



## 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<sup>e</sup> pilier de la culture

en raison de trois facteurs

- ▶ accélération vertigineuse de la taille de l'humanité, de l'histoire, ...
- ▶ accélération vertigineuse la technologie, de l'informatique
- ▶ *besoin* d'automatiser « les services », le traitement de « l'information »

## Rôle de l'Informatique (2/2)

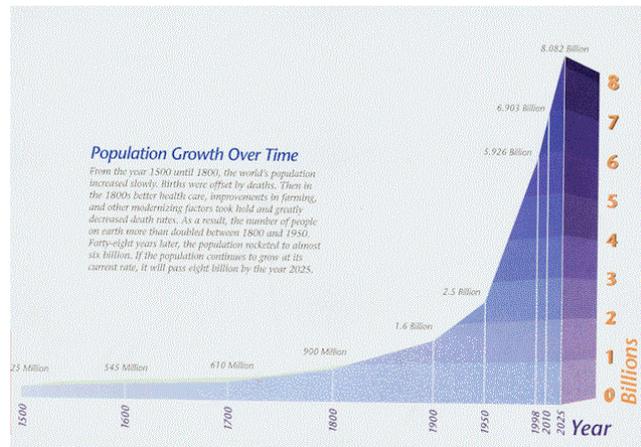
l'Informatique est bien plus qu'une technologie. Elle est une nouvelle *discipline scientifique* à part entière (dérivées des mathématiques)

- ▶ 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 l'humanité



Source : The Gary Halbert Newsletter ([www.thegaryhalbertletter.com/newsletters/population.htm](http://www.thegaryhalbertletter.com/newsletters/population.htm))

Autres sources :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Population\\_mondiale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Population_mondiale)

<http://www.populationmondiale.com/>

[https://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table\\_population.php](https://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_population.php)

## Une accélération vertigineuse de l'histoire

- ▶ De 1500 à 1900, la population de la planète a grandi de moins de 3M/an

De 1900 à 2000, elle a grandi de  $\approx 45\text{M/an}$  en moyenne !

- ▶ Il y a aujourd'hui sur Terre  $\approx 6.5\%$  des humains qui y ont jamais vécu
- ▶ « 99% des scientifiques et ingénieurs qui ont jamais vécu sont encore en vie »
- ▶ « L'accélération de cette accélération accélère »  
(exponentielle  $\implies$  dérivée 6<sup>e</sup> positive.  
Ceci dit, nous avons peut être maintenant atteint une partie linéaire...)

Sources : The Gary Halbert Newsletter ([www.thegaryhalbertletter.com/newsletters/population.htm](http://www.thegaryhalbertletter.com/newsletters/population.htm))

Carl Haub, *How Many People Have Ever Lived on Earth?*

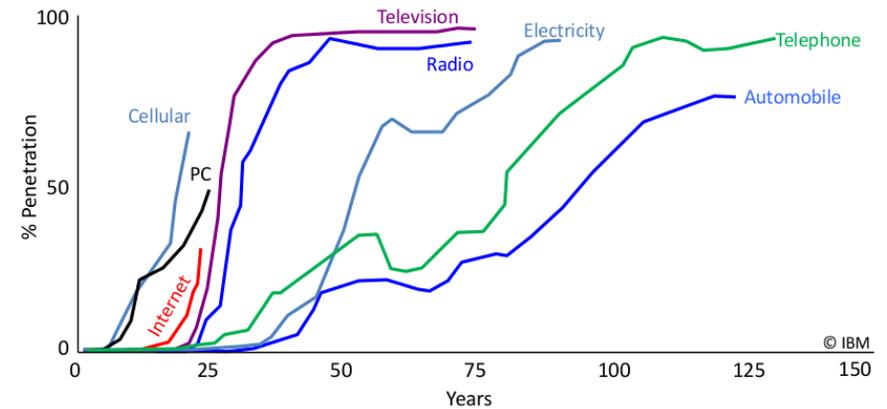
(<http://www.prb.org/Publications/Articles/2011/HowManyPeopleHaveEverLivedonEarth.aspx>)

