs

L'additionneur à touches (1886)



Image Courtesy of the
Computer History Museum

❖ National Cash Register (NCR)

La caisse enregistreuse (1884)



Wikimedia,
domaine public

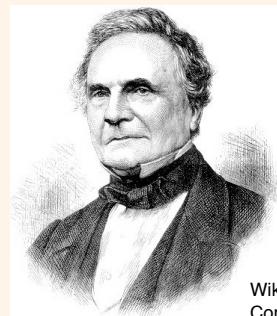
Charles Babbage (1791-1871)

❖ Carrière

Professeur de mathématiques à Cambridge

Co-fondateur de l'*Astronomical Society*

Autres intérêts : économie, politique



Wikimedia Commons

❖ Un précurseur de l'informatique

La machine à différences (1822-1849)

Calcul de tables, deux versions

Soutien du gouvernement, mais le projet est abandonné

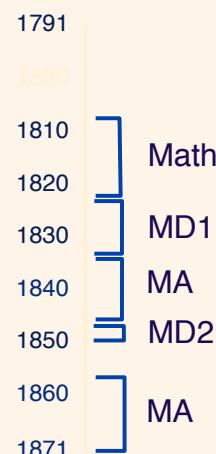
La machine analytique (1832-1871)

Calculateur universel programmable
(par cartes perforées)

Distinction entre processeur et mémoire

Peu de soutien officiel, conflit avec le constructeur

Quelques parties seulement sont réalisées



La machine à différences

❖ Principe

Les différences d'ordre n d'un polynôme $p(x)$ de degré n sont constantes

D'où le calcul des valeurs de $p(x)$ pour une suite de valeurs de x

| x | $p(x)=2x^2-4x+1$ | $\Delta_1(x)=p(x+1)-p(x)$ | $\Delta_2(x)=\Delta_1(x+1)-\Delta_1(x)$ |
|-----|------------------|---------------------------|---|
| 0 | 1 | -2 | 4 |
| 1 | -1 | 2 | 4 |
| 2 | 1 | 6 | 4 |
| 3 | 7 | 10 | 4 |

❖ La machine de Babbage met en œuvre ce principe

La machine ne fut jamais terminée

Une machine a été réalisée suivant les plans de Babbage en 1989-91 au Science Museum de Londres



CC-BY-SA-2.5, Carsten Ullrich

4000 pièces, 2,6 tonnes

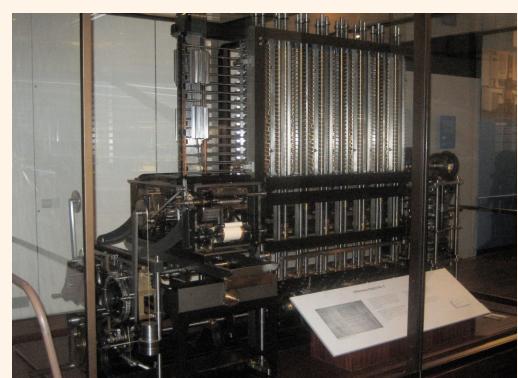


photo SK

La machine analytique (1)

❖ Un objectif ambitieux

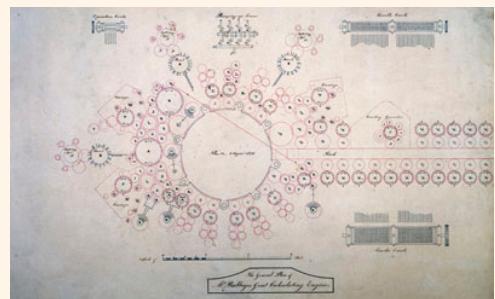
Réaliser n'importe quel calcul par des moyens mécaniques

❖ Une entreprise surhumaine

Plus de 10 versions du plan

Pas de plan complet définitif

Des réalisations très partielles



Science Museum, London

❖ Des idées novatrices

Séparation entre organe de calcul et organe de mémorisation

(*the mill and the store*)

«Programmation» à deux niveaux

opérations de base («microprogrammes»), programmes d'utilisateur

Entrée des programmes et données par cartes perforées (Jacquard)

Mécanisme de retenue élaboré

La machine analytique (2)

