

Face au chaos, le décèlement précoce

# **Instabilités technologiques & signes avant-coureurs de désordres à venir**

Michel Riguidel

[riguidel@enst.fr](mailto:riguidel@enst.fr)

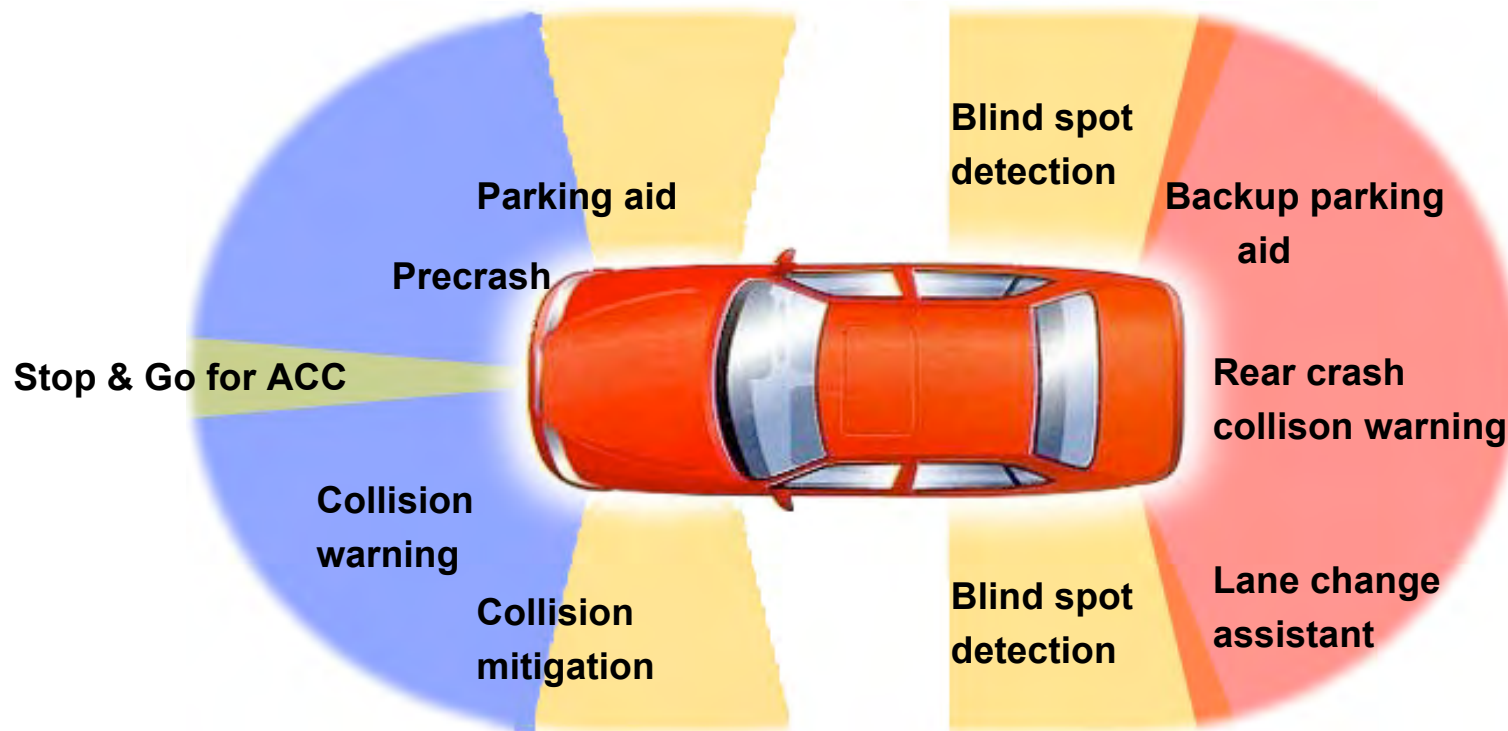
Grands défis (2007 – 2013)  
pour les Technologies  
de la Société de l'Information

Groupe Européen ISTAG de Réflexion pour le 7<sup>ème</sup> PCRD

# **ILLUSTRATION DE LA RECHERCHE EN INFORMATIQUE EN 2007**

# The 100 % safe car

Roadway accidents entail enormous human suffering and burden European society with tremendous economic costs. Hence, we envision projects with ICT systems leading the realization of the 100% safe automobile for eliminating traffic fatalities almost completely.



**For** survival, security, convenience

**Fields:** cognitive systems, embedded systems, verification, M2M, positioning technologies, 4G wireless, software development frameworks, control theory

# The Multilingual Companion

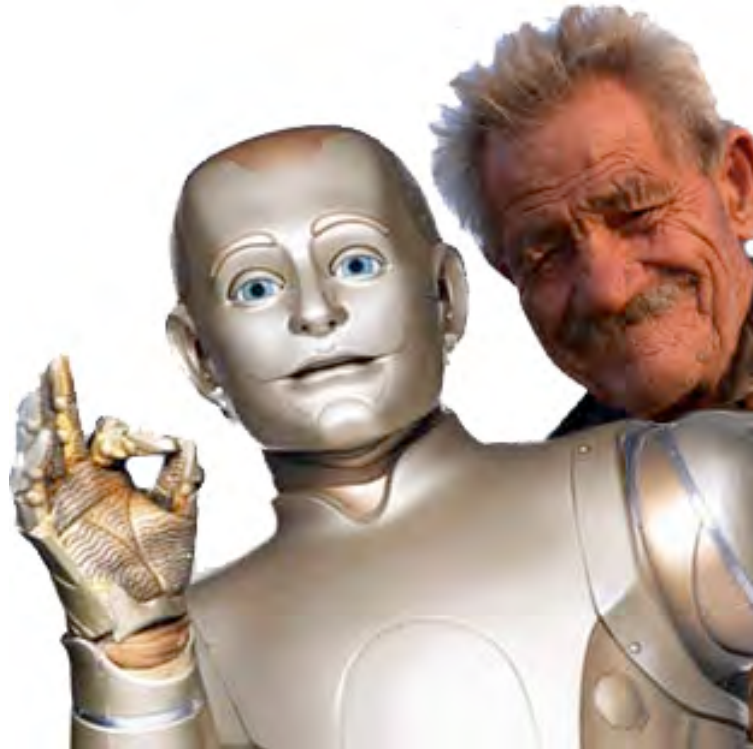
With the enlargement to 25 Member States, the EU faces a new multi-lingual challenge. We envision grand projects to defeat the communication barrier between member states by developing a powerful “multi-lingual companion” that will make multilingual and cross-lingual information access and communication virtually automatic.



For tourists, cultural heritage, business meetings  
Fields: language technology, cross-lingual information extraction and retrieval, mobile communication technologies

# The Service Robot Companion

As the European population ages, spiraling health-related costs will place an immense burden on European economies. We envision the development of flexible home-care service robots, which will help people to care for themselves, improve their comfort of living and likely entertain them.



For help with food preparation, surface cleaning

Fields: cognitive systems, affective computing, multimodal dialogue, artificial intelligence

# The Self-Monitoring and Self-Repairing Computer

System failures are extremely costly and all too frequent in today's complex ICT systems. We envision a grand challenge to develop self-monitoring and self-repairing computing systems that will demonstrate the principle of software systems with greatly improved reliability.



For network security, safety-critical applications, real-time services  
Fields: control theory, software methods, architecture

# The Internet Police Agent

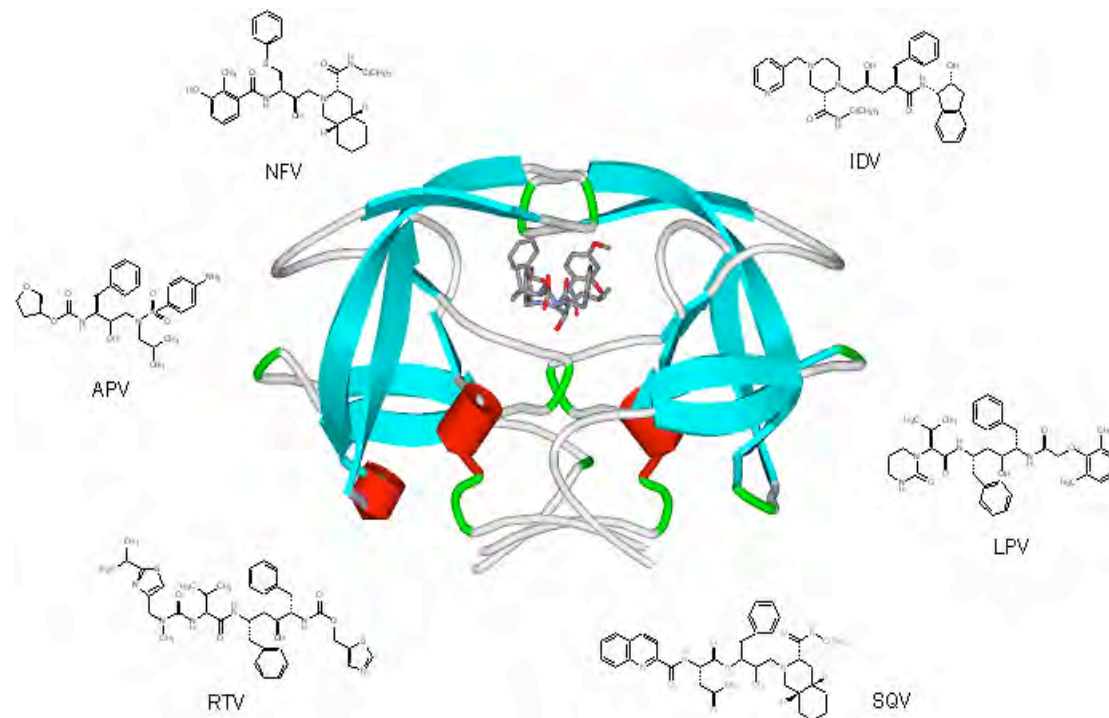
To reap the full benefits of the Internet, we must maintain its further development and counter criminal and anti-social activities (viruses, worms, fraud, etc.). We envision projects to develop an automated “police agent” that will be a socially beneficial force within the Internet environment.



For security, intrusion detection, law enforcement, fighting against a “sick” Internet  
Fields: software agents, multi-agent systems, security, Information extraction, data mining

# The Cell-based Disease and Drug Simulator

We envision the development of a computational platform for simulating the function of the living cell. This simulator will enable medicines to be tested without putting people at risk, and will accelerate research into damaging diseases such as heart disease and cancer.