## 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

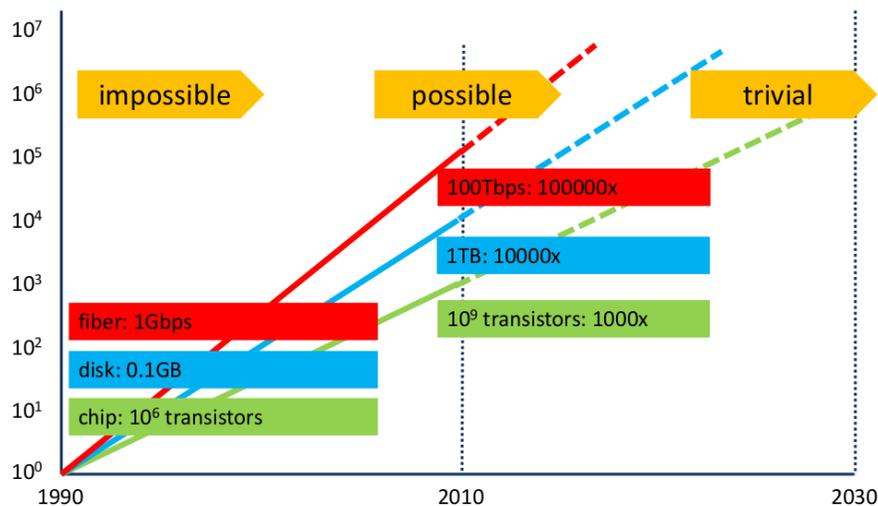
Source : Ray Kurzweil, *The Law of Accelerating Returns* ([www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns](http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns))

## Une accélération vertigineuse de la technologie



Source : IBM

## Une accélération vertigineuse de l'informatique



Source : Matthias Grossglauser, EPFL

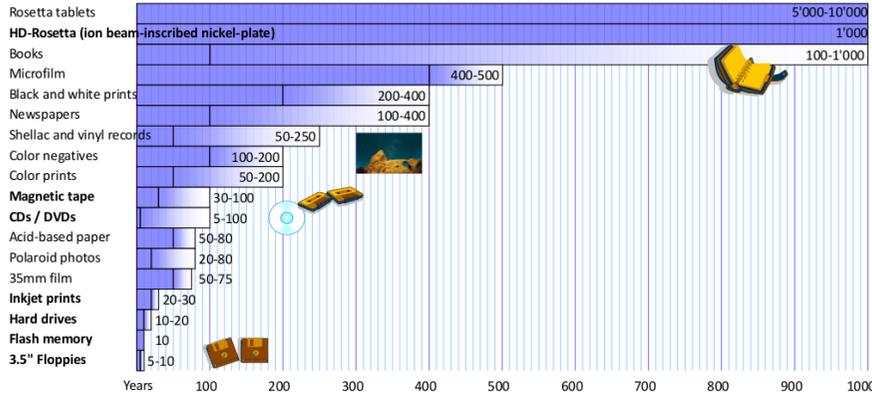
La loi de Moore : la densité et la vitesse des transistors doublent tous les 18 mois

## Une accélération vertigineuse de l'informatique

- ▶ Préhistoire – le langage et le comptage
- ▶ Histoire – écriture, calcul, géométrie, astronomie, – abaqes 
- ▶ 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 ?

de très nombreux domaines d'application

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

- ▶ la *simulation* de *modèles* et l'*optimisation* de solutions
- ▶ l'*automatisation* d'un certain nombre de tâches
- ▶ l'*organisation*, le *transfert* et la *recherche* d'information

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

# 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

«Big Data» modélisation, simulation, optimisation

Gestion de données

Gestion de processus

# (juste pour info : acronymes de la diapo précédente)

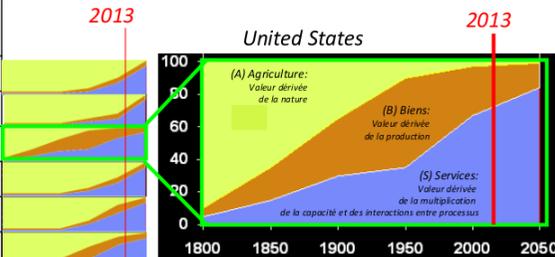
- ▶ CADAM : Computer Aided Design And Manufacturing
- ▶ SCM : Supply Chain Management
- ▶ ERP : Enterprise Resource Planing
- ▶ CRM : Customers Relationship Management
- ▶ KMS : Knowledge Management Systems
- ▶ CMS : Content Management Systems
- ▶ MOOC : Massive Open-Online Course

# Une discipline essentielle à notre économie tertiaire

10 plus grands pays par pool de main d'oeuvre  
(environ 60% de la main d'oeuvre mondiale)

A = Agriculture, secteur primaire    B = Biens, secteur secondaire    S = Services, secteur tertiaire