❖ Un jeu d'instructions complet

Opérations arithmétiques (base 10)

avec précision contrôlée, et double précision

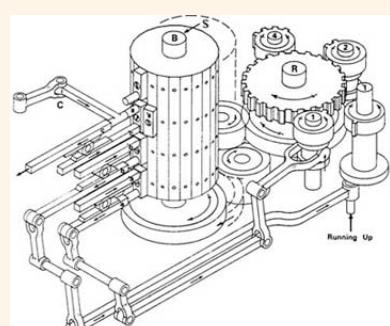
Décalages

Differences

Test (zéro, positif, négatif)

sert au contrôle de boucles

Communication avec la mémoire



Allan G. Bromley

❖ Une mise en œuvre technique complexe

Ci-contre, détail d'un cylindre réalisant un «microprogramme»

❖ Des programmes et données sur support externe



L'héritage de Babbage

❖ Une vision prospective, mais non exploitée

Une vision révolutionnaire

séparation calcul-mémoire
préfiguration des programmes

Une mise en œuvre difficile

complexité intrinsèque
limitations de la technologie
manque de financement



Sketch of
The Analytical Engine
Invented by Charles Babbage
By L. F. MENABREA
of Turin, Officer of the Military Engineers
from the Bibliothèque Universelle de Genève, October, 1842, No. 82
With notes upon the Memoir by the Translator
ADA AUGUSTA, COUNTESS OF LOVELACE



Wikimedia Commons

❖ Transmission

Peu de documents publiés sur la machine analytique

une description par Luigi Menabrea (avec ajouts d'Ada Lovelace)
un très grand nombre de notes internes, encore peu exploitées

❖ Peu d'héritiers directs

Percy Ludgate, Torres y Quevedo, Vannevar Bush

Howard Aiken (la machine Harvard-1), voie sans issue

Trois précurseurs peu connus

❖ Percy Ludgate (1883-1922)

plan pour une «machine analytique» portable
initialement sans connaître le travail de Babbage



❖ Leonardo Torres y Quevedo (1852-1936)

une machine électromécanique inspirée
de la machine analytique de Babbage
une machine jouant une finale aux échecs (R et T contre R)



❖ Vannevar Bush (1890-1974)

Analyseur différentiel (analogique, 1921)
Plans pour la *Rapid Arithmetic Machine* (1937)
As We May Think (1945)



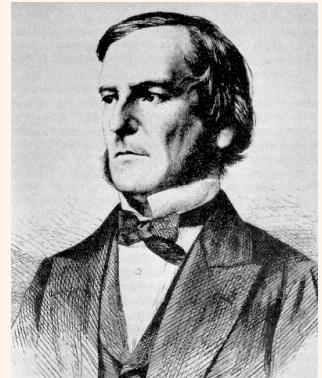
Brian Randell, From Analytical Engine to Electronic Digital Computer: The Contributions of Ludgate, Torres, and Bush,
IEEE Annals of the History of Computing, vol. 4, n° 4, October 1982

Vannevar Bush, *As We May Think*, *The Atlantic*, July 1945

George Boole (1815-1864)

❖ Carrière

Enseignant, directeur d'école
Autodidacte en mathématiques
Professeur de mathématiques à Cork (Irlande)
à partir de 1849



❖ Contributions

Analyse, probabilités
Logique
Un réexamen et une systématisation de la logique
An Investigation of the Laws of Thought

❖ La logique symbolique

Définition de l'«univers du discours»
L'algèbre de Boole : représentation des propositions logiques par des formules algébriques

L'héritage de Boole

❖ Une ressource longtemps inexploitée...

Babbage aurait pu exploiter l'algèbre de Boole
une redécouverte : la thèse de Master de Claude Shannon
(MIT, 1938)
L'algèbre de Boole comme outil pour la conception de machines à relais

❖ Un outil de base pour l'informatique

Conception de circuits combinatoires

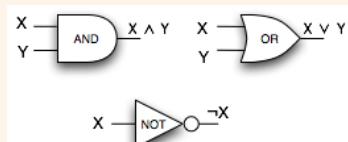
Représentation des opérateurs par des expressions booléennes

Langages de programmation

Variables et opérations booléennes

Expression de spécifications

Démonstration de propriétés



Le calcul analogique

❖ Qu'est-ce que c'est ?