For disease prediction, drug testing, medical research

Fields: bioinformatics, visualization, event simulation, data mining, ontology-based simulation, probabilistic and model-driven prediction



# Augmented Personal Memories

The ICT revolution will make it possible to store virtually every image, film or television program you have ever seen, every conversation you have ever had or book you have read. We envision a project that will make it possible for people to create, preserve, sort and retrieve their own personal vast storehouse of the past, in the form of a personalized digital life diary and augmented memory assistant.



For augmented episodic memory, security, aid for the elderly and handicapped,  
Fields: sensors, user modeling, multimodal fusion, information extraction and mining, positioning technologies, data capture

# The Pervasive Communication Jacket

Most objects in the house, at work or in public spaces will soon carry wireless communications technology. We envision a communications “jacket” that will enable the individual of tomorrow to exploit these information resources in a natural and beneficial way.



For life saving, security, health monitoring, mobile web services

Fields: 4G mobile networks, wearable, ABC technologies, multimodal dialogue, biosensor fusion, location-based services

# The Everywhere Visualizer

Visualization is key for people to exploit the information revolution. A grand challenge is to develop a convenient personal and mobile visualization system that will work anywhere and with minimal fuss, thereby enhancing our ability to harness tomorrow's ICT capabilities.

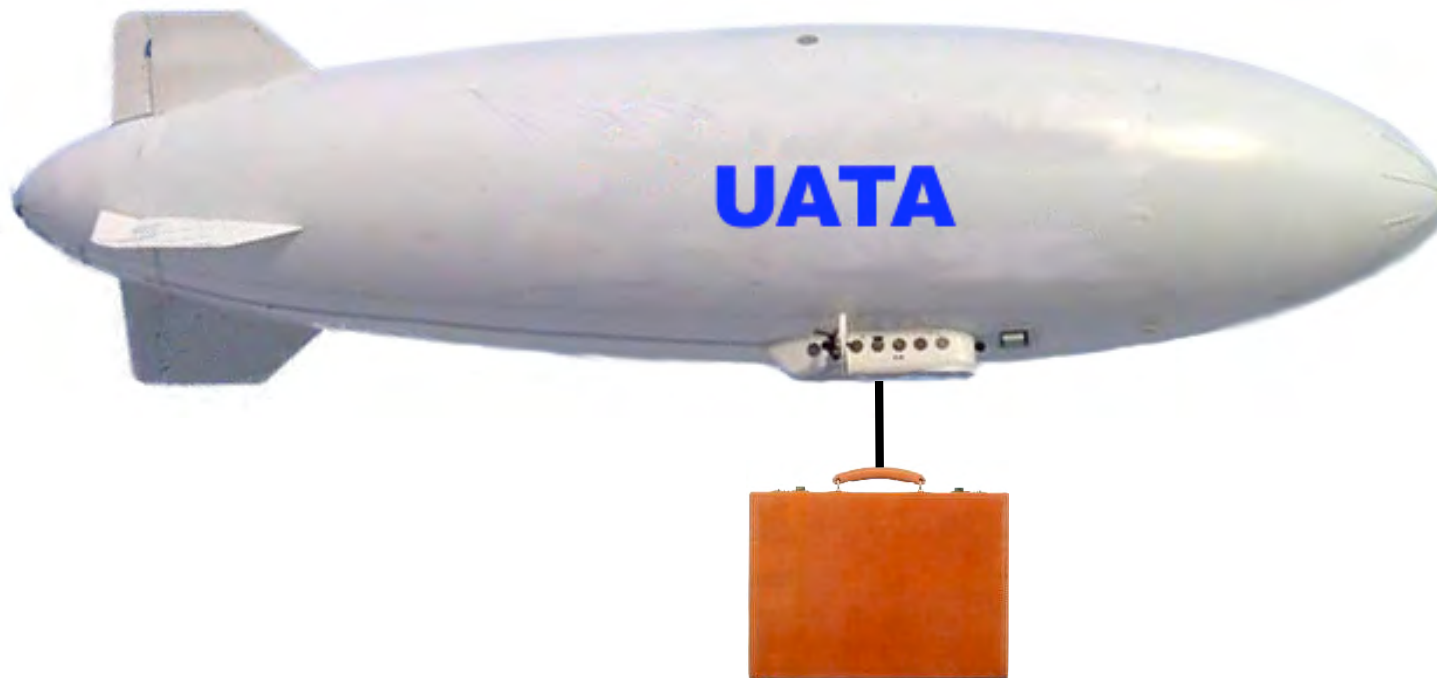


For mobile everywhere displays, future office environments, telepresence, retail environments, augmented reality services

Fields: new display technologies, graphics, visualization, image understanding, multimodal interaction

# The Ultra-light Aerial Transport Agent

We envision an unmanned aerial transport agent for “small scale” logistics – for the transport of small packages and products from point to point, monitoring of crime, and helping in search and rescue operations.



For security, small-scale logistics for indoor and outdoor, helping the elderly and handicapped, convenience

Fields: cognitive robotics, sensor fusion, multimodal dialogue

# The Intelligent Retail Store

We envision projects to realize the “intelligent retail store” – a store in which emerging ICT technologies are integrated in a way that brings more information, greater pleasure, and efficiency to both retailers and their customers alike.



For smart logistics, mixed reality shopping, automatic comparison shopping, cross- and up-selling  
Fields: smart labels, tracking and tracing, user modeling, plan recognition, location-based services, privacy, security

# LA GESTION DE LA COMPLEXITÉ

## Instabilités

naturelles,  
culturelles,  
**technologiques**

En 2007, le **chaos technologique** à venir provient de l'**impasse conceptuelle** de la gestion difficile de la **complexité**

Continuité à certaines échelles (temps, espace), dans certains contextes (économiques...)

Signes avant-coureurs de ruptures évidentes: le développement et l'évolution de la technologie engendrent de nouveaux verrous technologiques

Affrontement brutal (convergence numérique, lutte entre les normes, compétition entre solutions)

Les mécanismes, les contraintes, les verrous sont fonctions des échelles

C'est l'articulation entre les différentes échelles qui est problématique (quantique, classique)



# LA RUPTURE INFORMATIQUE



# David Hilbert

Second Congrès International des  
Mathématiciens de Paris

Conférence d'anthologie le 8 Août  
1900

23 problèmes non résolus

Retentissement énorme

Vague de fond sur toutes les  
mathématiques du XXème siècle

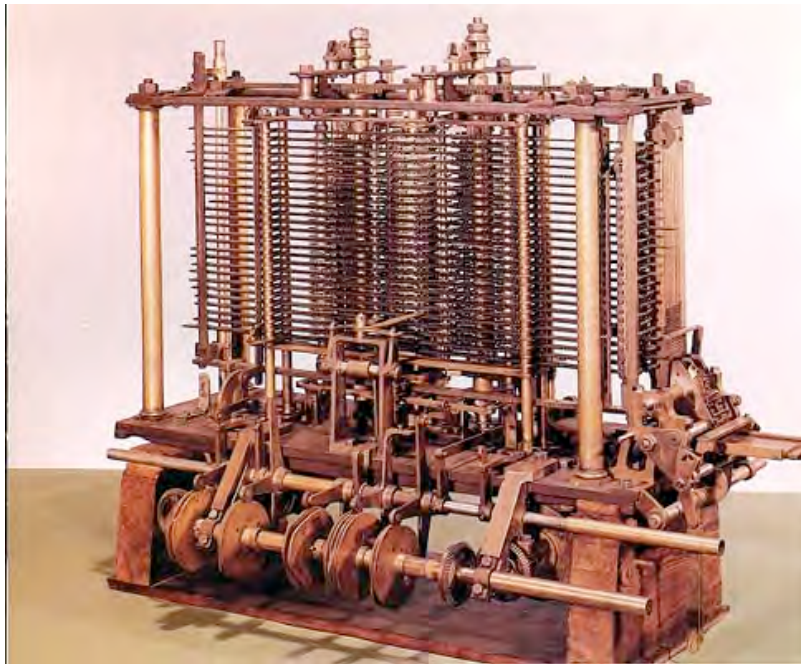


# Alan Turing

Il conçoit l'ordinateur en résolvant  
le 10<sup>ème</sup> problème de Hilbert

28 Mai 1936 : "On Computable  
Numbers"

Concept très puissant :  
Machine de Turing



# LA RUPTURE MATÉRIELLE

# 1947

Le premier transistor

John Bardeen, Walter Brattain et  
William Shockley

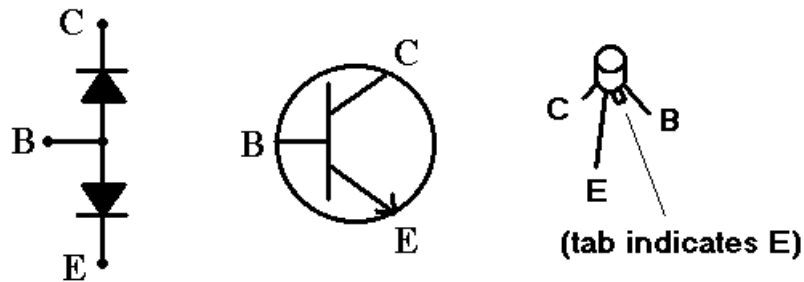
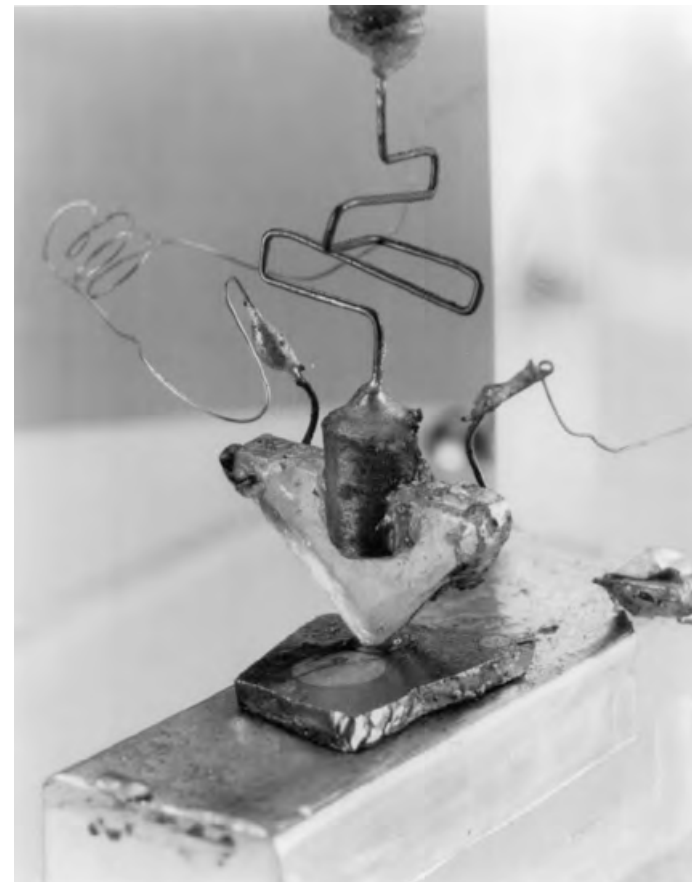


Fig. 1 The NPN Transistor

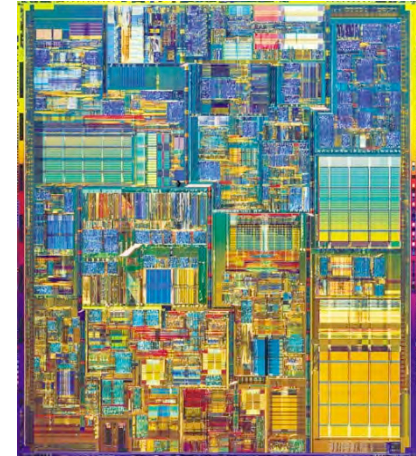


The first transistor (Bell Labs).

