

Information, Calcul et Communication (partie théorie)

Introduction

préparée par Pr. Ph. Janson
et J.-C. Chappelier

Objectifs de cette leçon

Les objectifs de cette leçon sont de :

- ▶ vous convaincre de l'importance de ce cours ; -)
- ▶ insister sur le rôle de l'Informatique
- ▶ illustrer concrètement le lien entre ICC et votre futur
- ▶ présenter le contenu et déroulement du cours

Objectifs du cours ICC (rappel)

Ce cours « Information, Calcul et Communication » a pour buts essentiels de :

- ▶ présenter l'Informatique en tant que discipline scientifique
- ▶ exposer ses **principes fondamentaux**
- ▶ développer la « **pensée algorithmique** » (« *Computational Thinking* »)
- ▶ expliquer les bases de fonctionnement du « monde numérique »
- ▶ sensibiliser à la sécurité dans ce « monde numérique »
- ▶ vous apprendre à programmer
- ▶ expliquer comment fonctionne un ordinateur et savoir l'utiliser

Rôle de l'Informatique (1/2)

Le rôle de l'Informatique est devenu *central* dans notre société actuelle

- ▶ essentielle à notre économie de services
- ▶ tous les secteurs d'activité sont affectés
- ▶ 4^e pilier de la culture

en raison

- ▶ de l'accélération vertigineuse des technologies, en particulier de l'informatique
- ▶ du *besoin* d'automatiser « les services » et le traitement de « l'information »

Rôle de l'Informatique (2/2)



l'Informatique est bien plus qu'une technologie. Elle est une nouvelle *discipline scientifique* à part entière (dérivées des mathématiques)

- ▶ introduit de nouvelles sous-disciplines
- ▶ de nouvelles façons de formuler, de penser, d'interagir,
- ▶ et même de faire de la Science

fondée sur **3 grands principes fondamentaux** :

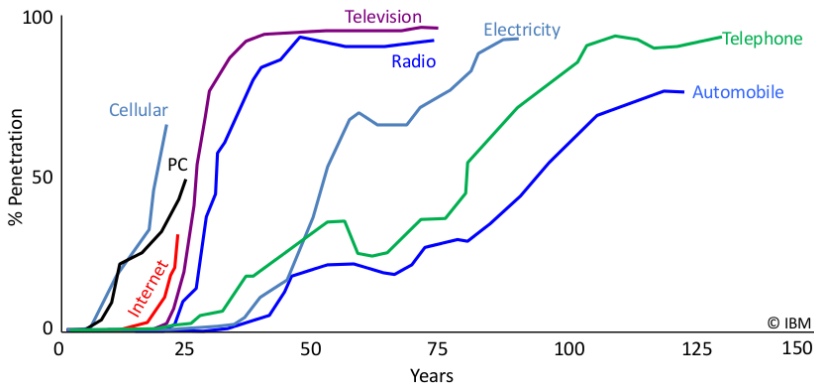
- ▶ représentation **discrète** (c'est-à-dire finie) du monde
- ▶ représentation entachée d'**erreur**, mais **CONTRÔLÉE**
- ▶ variabilité de la difficulté des problèmes et des solutions (théorie de la **complexité**)

Une accélération vertigineuse de la technologie

- ▶ Il a fallu des millénaires pour découvrir les premiers outils, le feu, la roue
- ▶ Depuis mille ans, chaque siècle a apporté sa révolution technique
- ▶ Les derniers 200 ans ont apporté plus d'innovations que toute l'histoire humaine
- ▶ Les 20 premières années du 20^e siècle ont apporté plus que tout le 19^e siècle
- ▶ Aujourd'hui chaque décennie apporte sa révolution
- ▶ Vos parents sont nés après l'informatique, vous n'avez jamais connu le monde sans le web, vos enfants trouveront vos smartphones et Facebook/Twitter/Snapchat/Instagram banals et inintéressants

Source : Ray Kurzweil, *The Law of Accelerating Returns* (www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns)