Représenter un objet (réel ou abstrait) par un modèle physique qui lui soit «analogique» (par exemple régi par les mêmes équations)

L'analyse du modèle permet de résoudre les problèmes relatifs à l'objet initial

Exemples : les horloges astronomiques ; les règles à calcul ; les souffleries aérodynamiques ; les calculateurs analogiques électromécaniques ou électroniques

❖ Analogique vs numérique

Le calcul analogique utilise des entités physiques variant de façon **continue** (longueurs, angles, vitesses, intensité électrique, etc.)

En cela il s'oppose au calcul numérique, à base d'éléments **discrets**

Il existe des conversions entre les deux mondes (ex : modems)

Les débuts du calcul analogique

❖ La machine d'Anticythère (- 150 ?)

Horloge astronomique

Premier usage des engrenages

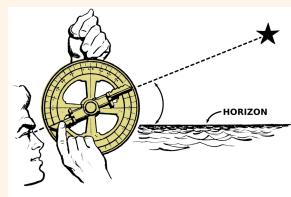


CC-BY-SA-3.0, Marsyas



CC-BY-SA-3.0,
A. Bromley, F. Percival

❖ L'astrolabe



P. S. Forceman, domaine public

Mesure de la hauteur des astres

Calcul de l'heure



Collection Aconit



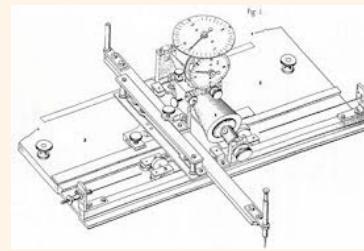
❖ La règle à calcul (1627)

Utilise les logarithmes

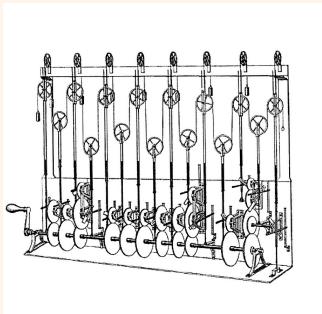
1850-1950 : l'apogée du calcul analogique

❖ Planimètres

Calculent l'aire d'une région de forme quelconque



Science Museum, London



❖ Calculateurs spécialisés

Prédicteur de marée et analyseur harmonique

William Thomson (Lord Kelvin), 1872

Plan d'un prédicteur de marée
Wikimedia, domaine public



❖ Analyseurs différentiels

Intègrent des équations différentielles

Vannevar Bush, 1921

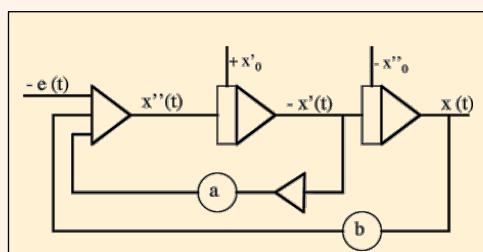
Vannevar Bush et son analyseur différentiel, vers 1935, MIT Museum

Calculateurs analogiques électriques

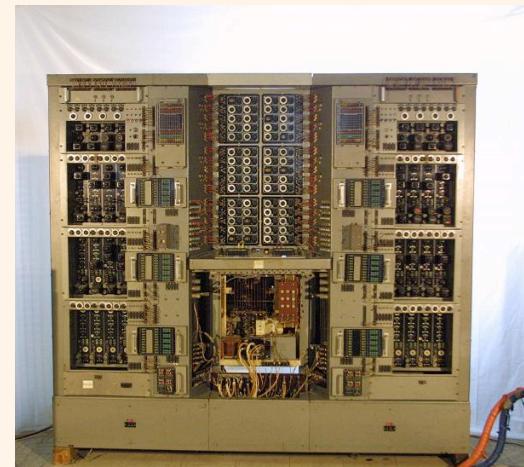
❖ Principe

Construire un circuit électrique représentant l'équation différentielle à intégrer

Interstices
A. Brochier,
F. Rechenmann



$$x''(t) + a x'(t) + b x(t) = e(t)$$
$$x''(t) + a.x'(t) + b.x(t) = e(t)$$



❖ Exemples

Calculateurs spécialisés

Calculateurs généraux

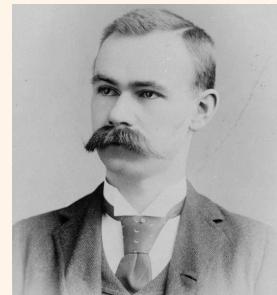
Encore en service dans les années 1960-70