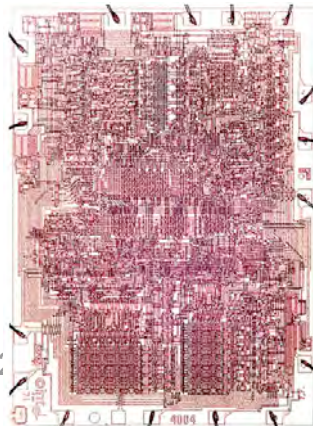
# Gordon Moore



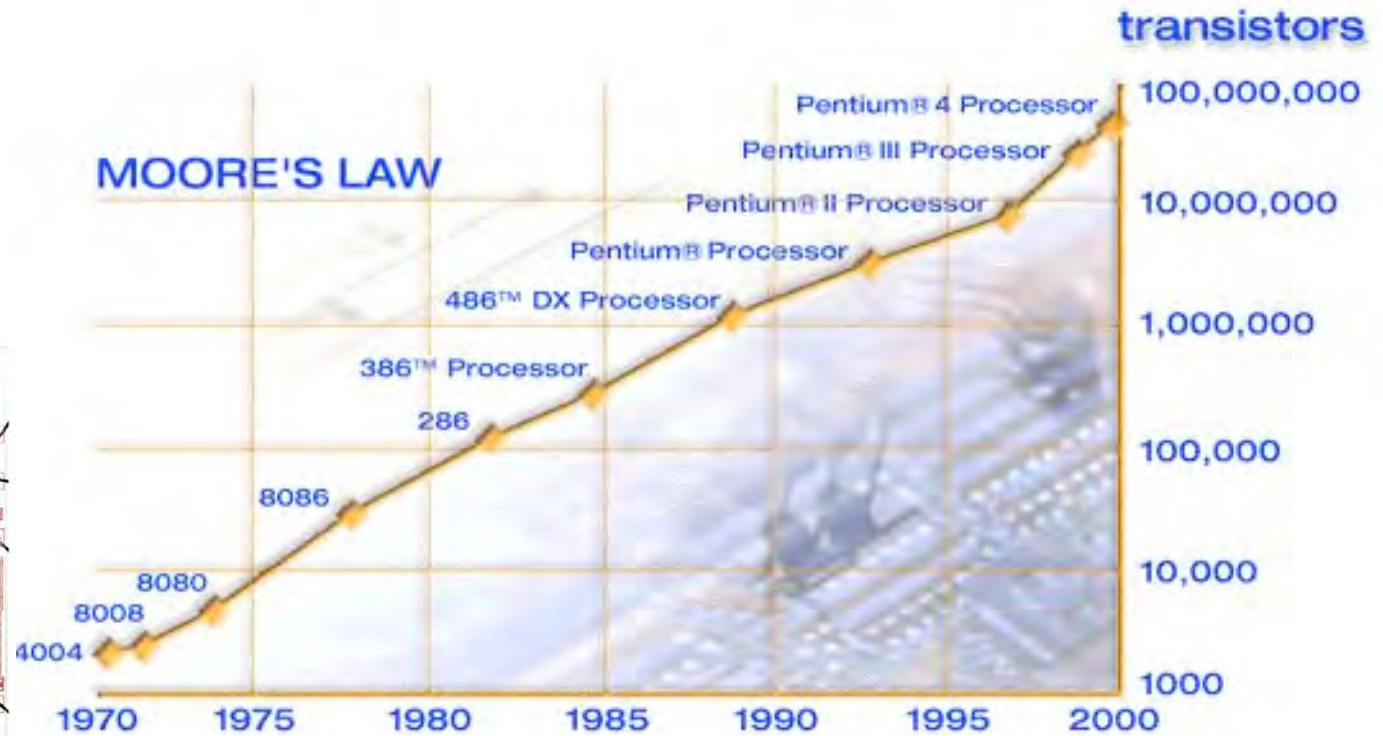
Pentium 4  
42 millions de transistors



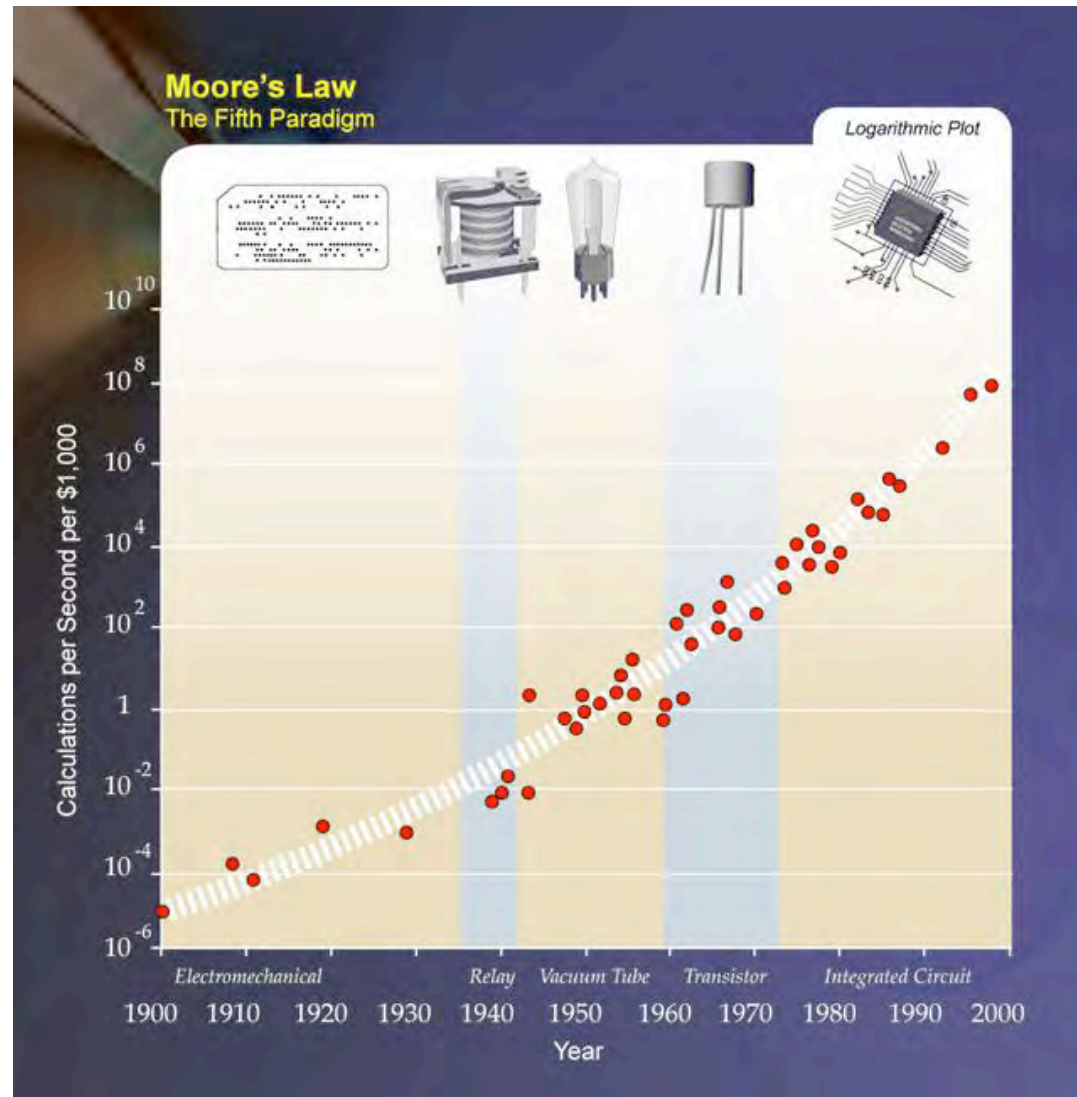
Intel 4004  
2300 transistors



22/03/



# Loi de G Moore généralisée



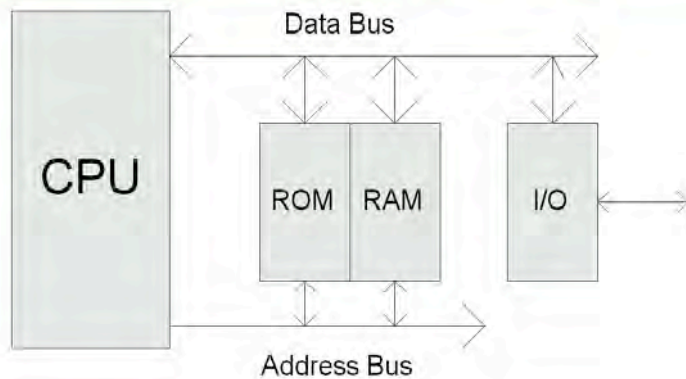
# LA RUPTURE LOGICIELLE

# John Von Neumann

Il met au point l'ordinateur dans les années 46-49

Il écrit en 1951 un article sur les « virus »

## John von Neumann Architecture





# John Backus

Il invente le premier langage informatique (Fortran 1)

Évolution des langages informatiques :

Complexification et abstraction du typage

Un Humain (Bac + 5) est capable d'écrire et de maîtriser 10 000 lignes à 50 000 lignes de code