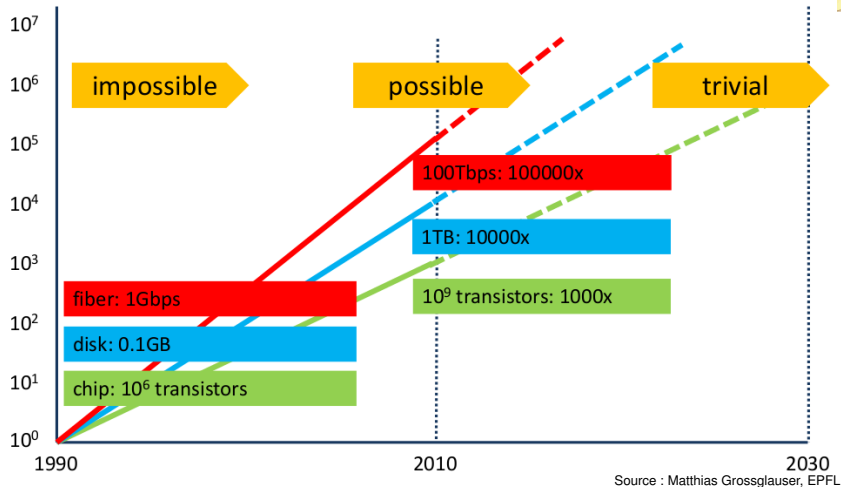
Une accélération vertigineuse de la technologie



© IBM



Source : IBM

Accélération de l'informatique



La loi de Moore : la densité et la vitesse des transistors doublent tous les 18 mois

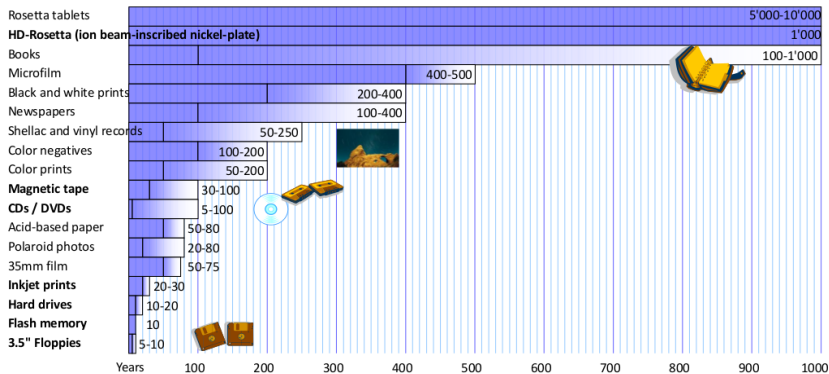
(très) Brève histoire de l'informatique

- ▶ Préhistoire – le langage et le comptage
- ▶ Histoire – écriture, calcul, géométrie, astronomie, – abaqués
- ▶ Renaissance – règle à calcul 
- ▶ 19e siècle – la machine de Babbage, les logiciels de Ada Lovelace
- ▶ 1940 – ordinateurs 
- ▶ 1960 – minis réseaux
- ▶ 1980 – micros PCs
- ▶ 1990 – la toile
- ▶ 2000...
 - ▶ System On Chip, smartphones
 - ▶ Multimédia
 - ▶ Cloud computing, réseaux sociaux
 - ▶ Google, Youtube, Skype, Facebook, Twitter, etc.



Tout n'est pas rose en informatique

La longévité des supports-mémoires évolue dans le mauvais sens.
Les supports d'information ne sont plus ce qu'ils étaient...



Source : *Wired*, June 2002, p. 62.

À quoi sert l'Informatique ?

à de très nombreux domaines d'application :
une discipline essentielle à notre économie de plus en plus tertiaire

En fait, les ordinateurs sont présents en de très nombreux endroits
(de façon de moins en moins explicite)

Objectifs : permettre, à l'aide d'ordinateurs,

- ▶ la **simulation** de **modèles** et l'**optimisation** de solutions
☞ *Calcul scientifique*
- ▶ l'**automatisation** d'un certain nombre de tâches
☞ *gestion/conduite* de processus
- ▶ le **stockage**, l'**organisation**, le **transfert** et la **recherche** d'information
☞ *gestion des données / gestion de l'information*

