

## Information, Calcul et Communication (partie théorie)

## Introduction

préparée par Pr. Ph. JANSON  
et J.-C. CHAPPELIER  
cours donné par S. DOERAENE

## 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<sup>e</sup> 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 *discipline scientifique* à part entière (dérivée 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** :

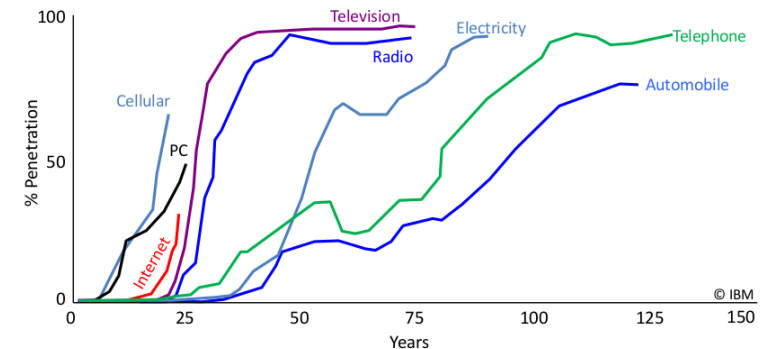
- ▶ représentation **discrète** (c.-à.d.finie) du monde
- ▶ représentation entachée d'**erreurs**, mais **CONTRÔLÉE**
- ▶ variabilité de la difficulté des problèmes et des solutions (théorie de la **complexité**)

## 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<sup>e</sup> siècle ont apporté plus que tout le 19<sup>e</sup> 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

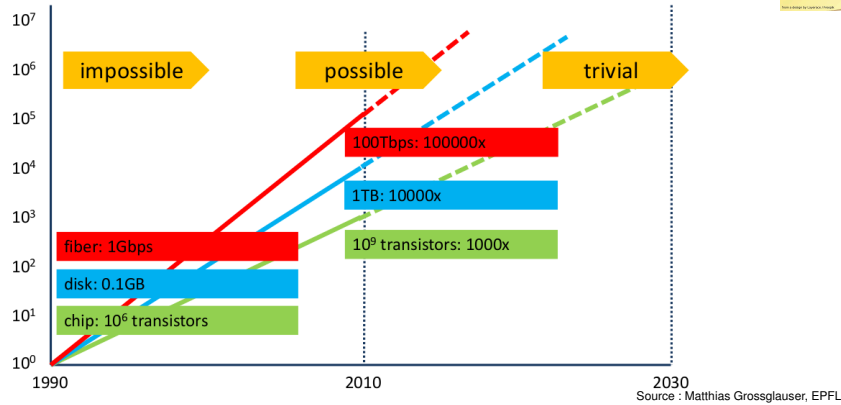
Source : Ray Kurzweil, *The Law of Accelerating Returns* ([www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns](http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns))

## Une accélération vertigineuse de la technologie



Source : IBM

## Accélération de l'informatique

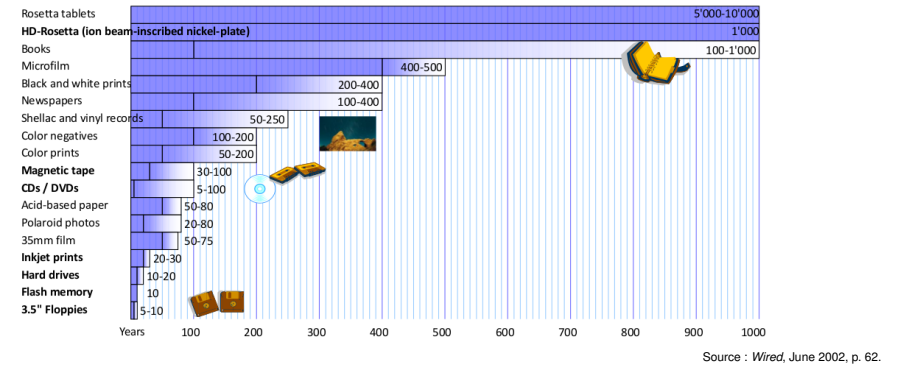


La loi de Moore : la densité et la vitesse des transistors doublent tous les 18 mois