Logiciels modernes

Une équipe de 10 personnes

Une organisation de 100 personnes

Une hiérarchie d'organisations  
1000 à 5000 personnes

Non maîtrise du logiciel, en général

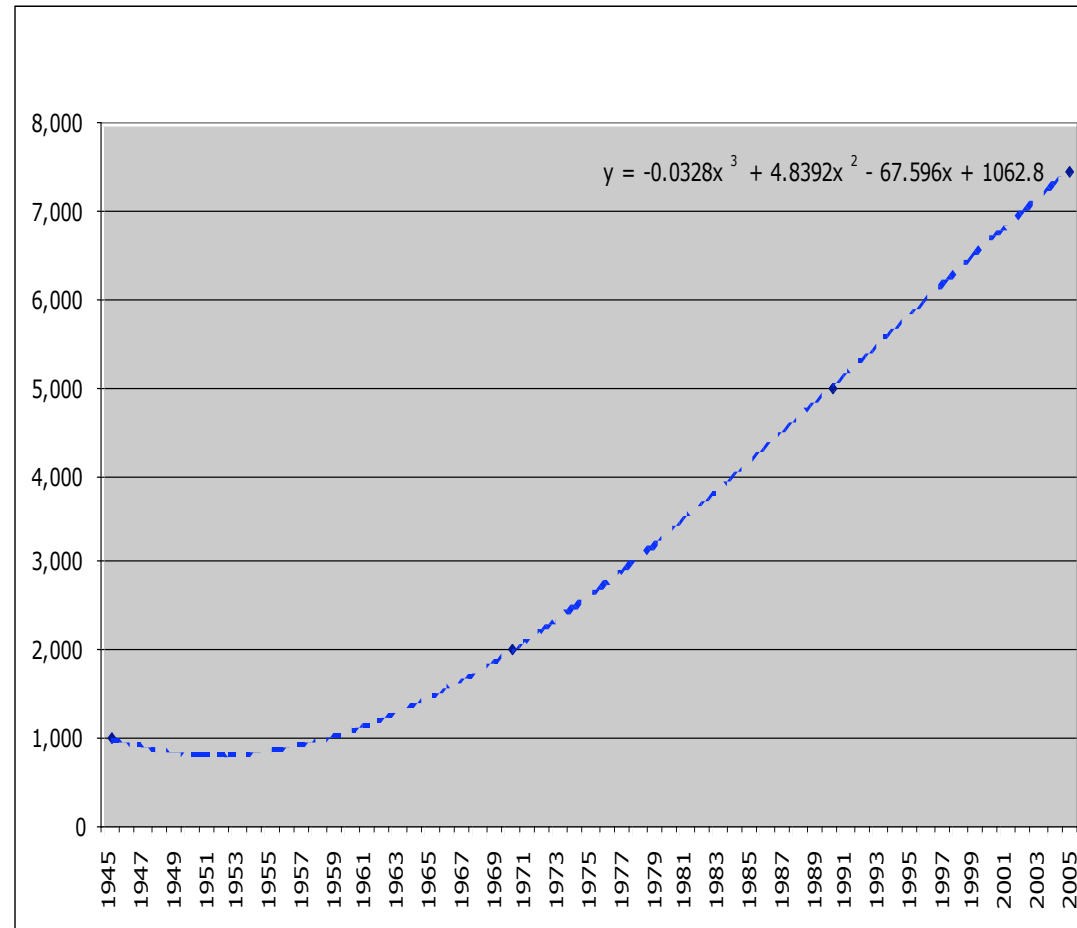


# La fabrication du logiciel en panne

Premier article sur la complexité logicielle

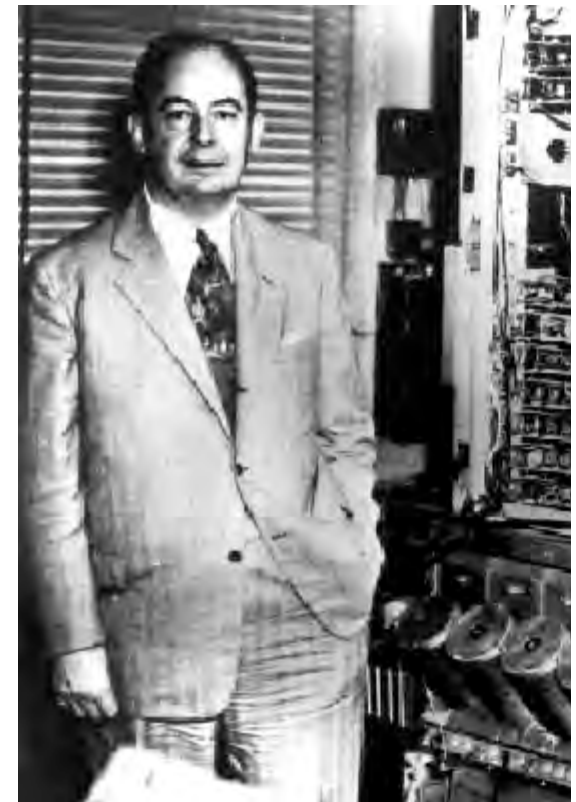
Rubey, R.J.; Hartwick, R.D.:  
Quantitative Measurement Program  
Quality. ACM, National Computer  
Conference pp. 671-677, 1968.

La productivité  
logicielle très  
faible est le frein  
majeur de  
l'évolution du  
monde moderne



# La société des pièces rapportées et du coupé- collé

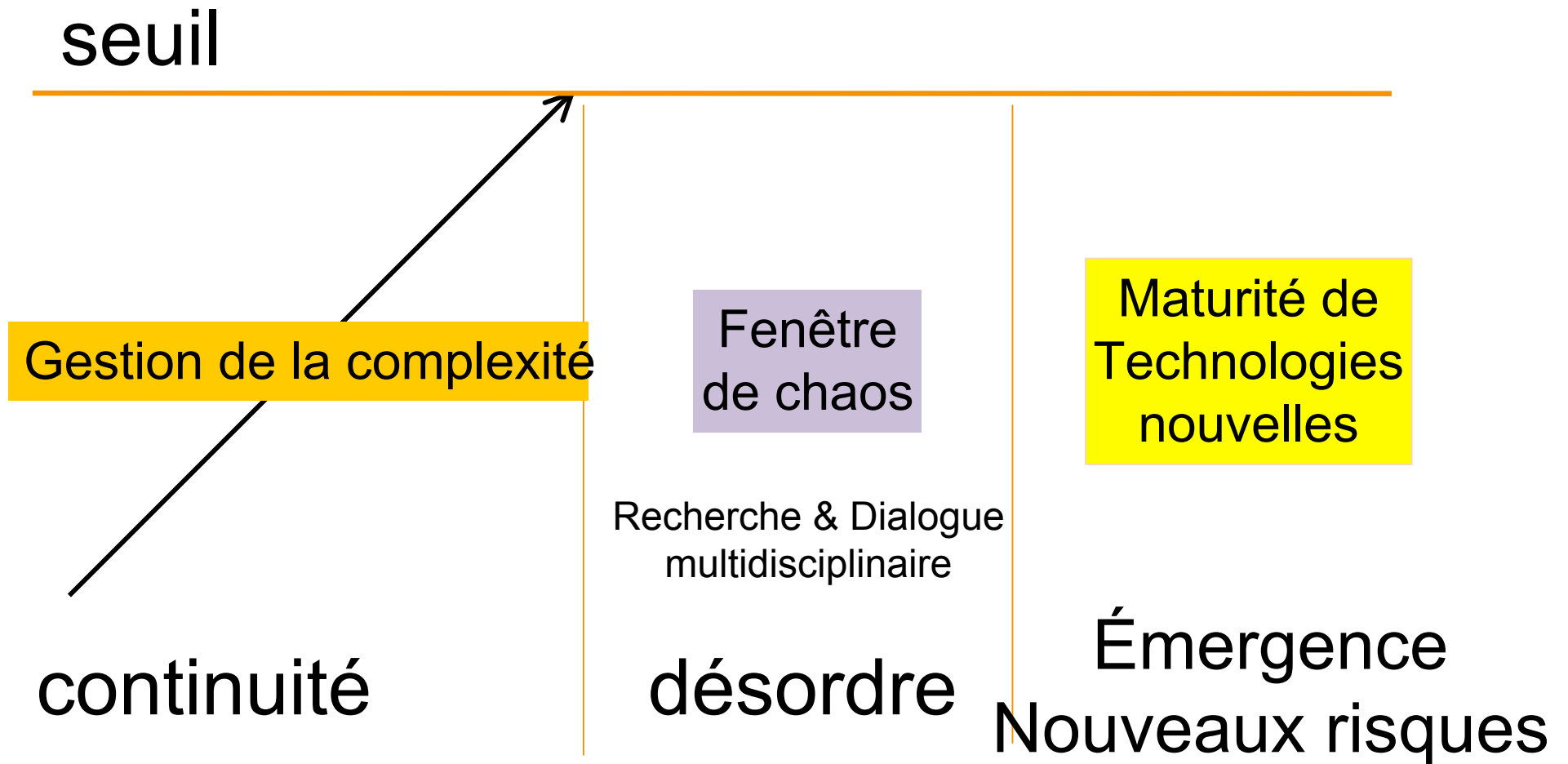
- 1948 : les soudures sur le matériel
  - J Von Neumann est lassé des patches et des soudures sur les circuits
  - il invente la séparation du matériel et du logiciel
- 2007 : les “patches” sur le logiciel
  - la liaison ombilicale entre les éditeurs de logiciels et l'utilisateur final
  - la complexité inextricable des logiciels
  - la correction des erreurs en flux tendus
- Le flux tendu logiciel est vulnérable
  - embargos sur les patches
  - pirates brisant les liaisons fournisseurs-utilisateurs