Tous les secteurs d'activité sont affectés

Biens	←	→	Services
Agriculture	Industrie	Commerce	Services «publics»	Services professionnels	Admin. Publique
Culture Chasse Pêche	Extraction Traitement Manufact.	Packaging Distribution Transport Voyage	Eau/gaz/élec. Télécom. Médias/showbiz Monde artistique	Conseil Finance Assurance	Médical Education Gouvern. (ONG incl.)
Météo Captage	Prospection CAD/CAM	Marketing Logistique Télécom.	Multimedia Mesure/contrôle Télécom.	Optimisation Syst. Experts Télécom.	Multimedia Syst. experts Télécom.
		SCM, ERP CRM	KMS, CMS CRM	KMS, CMS	KMS, CMS MOOCs

Gestion de données

«Big Data» modélisation, simulation, optimisation

Gestion de processus

(juste pour info : acronymes de la diapo précédente)

- ▶ CADAM : Computer Aided Design And Manufacturing
- ▶ SCM : Supply Chain Management
- ▶ ERP : Enterprise Resource Planing
- ▶ CRM : Customers Relationship Management
- ▶ KMS : Knowledge Management Systems
- ▶ CMS : Content Management Systems
- ▶ MOOC : Massive Open-Online Course

(pas du tout besoin de savoir cela)

Calcul scientifique



C'est l'application historique, héritée de la génération des calculateurs (« *computer* »)

Utilisation : simulation de systèmes complexes (**compréhension de fonctionnement, test d'hypothèses, prédiction**) : climatologie, météorologie, géologie, physique des particules, physique des plasmas, astro-physique, biologie moléculaire, ...



Exigences : grande puissance de calcul



Exemples : super calculateurs, ordinateurs massivement parallèles et ordinateurs vectoriels (**Cray-1, Cray T3D, SV1, IBM Blue Gene, ...**)

Bibliothèques de programmes réalisant les calculs mathématiques usuels : statistiques, calculs matriciels, transformée de Fourier, calcul intégral et différentiel, ...

Nouvelles tendances : « grappes » d'ordinateurs, network computing, calcul parallèle sur cartes graphiques

La conduite de processus

Ordinateur = automate de commande

Utilisation : très nombreuses applications : pilotage/surveillance de processus industriels (chaînes de fabrication, de montage, réseaux de distribution d'énergie, centrale atomique), fonctionnalités d'objets courants (four micro-ondes, téléphones cellulaires, machines à laver, chronométrage, carburateur de voiture, système de freinage ABS), avionique, robotique, ...



Exigences : nécessité d'un faible encombrement, d'une consommation réduite, et souvent d'un coût minimum (☞ grand public).

Par ailleurs, on exige généralement une grande fiabilité (même dans des environnement hostiles)
☞ tolérances aux pannes, acquisition et traitement des données temps réel, ...

Exemples : initialement l'ensemble des micro-contrôleurs, mais on utilise de plus en plus souvent des processeurs, voire des ordinateurs complets

La gestion d'information



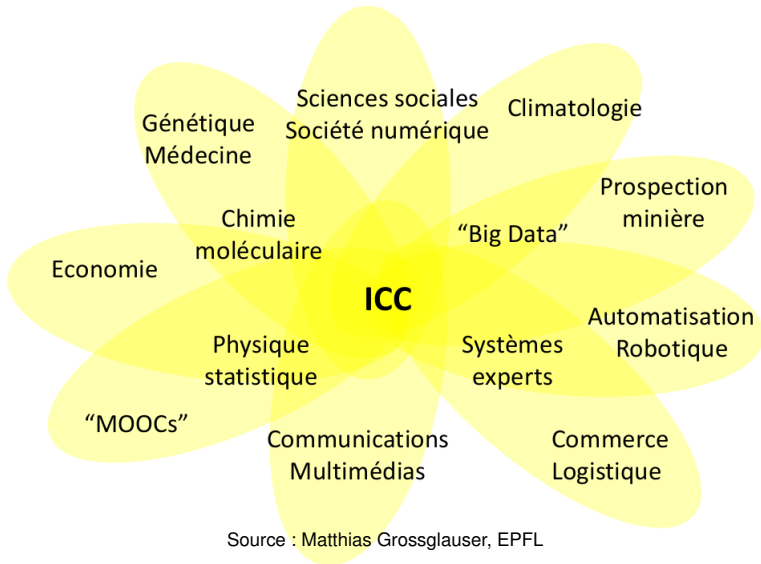
Gestion et traitement des données.