Source : Matthias Grossglauser, EPFL

## 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 ?

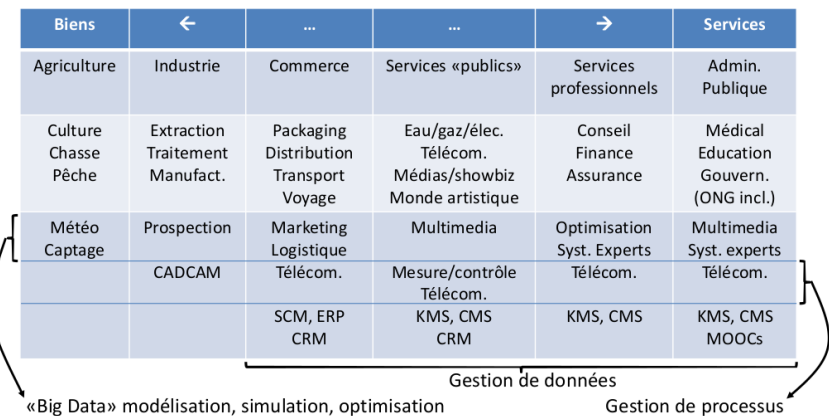
à de très nombreux domaines d'application : une discipline essentielle à notre économie de plus en plus tertiaire

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



## (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 environnements 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



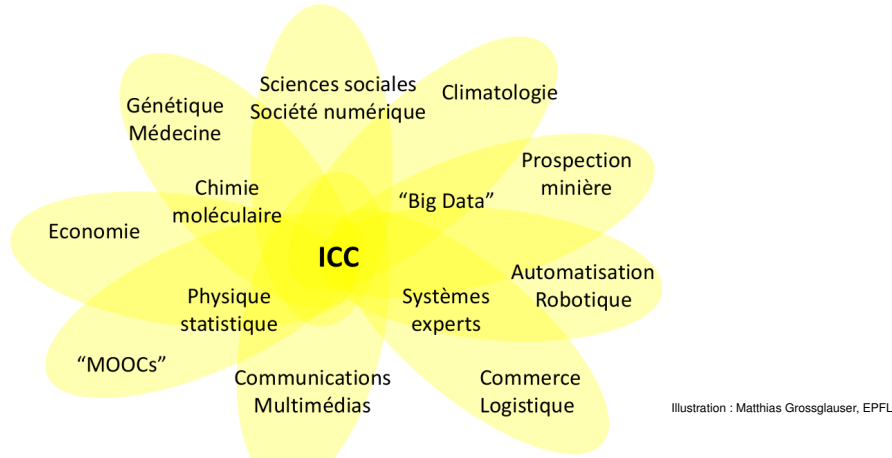
Gestion et traitement des données.

**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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> pilier :

- ▶ Info**R**omatics ☺

« le latin », « la presse de Gutenberg », « le pétrole»...  
... du 21<sup>e</sup> 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
- ▶ 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
- ▶ 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
- ▶ Bien plus qu'une technologie, l'Informatique est une *discipline scientifique* (dérivées des mathématiques) fondée sur 3 grands principes fondamentaux :
  - ▶ représentation *discrète* (c.-à.d. finie) du monde
  - ▶ représentation entachée d'*erreurs*, 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

À quoi sert ce cours ?

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

## L'Informatique pour un-e Mathématicien-ne moderne

Pour la « mathématicienne appliquée » :