22/03/2007 **la complexité doit être injectée**  
ailleurs

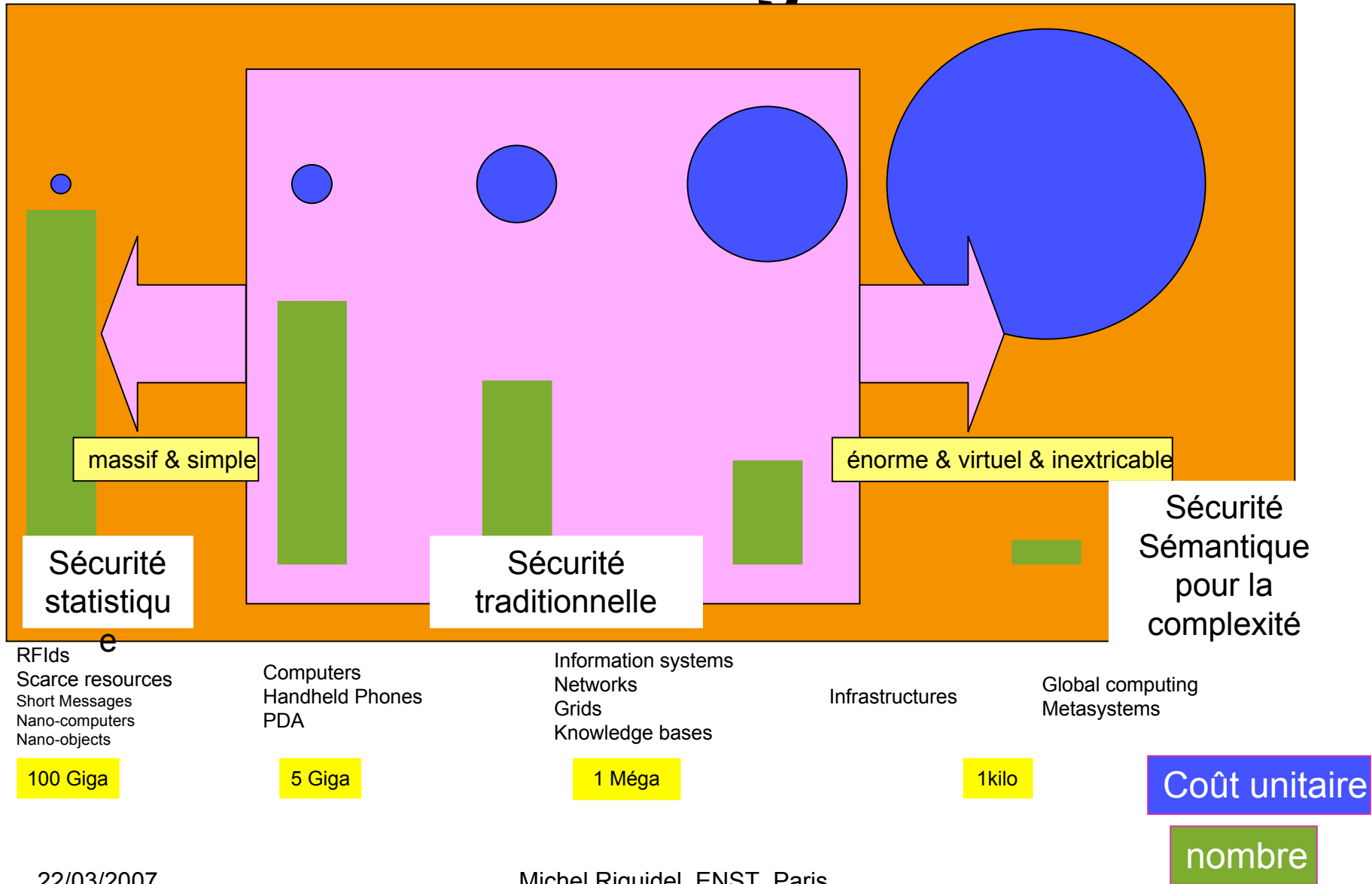
Michel Riguidel, ENST, Paris

# L'asymptote de la complexité



# LA RUPTURE EN SÉCURITÉ

# Calcul, communication et stockage

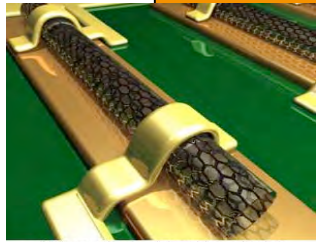


# 3 Ubiquités : Stockage - Communication - Calcul

Sécurité du simple,  
Petit, voire invisible

Sécurité de la complexité  
des grands réseaux et systèmes

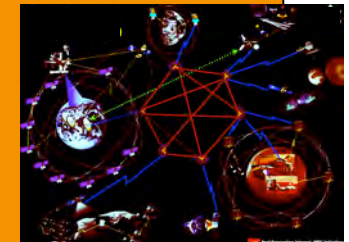
Sécurité du géant,  
voire de l'inextricable



Composants



Intelligence & Connaissance

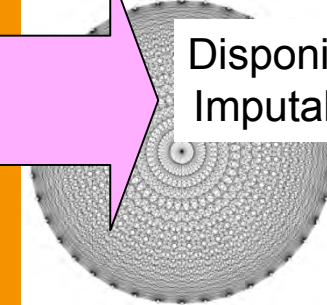


Méta-Systèmes

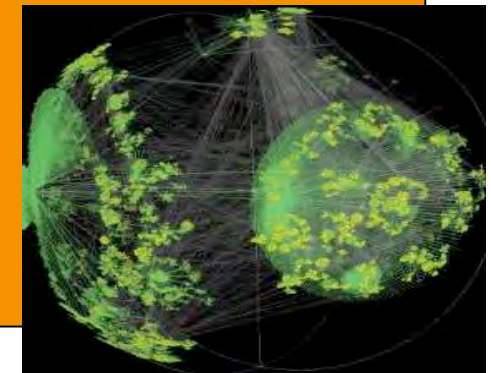
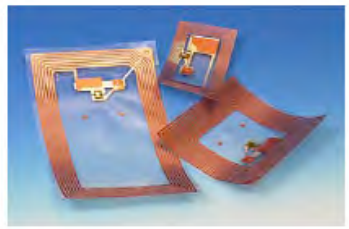
Identité  
Traçabilité



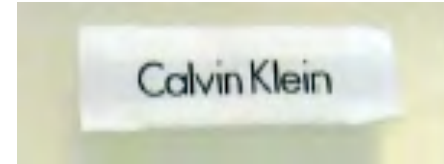
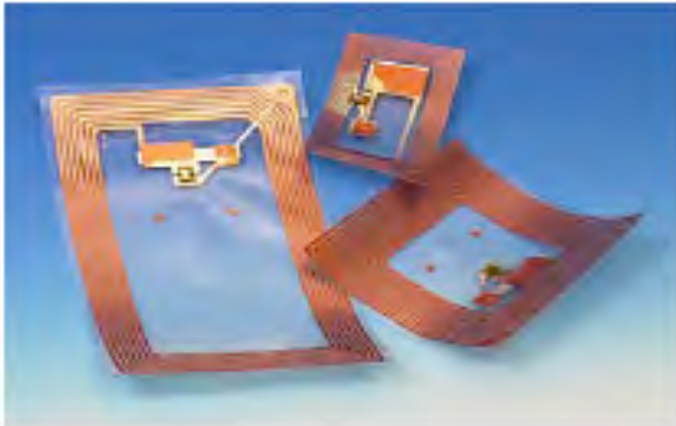
Disponibilité  
Imputabilité



Intégrité  
Authentification  
Contrôle  
d'accès



# L'Internet des choses : la nouvelle infrastructure critique

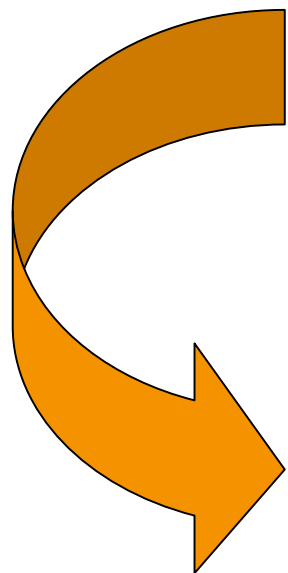
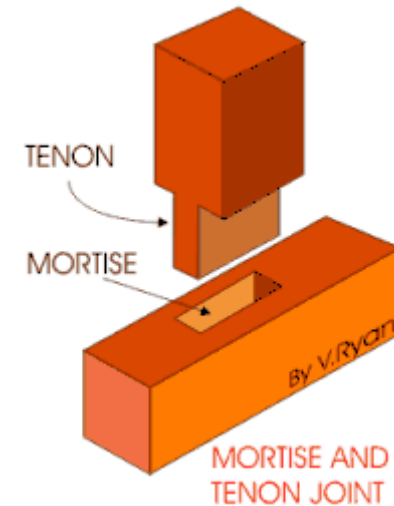


Hitachi, 0.25 mm<sup>2</sup>

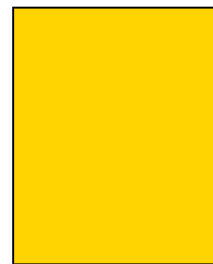


# Le logiciel sur des objets aux ressources rares

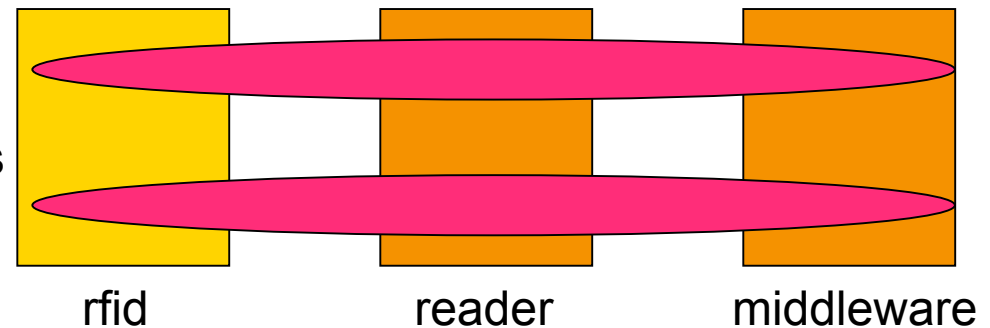
Un modèle de sécurité en Tenon et Mortaise