Utilisation : gestion de systèmes bancaires ou boursiers, commerce électronique (vente et réservation en ligne), comptabilité d'entreprise, fichiers de police, gestions des données utilisées ou produites par les simulations de modèles complexes, mais également agendas électroniques/smart-phones.

Exigences : importantes capacités de stockage, traitement efficace (rapide, fiable et sécurisé) de gros flux d'information

Exemples : ordinateurs avec mémoire de masse importante, et fortes capacités en matière de communications (entrées/sorties) : ordinateur et mini-ordinateur, serveurs de fichiers, serveurs de données, ... et plus récemment, agendas électroniques, voire smart-phones...

Tous les secteurs d'activité sont affectés



L'informatique, 4^e pilier de la culture

Les Américains disent avec humour qu'une culture de base repose sur 3 piliers en 'R' :

- ▶ **R**eading
- ▶ **WR**iting
- ▶ **AR**ithmetic

Aujourd'hui cette même culture de base appelle un 4^e pilier :

- ▶ **InfoR**matics 😊

« le latin », « la presse de Gutenberg », « le pétrole »...
... du 21^e siècle

Quelques prédictions / estimations

- ▶ ordinateurs omni-présents et invisibles (informatique ambiante & systèmes embarqués)
(à l'image des moteurs électriques de nos jours)
 - ☞ contribuent à rattacher le monde physique à sa représentation numérique
- ▶ Numérique et physique se rejoignent
la totalité du monde Physique sera représentée numériquement (mesurée, enregistrée, gérée, prédite, ...)

«Prédire est difficile, surtout quand il s'agit du futur» Niels Bohr (1957)

- ▶ *L'Internet est comme une supernova et va complètement s'effondrer en 1996*
Bob Metcalfe (1995)
- ▶ *640K (de mémoire) devrait suffire à n'importe qui*
Urban legend (1981) erronément attribuée à Bill Gates
- ▶ *Il n'y a aucune raison pour que quelqu'un ait un ordinateur à domicile*
Ken Olson, DEC CEO (1977)
- ▶ *Les futurs ordinateurs pourraient peser moins d'une tonne et demi*
Popular Mechanics (1949)
- ▶ *Je pense qu'il y a peut-être un marché mondial pour cinq ordinateurs*
T.J.Watson, IBM CEO (1943)
- ▶ *Tout ce qui peut être inventé a été inventé*
US Patent Office Commissioner (1899)

Conclusion à ce stade

- ▶ L'évolution de l'humanité, de sa technologie, et de l'informatique en particulier ne cessent d'accélérer
- ▶ L'informatique est ainsi devenue un pilier fondamental de nos sociétés et de notre culture au même titre que la lecture, l'écriture, et le calcul
- ▶ Elle s'est immiscée dans tous les secteurs d'activité qui en dépendent aujourd'hui complètement : essentielle au développement et à la productivité de nos économies tertiaires
- ▶ Bien plus qu'une technologie, l'Informatique est une nouvelle *discipline scientifique* (dérivées des mathématiques) fondée sur 3 grands principes fondamentaux :
 - ▶ représentation *discrète* (c'est-à-dire finie) du monde
 - ▶ représentation entachée d'*erreur*, mais *contrôlée*
 - ▶ théorie de la *complexité* : les problèmes d'un côté et les solutions de l'autre ont des difficultés variables
(on ne peut pas tout résoudre de façon exacte avec des ordinateurs)

Importance du cours dans votre formation

A quoi sert ce cours ?

