

L'informatique transforme les sciences, les techniques, les institutions et la notion d'humanité

Gilles Dowek

I. Les transformations des sciences

Des quantités d'informations

Une unité d'information : le bit (blanc / noir)

Exercice : combien de bits pour exprimer le jour de la semaine ?

Une unité dérivée : l'octet (= 8 bits)

Quelques préfixes

1 octet = 1 caractère de l'alphabet (parmi $\simeq 200$)

1 **kilo**octet = 1000 octets = 1 page

1 **méga**octet = 1000 kilooctets = 1 livre

1 **giga**octet = 1000 mégaoctets = 1 petite bibliothèque

1 **téra**octet = 1000 gigaoctets = la BNF (14 mégavolumes) = 50 €

1 **péta**octet = 1000 téraoctets = ensemble des cultures (écrites)

Le Cern

Quantité de données produite par le CERN chaque année

15 pétaoctets = mille BNF

Le cahier de manip

Du cahier à spirale (96 pages) à mille BNF

Boson de Higgs, séquençage du génome...

Pourquoi pas plus tôt ?

Le cahier de manip

Du cahier à spirale (96 pages) à mille BNF

Boson de Higgs, séquençage du génome...

Pourquoi pas plus tôt ?

Parce que les cahiers de manip étaient trop petits

La méthode expérimentale I : tester une théorie

Des observations, des théories

Théories **prédictives**

Prédictions **en accord** avec observations

Que signifie “être en accord” avec 15 pétaoctets ?

La théorie doit permettre **beaucoup** de prédictions

Faire une prédiction : résoudre un problème ou appliquer un algorithme ?

La méthode expérimentale II : inventer une théorie

Théories suggérées par observations *vs.* *a priori* et testées

Comment **bâtir** une théorie à partir de 15 pétaoctets ?

Apprentissage

Inférer les lois de Kepler des observations de Tycho Brahé ?

T proportionnel à $a^{3/2}$? Trajectoires elliptiques ?

À quoi servent les chercheurs ?

À **bâtir** des théories ?

À **bâtir** des algorithmes qui **bâtissent** des théories ?

Un cas particulier : les mathématiques

Quelle est la taille maximale d'une démonstration ?

La taille d'un cahier à spirale

Théorème quatre couleurs, Hales... plusieurs **millions** de pages

Des instruments en mathématiques : l'ordinateur, lunette du mathématicien (Wilf)

Un cas particulier : les sciences humaines

Deux nouveautés

(1) des théories **prédictives** (modéliser et simuler) : e.g. urbanisme

(2) les **observations** : le réseau, lunette de l'anthropologue

II. Les transformations des techniques

Fabriquer des objets dans un but défini

Travail technique = travail manuel ?

Objets matériels → objets immatériels

L'informatique : **1/3** de la R&D mondiale

Existe-t-il des objets matériels ?

1/3 du coût d'un avion, d'une voiture... coût du logiciel

90% des processeurs embarqués

Les objets les plus complexes construits par les hommes

Linux

12 000 000 lignes = mille livres de poche

De nouveaux problèmes : la sûreté

Nouveau phénomène : le bug

Difficile d'écrire 10^7 lignes sans se tromper...

Quelles conséquences : réveil électronique, réseau téléphonique, centrale nucléaire, contrôle aérien, robot chirurgical...

Spécification : tests et preuves de programmes

E.g. la fonction avion \mapsto position **injective**

De nouveaux problèmes : la sécurité

Non seulement des erreurs, mais aussi des attaques (disponibilité, confidentialité...)

Origine ancienne : cryptologie (César), mais nouveaux problèmes (vote électronique)

Un changement d'échelle

Snowden, Stuxnet...

À quoi ressemblera la guerre demain ?

Des colosses

Situation normale dans l'industrie des objets immatériels : le monopole

(1) service : communiquer (e.g. réseaux sociaux)

Entreprise 1 : 60% du marché, entreprise 2 : 40%

Nouveaux clients vers la première \rightarrow 100% - 0%

(2) innovation proportionnelle à l'effort de R&D proportionnel au nombre de clients

60% - 40% \rightarrow 100% - 0%

Des colosses aux pieds d'argile

Même raisonnement : monopole éternel

99% - 1% \longrightarrow 100% - 0%

On observe **le contraire** : IBM, Microsoft...

Microsoft : pas de concurrence d'IBM sur son terrain

Mais ordinateurs moins importants que systèmes d'exploitation

Idem : Google, Facebook...

Concevoir des objets matériels

E.g. : un avion

Pourquoi fait-on des essais en soufflerie ?

Pour tester une théorie (expérience) ?

Parce qu'on ne sait pas résoudre les équations ?

Si maintenant on sait résoudre les équations (simulation) ... pas besoin d'essais

Vers le 100% simulé

Fabriquer des objets matériels

Des **usines vides** : les biens matériels (textile, automobile...) fabriqués par des robots

Plus d'ouvriers

Où sont les gens dans les entreprises ?

En amont de la production (R&D) et en aval (vente, marketing...)

Le métier d'ingénieur

De fabriquer



à inventer



Quels emplois dans un monde robotisé ?

Flash back : agriculture, industrie, services

Première migration : de l'agriculture vers l'industrie (3% de paysans aujourd'hui)

Deuxième migration (début de la robotisation) de l'industrie vers les services

Mais les **services** aussi sont robotisés (disquaire, facteur, libraire, guichetier, employé de banque, opérateur de saisie des feuilles de soin, hôtelier...)

Deux mondes possibles

Une société d'oisifs nourris par des cornes d'abondance (comment répartir les fruits des cornes d'abondance ?)

Déjà 42 millions d'oisifs

Ou : une société qui inventera de **nouveaux besoins** (lesquels ?)

III. Les transformations des institutions

Quel est votre point de vue sur

les questions militaires ?

les questions de police ?

les questions de justice ?

les questions d'éducation ?

les questions de santé ?

les questions d'économie ?

Une question binaire à chaque fois : combien de bits en tout ?

Une élection présidentielle

16 candidats

Combien de bits communiqués par un bulletin de vote ?

Que faire quand le message est plus gros que le canal ?

Que faire quand le message est plus gros que le canal ?

Utiliser un algorithme de compression (avec perte)

Exemple : globalement, je suis d'accord avec Madame A / L

Ultimement : je suis de gauche / de droite

Une élection tous les cinq ans

Débit : $0.8 \text{ bit / an} = 10^{-8} \text{ bit / s}$

Débit d'une box : 10^8 bit / s
 10^{16} fois plus

Une élection tous les cinq ans

Débit : 0.8 bit / an = 10^{-8} bit / s

Débit d'une box : 10^8 bit / s
 10^{16} fois plus

À quoi sert de compresser ?

À quoi sert de compresser ?

À quoi servent les institutions ?

À quoi sert d'élire un député qui va voter les lois pour nous ?

Votons les lois

Développons une application pour discuter à 66 000 000

Déjà le Web

Sites webs des partis politiques : ordre inverse de leur audience

Droit au logement, droit des malades, écologie, **suffragettes**

IV. Les transformations de la notion d'humanité

Jamais un ordinateur ne pourra

faire une multiplication

jouer aux échecs

démontrer un théorème

découvrir une planète

distinguer un Botticelli d'un Warhol

traduire un texte d'une langue dans une autre

À l'autre bout : jamais un animal ne pourra

parler une langue
transmettre une culture
se reconnaître dans un miroir

Que reste-t-il de notre singularité ?

Et comment fonder une éthique post-humaniste ?