Nation	% ww Labor	% A	% B	% S	25 yr % delta S
Chine	21.0	50	15	35	191
Inde	17.0	60	17	23	28
U.S.	4.8	3	27	70	21
Indonésie	3.9	45	16	39	35
Brésil	3.0	23	24	53	20
Russie	2.5	12	23	65	38
Japon	2.4	5	25	70	40
Nigeria	2.2	70	10	20	30
Bangladesh	2.2	63	11	26	30
Allemagne	1.4	3	33	64	44



Accroître l'efficacité de notre économie de services comme nous avons multiplié celle de notre agriculture et notre industrie ne peut se faire qu'avec un recours massif à l'informatique

>50% (S) services, >33% (S) services

Source : ([www.nationmaster.com](http://www.nationmaster.com))

# Trois classes d'application

Trois grandes classes d'application de l'Informatique :

- ▶ **Calcul scientifique :**  
Modélisation, Simulation, Optimisation
- ▶ **Gestion de l'information :**  
Stockage, Transfert/Transaction et Recherche d'informations
- ▶ **Conduite de processus :**  
Automatisation

# 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 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...

## 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, ...

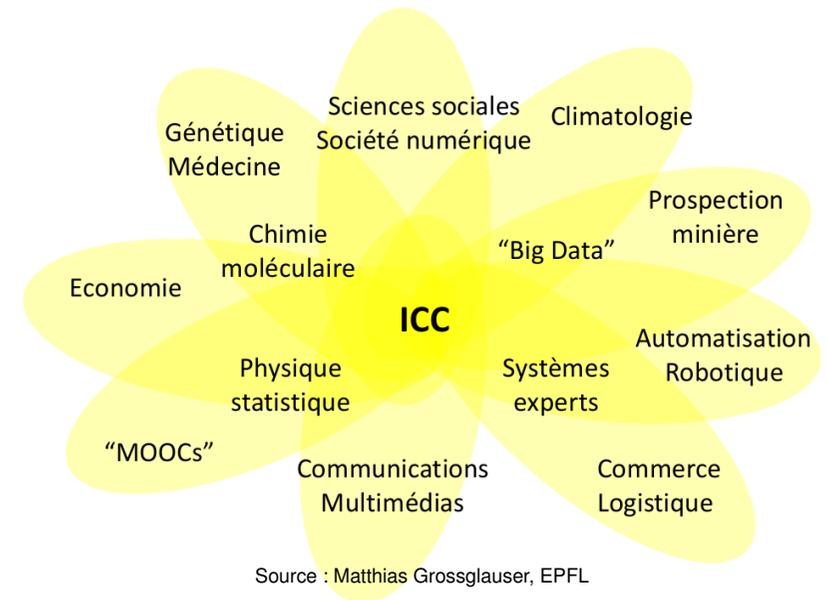


**Exigences :** nécessité d'un faible encombrement, d'une consommation réduite, et souvent d'un coût minimum (→ grand public).

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

## 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
- ▶ **W**Riting
- ▶ **A**Rithmetic

Aujourd'hui cette même culture de base appelle un 4<sup>e</sup> pilier :

- ▶ **I**nfo**R**matics ☺

« 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)  
cf. exemple des moteurs électriques  
→ contribue 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 son histoire, 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 coté 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 tsunamis  
(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<sup>e</sup> 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 problèmes 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 :

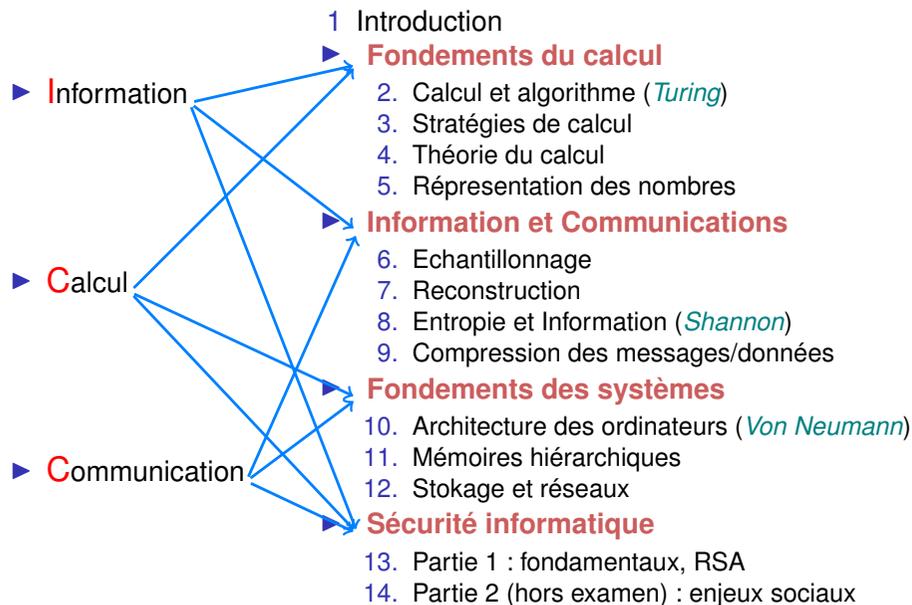
- ▶ comprendre en profondeur des problèmes complexes par « l'expérimentation » à l'aide d'ordinateur
- ▶ résoudre des questions fondamentales (d'Informatique théorique) encore ouvertes (e.g. P=NP ?)
- ▶ démontrer des théorèmes à l'aide d'ordinateurs (e.g. conjecture de Kepler (empilement de sphères),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