la sécurité autonome des objets est impossible



les secrets sont fragmentés sur les divers éléments de l'architecture



# Mondialisation informatique :

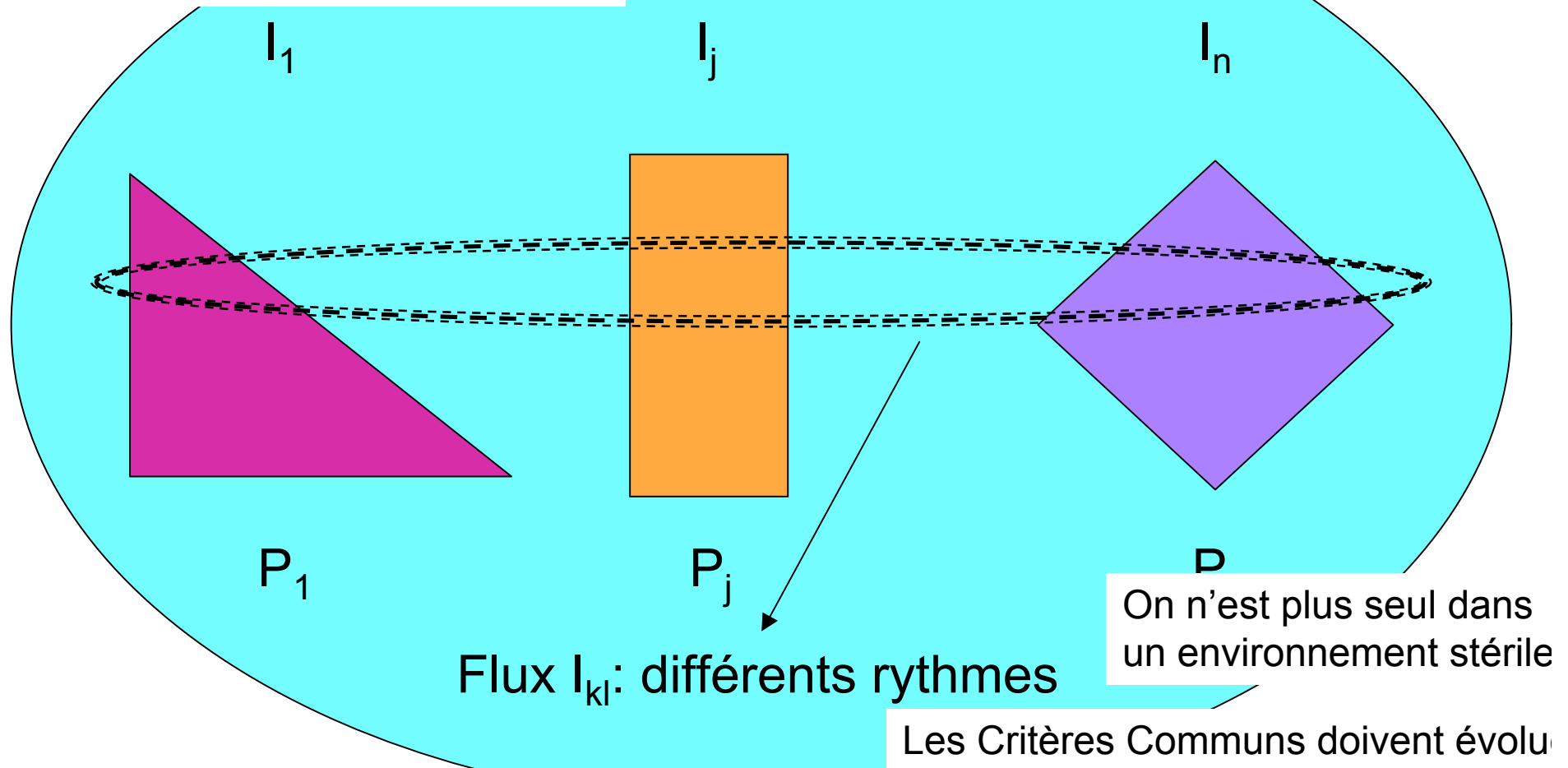
## les poly-infrastructures de l'urbanisation numérique

- Nouveaux objets et standards, nouvelles architectures/infrastructures
  - réseau de capteurs, poussière grise
  - RFIDs, objets communicants
  - réseau ad hoc, réseau WiMAX
  - les Futures communications 2016 : l'après IP, l'après Beyond3G
  - Les Grilles, les intergiciels, P2P, SoA
  - Galileo en 2010 : ordinateurs à la même heure, position et horloge de confiance
  - Les réseaux Quantiques en 2012 : distribution de secrets
- Nouveaux verrous : complexité des parcs existants, non compatibles
  - urbanisation des infrastructures numériques
    - massification, problème d'échelle, grilles illicites, effets dominos
    - interopérabilité verticale et horizontale, communications de bout-en-bout
  - propriétés des grands systèmes
    - sécurité, sûreté de fonctionnement, traçabilité, confiance, intimité numérique
- Nouveaux services : simplification des paradigmes et des modèles
  - virtualisation des OS, des services, du Plug & Play, de l'identité pour résoudre la question de l'hétérogénéité
  - fertilisation croisée des différentes infrastructures
    - services spontanés et personnalisés construits à cheval sur plusieurs infrastructures (3G + Internet+Galileo)

# La révolution copernicienne en sécurité: gérer les interdépendances

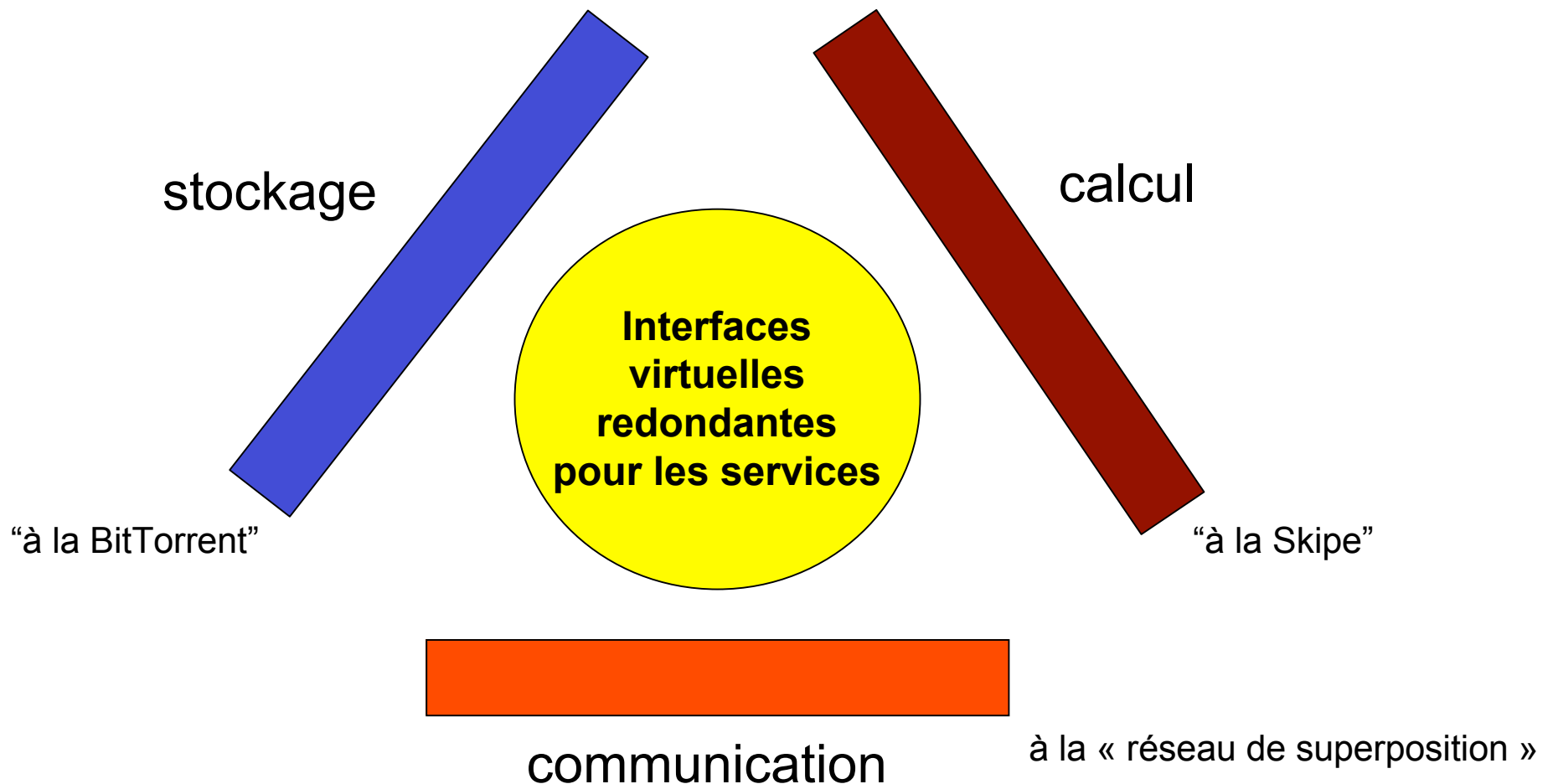
Interfaces  
Avec différents styles architecturaux

Environnement



# Une rupture en marche : les structures de recouvrement

Vision de la Résilience  
mutualisation des 3 Ubiquités résilientes



# Le Logiciel avec des identités virtuelles

Le prolongement et les traces de l'être biologique,  
De ses prothèses numériques à ses données  
Et programmes sur les ordinateurs,  
Sa réinvention et sa présence sur le réseau  
Dans l'urbanisation digitale

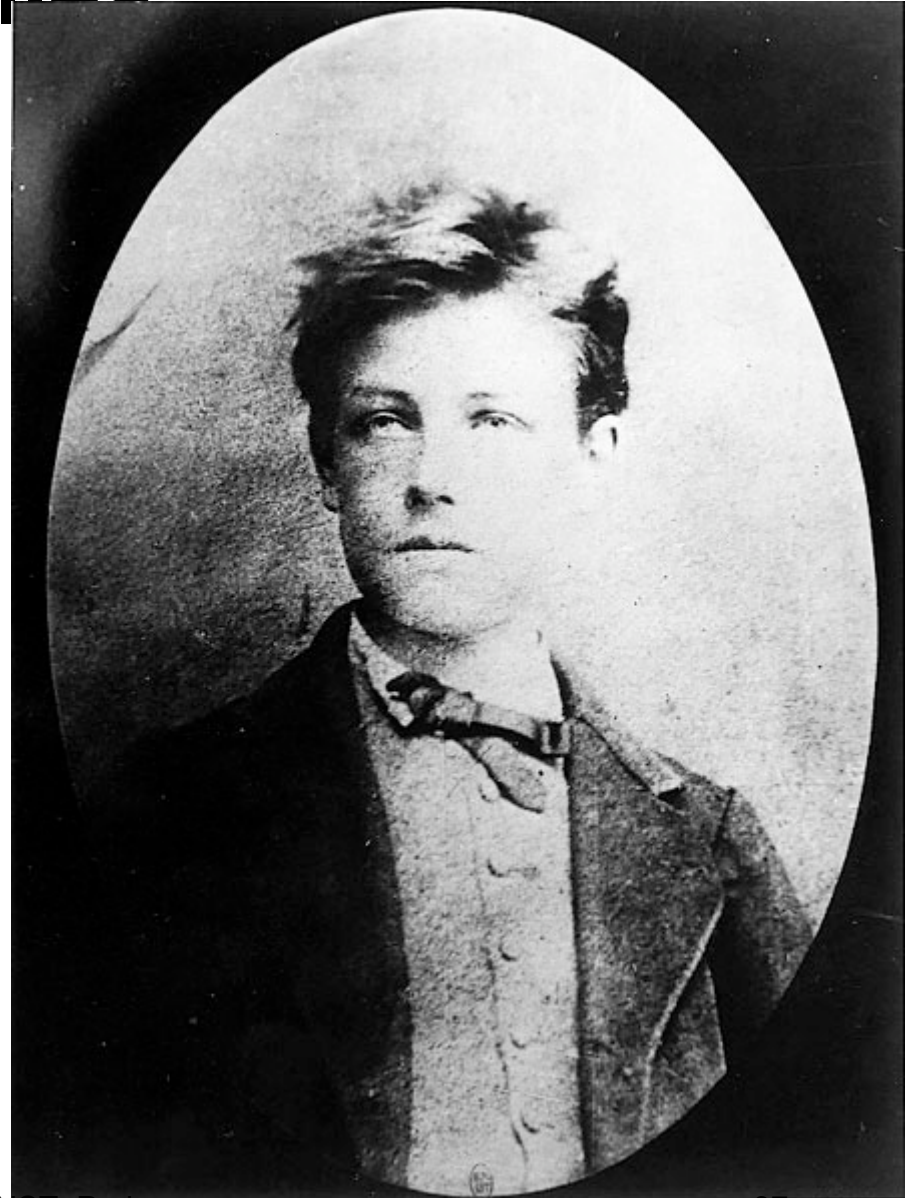
Je est un Autre - Arthur Rimbaud

« Je travaille à me rendre voyant

Il s'agit d'arriver à l'inconnu par le dérèglement  
de tous les sens.