- ▶ citoyen : prendre des décisions informées
- ▶ scientifique : comprendre des grands principes
- ▶ futur ingénieur / décideur : faire les bons choix
- ▶ élève EPFL en MA ou PH : cf transparents suivants

L'Informatique pour un PHysicien moderne

Résoudre des vrais problèmes de la vie réelle : calcul numérique (simulation, physique numérique)

Exemples :

- ▶ simulation/prédiction de tsunami
(e.g. 26/12/2004 : <http://www.psychceu.com/tsunami/animation.sm.gif>)
- ▶ turbulence dans les plasmas
- ▶ écoulement du sang dans le corps
(prédiction/simulation/réparation de dysfonctionnement)
- ▶ pénétration dans l'air (e.g. vols supersoniques)
- ▶ physique des particules : analyse des pétaoctets de données du LHC
- ▶ ondes gravitationnelles : prédiction (modèle) et analyse des données (e.g. <https://einsteinathome.org/>)

👉 cours de « Physique numérique » en 2^e année

L'Informatique pour un MATHématicien moderne

Pour le « mathématicien appliqué » :

- ▶ faire des expériences numériques
- ▶ résoudre numériquement des problèmes irrésolubles théoriquement (e.g. problème 3-corps, équations non-linéaires, équations différentielles, ...)
- ▶ résoudre des problème à très grand nombre de données (même s'ils sont théoriquement résolubles, cela reste pratiquement infaisable sans ordinateur ; e.g. système linéaire à 1000 inconnues)

Même le « mathématicien pur » est de nos jours concerné par l'Informatique :

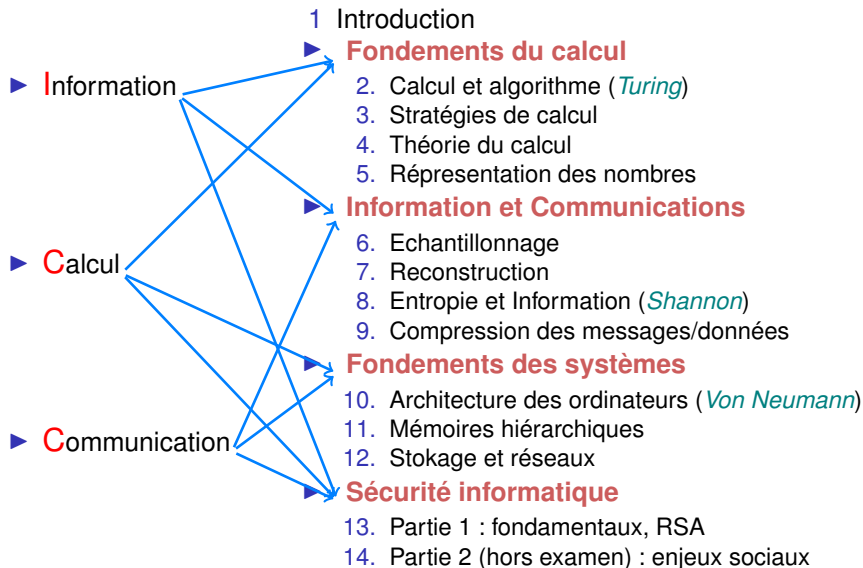
- ▶ comprendre en profondeur des problèmes complexes par « l'expérimentation » à l'aide d'ordinateur
- ▶ résoudre des questions fondamentales (d'Informatique théorique) encore ouvertes (e.g. $P=NP$?)
- ▶ démontrer des théorèmes à l'aide d'ordinateurs (e.g. conjecture de Kepler (empilement de sphères), nombre minimal de mouvements pour résoudre un Rubiks' cube, ...)

https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted_proof#List_of_theorems_proved_with_the_help_of_computer_programs

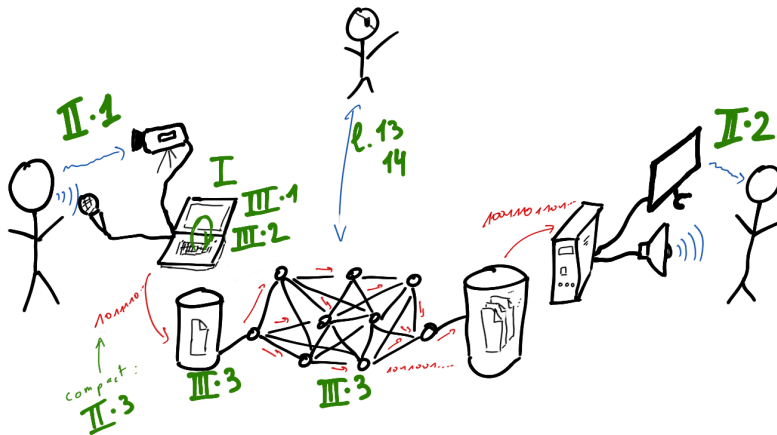
L'Informatique pour un MATHématicien/PHysicien moderne