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

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

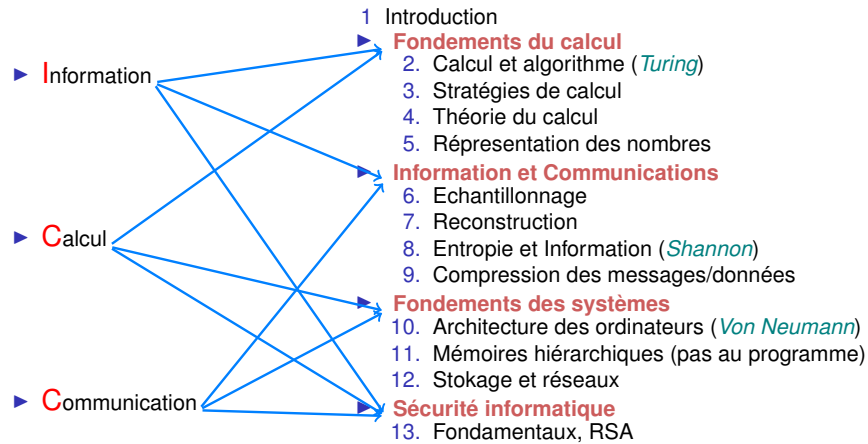
- ▶ comprendre en profondeur des problèmes complexes par « l'expérimentation » à l'aide d'ordinateur
- ▶ résoudre des questions fondamentales (d'Informatique théorique) encore ouvertes (p.ex. P=NP ?)
- ▶ démontrer des théorèmes à l'aide d'ordinateurs (p.ex. conjecture de Kepler (empilement de sphères),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

[https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted\\_proof#List\\_of\\_theorems\\_proved\\_with\\_the\\_help\\_of\\_computer\\_programs](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted_proof#List_of_theorems_proved_with_the_help_of_computer_programs)

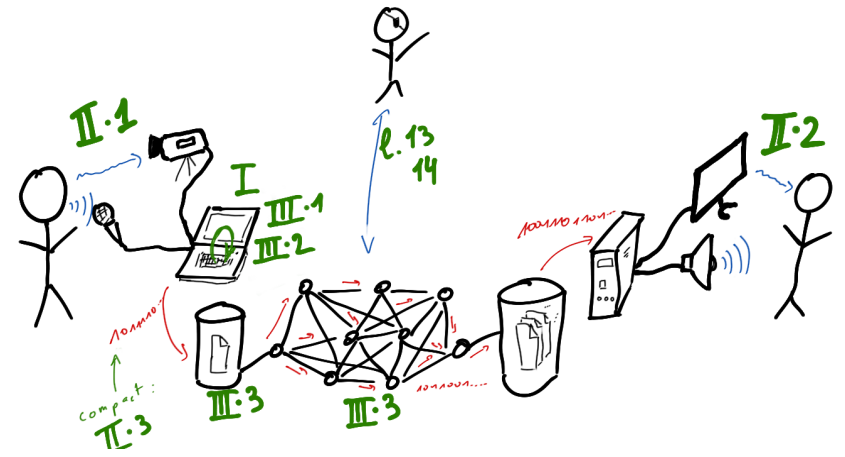
## L'Informatique pour un-e Mathématicien-ne moderne

- ▶ L'approche numérique est un outil indispensable pour les mathématiques  
Autant pour l'expérimentation que pour la théorie !
- ▶ 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

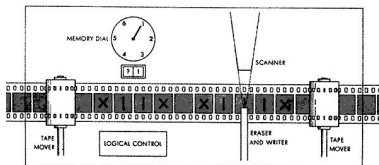


## Exemple concret



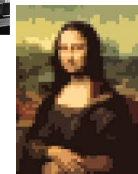
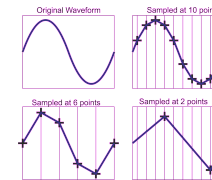
## Fondements du calcul

- ▶ 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, ...



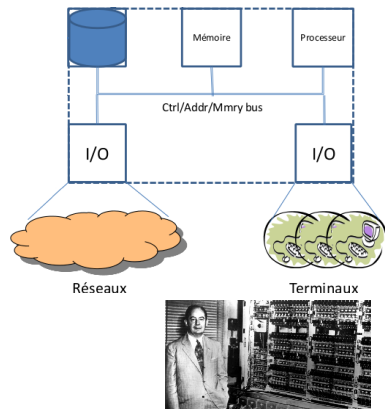
## Fondements des communications dans l'espace (transmission) et dans le temps (stockage)

- ▶ 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

- ▶ Chiffrage 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 votre Section
- ▶ 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<sup>e</sup> R)
- ▶ comprendre pourquoi, même si vous n'allez pas être informaticien-ne, 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 BS 160 et 170 (de l'autre côté de la rue) (placement libre, mais équilibrez les deux salles)