Calculateur SEA OME-P2, Collection Aconit

L'invention de la mécanographie

❖ Un défi : le recensement de la population des États-Unis

1880 : dépouillement en 7 ans
feuilles remplies à la main



❖ Une avancée spectaculaire

1890 : dépouillement en 2 ans et demi
56, puis 100 tabulatrices à cartes perforées
premier chiffre (total) en 6 semaines

❖ Un inventeur de génie : Herman Hollerith (1859-1929)

L'idée de base

utiliser des cartes perforées
à champs multiples
les traiter par des moyens
électromécaniques

| 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 4 | 10 | Op | S | A | C | E | a | c | e | g | EB | SB | Ch | Sy | U | Sh | Hx | Br | Rm |
|---|---|---|---|---|---|----|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|---|----|----|----|----|
| 2 | 2 | 4 | 1 | 3 | E | 15 | Off | IS | B | D | F | b | d | f | h | SY | X | Fp | Cn | R | X | Al | Cg | Kg |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | W | 20 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 25 | A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| B | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 30 | B | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| C | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | C | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| D | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | D | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| E | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | C | E | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| F | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | A | D | F | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| G | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | B | E | Q | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| H | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | a | F | H | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| I | 9 | 9 | 9 | 9 | b | c | I | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Wikimedia, domaine public

La mécanographie : éléments de base

❖ La perforatrice



Perforatrice manuelle Bull
Collection Aconit

❖ La tabulatrice



CC-BY-2.0,
Adam Schuster

Tabulatrice de Hollerith,
1890 (copie)



Tabulatrice Bull BS120 et son panneau de connexion
Collection Aconit



❖ La trieuse



Trieuse IBM 82
Collection Aconit

La mécanographie : essor d'une industrie

❖ La première entreprise

Tabulating Machines Company (TMC) : Hollerith, 1896

Introduit la programmation par tableau de connexion

❖ Une fusion déterminante

TMC + CSC + ITR = CTR : Thomas J. Watson, 1911

CTR devient *International Business Machines* (IBM) en 1924

❖ Un modèle rentable

Location plutôt que vente ; innovation technique

❖ Une croissance rapide

En 1905, dominance des calculatrices (NCR, Burroughs, ...)

En 1925, dominance des tabulatrices (IBM, ...)

En 1940, IBM emploie plus de 12 000 personnes

À l'aube de l'histoire ...

❖ Situation vers 1935....

La mécanographie, industrie prospère

Le calcul analogique limité à des «niches»

Boole et Babbage dans l'oubli

Des avancées sur les fondements des mathématiques

❖ Le début de l'informatique : deux courants indépendants

Les premiers calculateurs électroniques ou électromécaniques

Atanasoff, Stibitz, Zuse, Aiken, Eckert et Mauchly

L'élaboration de la notion d'algorithme

Post, Kleene, Church, Turing

❖ La jonction se fera en 1945

von Neumann

Travaux personnels

❖ Deux objectifs

Initiation à la démarche historique en sciences et techniques
Évaluation (pas d'examen)

❖ Réalisation

Travail personnel, par trinômes

Diverses possibilités

Rédaction de mini-mémoires sur un sujet précis (non approfondi en cours)

Préparation de posters en vue d'un exposition (automne 2017)

...

❖ Les thèmes

Propositions disponibles sur chamilo

Toute proposition sera accueillie et examinée

Lectures recommandées

❖ Le site Interstices

site de diffusion de la culture informatique : interstices.info, rubrique «C'était hier»

❖ Sur les machines de Babbage

Article de L. Menabrea (+ Ada Lovelace) accessible via Interstices

❖ Le site d'André Devaux sur le calcul mécanique

calmeca.free.fr

❖ Le site de Gilles Dowek épistémologie de l'informatique

❖ La revue *IEEE Annals of the History of Computing*

accessible en ligne sur médiathèque MI2S, avec identification

❖ Deux sites très riches

Computer History Museum : <http://www.computerhistory.org>

Charles Babbage Institute : <http://www.cbi.umn.edu>