Je est un autre.  
Tant pis pour le bois qui se trouve violon »

Charleville, 13 Mai 1871  
Lettre à G Izambard

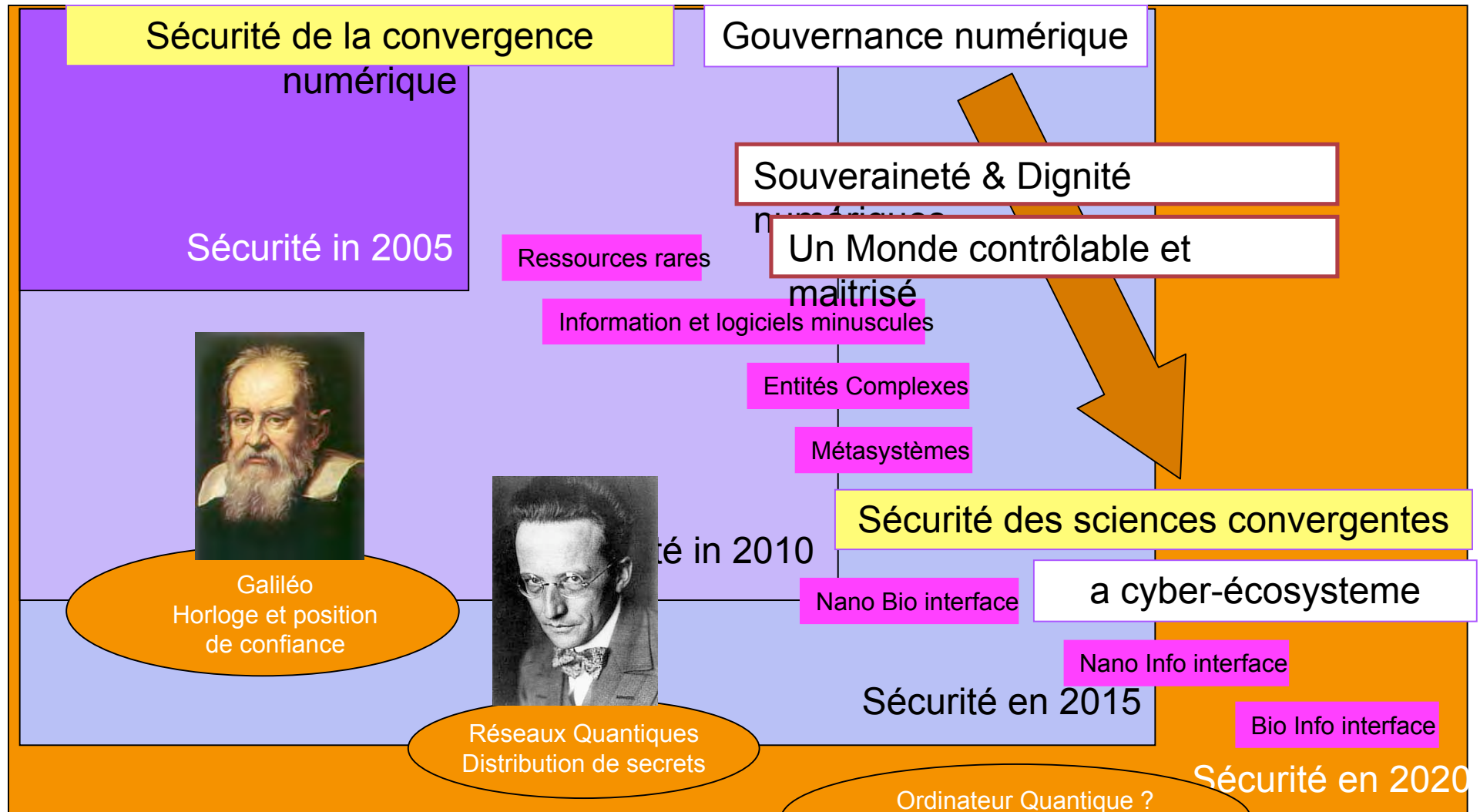


# LA FEUILLE DE ROUTE

# Dichotomies à bout de souffle

- Monde réel physique et Monde numérique
  - Monde numérique immarcescible
  - Cycle de vie des sujets et des objets
- Monde biologique et Monde numérique
  - Biologie : pas de clones
  - Numérique : pas d'original, ni de copies mais que des clones
- Vie publique et Vie privée
  - Information propriétaire et information fongible
- Territoires géographiques et Territoires virtuels
  - Hiérarchie, Atlas de géographie avec cartes distinctes
- Monde ouvert et Monde fermé
  - Disparition des frontières et de la visibilité régionalisée
- Monde en clair et Monde dans l'obscurité
  - Monde transparent, intelligible et monde opaque

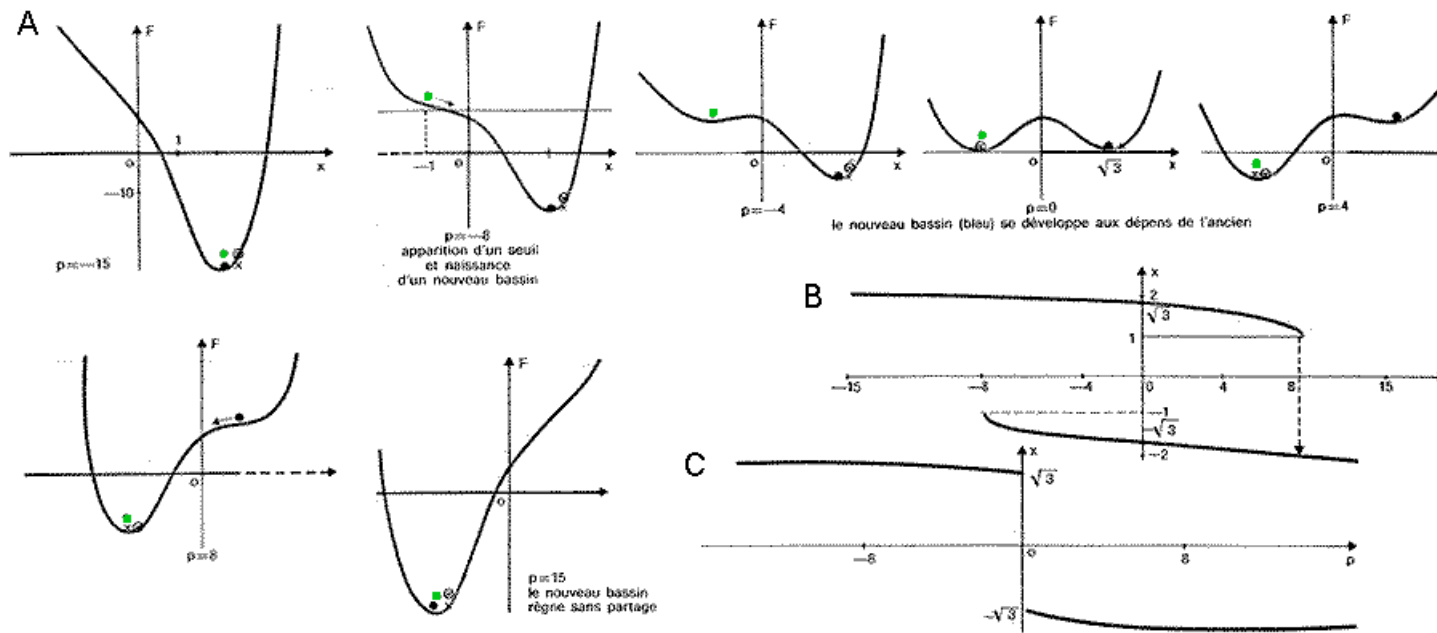
# Feuille de route en sécurité





# Théorie des catastrophes

(René Thom 1968)