- ▶ L'approche numérique est un outil indispensable pour le physicien/mathématicien
Autant pour l'expérimentateur que pour le théoricien !
- ▶ Permet d'aborder des problèmes complexes
- ▶ La connaissance de l'outil numérique et de ses principes fondamentaux sont devenus indispensables à votre formation

Plan de la partie théorie du cours

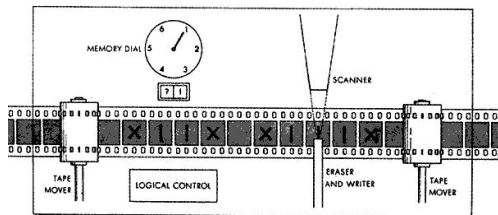


Exemple concret



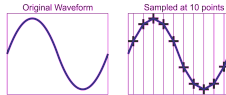
Fondements du calcul

- ▶ Calcul et algorithmes (*Turing*)
Recherche, plus court chemin, tri
- ▶ Stratégies de calcul
Itération, récursion, top-down / bottom-up, « divide & conquer »
- ▶ Théorie du calcul
Le possible et l'impossible, le fini et l'infini, machines de *Turing*
- ▶ Représentation de l'information
Nombres, lettres, images, son, ...

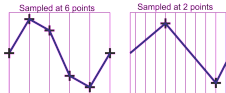


Fondements des communications dans l'espace (transmission) et dans le temps (stockage)

- ▶ Echantillonnage
Conversion A/D



- ▶ Reconstruction
Conversion D/A



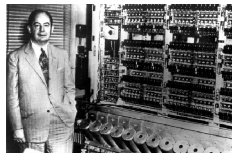
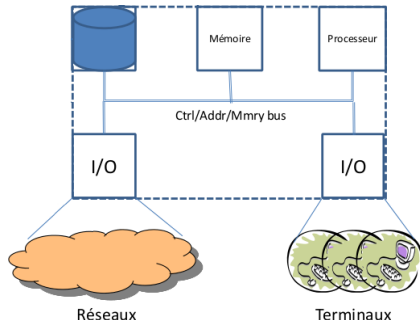
- ▶ Entropie (*Shannon*)
L'entropie comme mesure de complexité et donc de «volume» informatique

- ▶ Compression
Économie de bits avec ou sans perte d'information pour économiser temps de transmission ou l'espace de stockage



Fondements des systèmes

- ▶ Architecture (*Von Neumann*)
- ▶ Mémoires hiérarchiques
- ▶ Stockage et réseaux
 - ▶ Systèmes de fichiers et bases de données
 - ▶ Types et architecture de réseaux (Internet)



Sécurité

- ▶ Cryptage et sphère privée
- ▶ Identification et authentification
- ▶ RSA
- ▶ Contrôles d'accès
- ▶ Maliciels

Ce que j'ai appris avec cette leçon

Dans cette leçon, nous avons

- ▶ vu comment l'informatique est devenue un pilier fondamental de nos sociétés et de notre culture au même titre que la lecture, l'écriture, et le calcul
 - ▶ justifié l'intérêt de ce domaine pour vos Sections
 - ▶ présenté de quoi le cours sera fait et comment il va se dérouler
- ☞ Vous pouvez maintenant :
- ▶ comprendre en quoi l'informatique est devenue fondamentale (le 4^e R)
 - ▶ comprendre pourquoi, même si vous n'allez pas être informaticien, vous devez pour votre futur métier comprendre les grands principes de bases de l'Informatique
 - ▶ et donc pourquoi nous offrons ce cours.

La suite

Pour les 13 semaines qui viennent : quatre modules :

- ▶ Fondements du calcul ←**que nous allons commencer de suite**
- ▶ Fondements de la communication
- ▶ Fondements des systèmes informatiques
- ▶ Fondements de la sécurité dans les systèmes informatiques

au terme desquelles vous devriez obtenir votre « permis de conduire » en Informatique.

Après cette leçon : exercices en salles CM 1 012, 100, 104, 105 et 106 (placement libre)