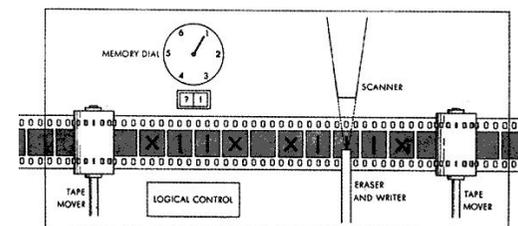
- ▶ L'approche numérique est un outil indispensable pour le physicien/mathématicien  
Autant pour l'expérimentateur que pour le théoricien !
- ▶ Permet d'aborder des problèmes complexes
- ▶ La connaissance de l'outil numérique et de ses principes fondamentaux sont devenus indispensables à votre formation

## Plan de la partie théorie du cours



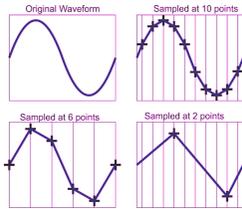
## Fondements du calcul

- ▶ 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

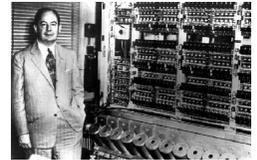
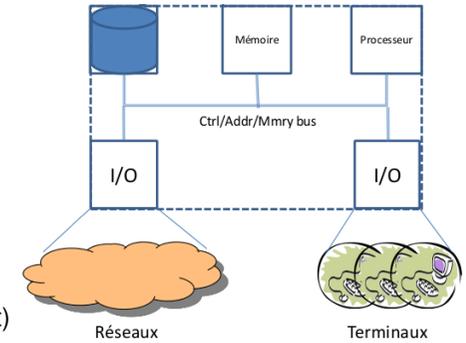


- ▶ Entropie (*Shannon*)  
L'entropie comme mesure de complexité et donc de «volume» informatique
- ▶ Compression  
Économie de bits avec ou sans perte d'information pour économiser temps de transmission ou l'espace de stockage



# Fondements des systèmes

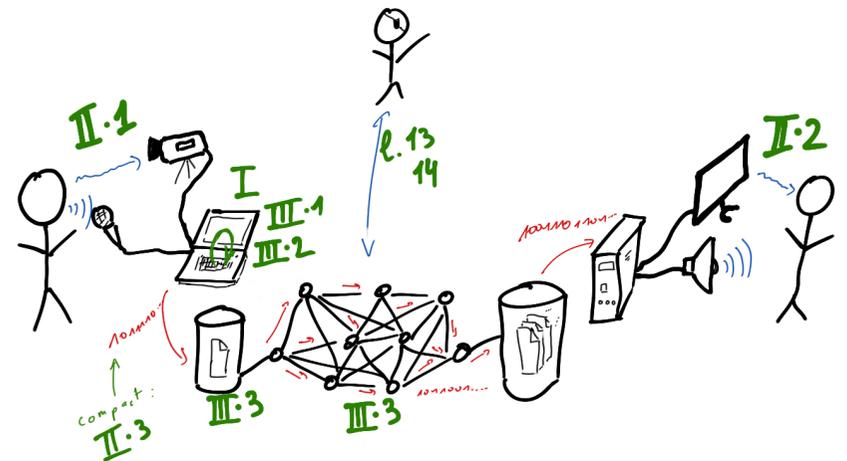
- ▶ Architecture (*Von Neumann*)
- ▶ Mémoires hiérarchiques
- ▶ Stockage et réseaux
  - ▶ Systèmes de fichiers et bases de données
  - ▶ Types et architecture de réseaux (Internet)



# Sécurité

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

# Exemple concret



## 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<sup>e</sup> 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)