# **L'ÉMERGENCE DES TECHNOLOGIES DE REMPACEMENT**

# La maîtrise de l'échelle atomique (2020)

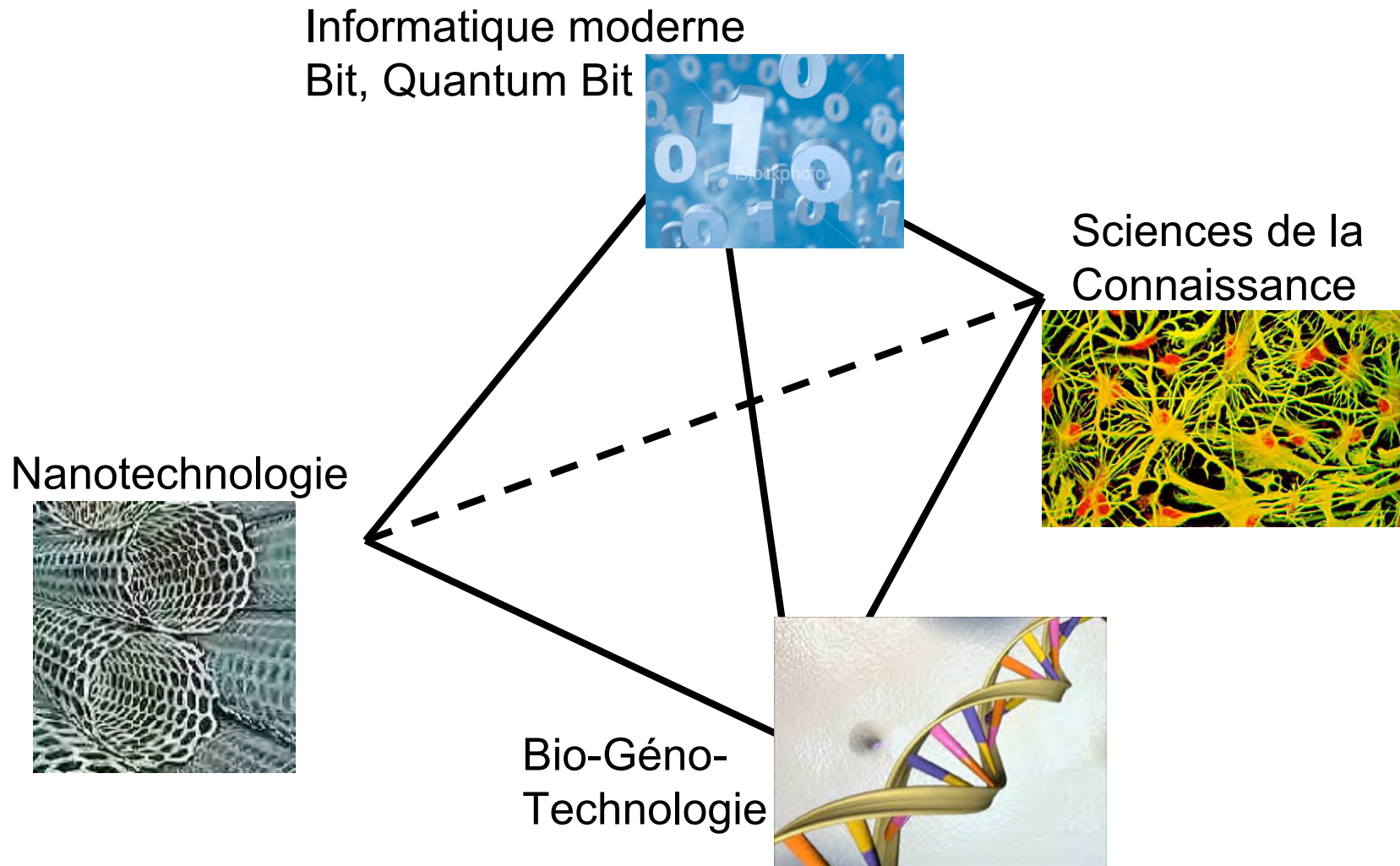
- Déplacement d'intérêt dans la Table de Mendeleïev
  - Au-delà de la Loi de Moore (Maîtrise du Silicium), exploration de Indium, Germanium
  - Vivant C , H, O
- La naissance de 3 Ubiquités : La convergence numérique (2010)
  - La Communication, le Calcul et le Stockage
- Déplacement d'intérêt pour gérer la complexité: Nouvelle convergence (2020)
  - Le retour à l'analogique, Recul du logiciel dans le palmarès des moteurs de l'innovation
  - Émergence du quantique et du stochastique

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		



# Les sciences convergentes du XXI<sup>ème</sup> siècle

NBIC : Nano, Bio, Info (Bit, Qbit), Cogno



# L'administration des objets invisibles :

prévenir une nano-guerre

Flottes de nano-moteurs

médecine mécanique



# Les nouveaux plans de l'informatique

Communications & Ordinateurs

introduction d'une nouvelle **complexité**



Virtuel

Logique

Physique

émergence de l'**aléatoire** et de l'incertitude : l'âge quantique



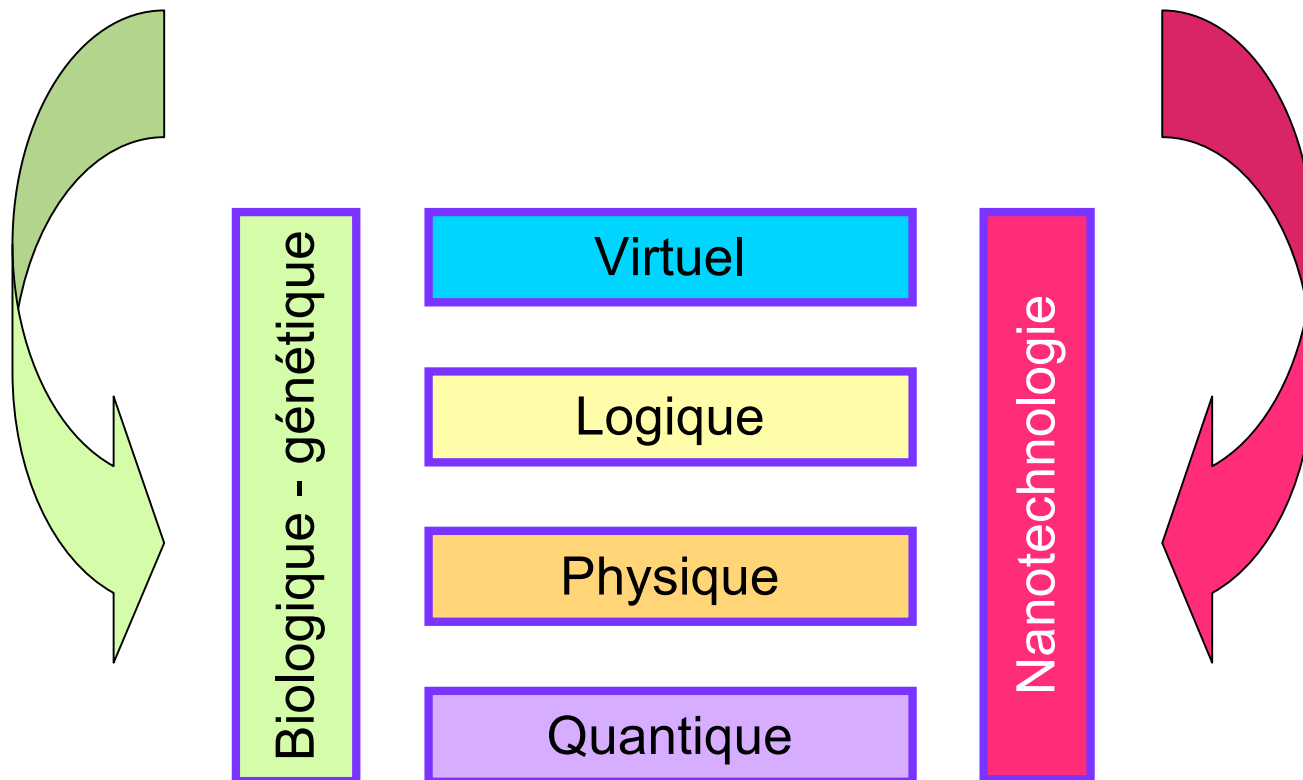
Quantique

# D'autres plans à venir au-delà de l'horizon

vers 2020

Confluence Personne avec la Machine : interface directe

émergence d'un déterminisme à petite échelle



# CONCLUSION

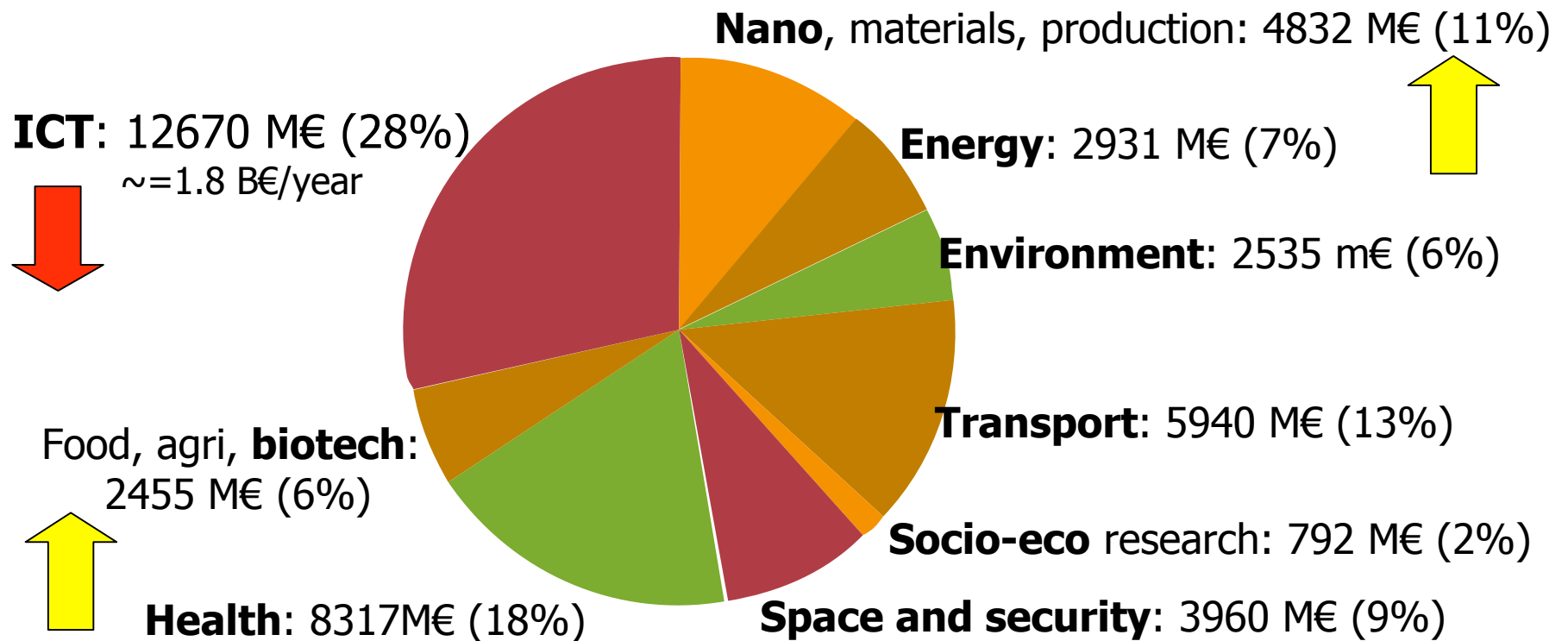


# Les menaces futures

- 2008
  - Le vrai cyber-terrorisme
    - Le logiciel qui détruit, qui tue (?)
- 2015
  - Les nano-guerres
    - Le détournement de l'utilisation des nanotechnologies
- 2020
  - La rupture du quantique
    - L'invincibilité menacée de la cryptologie asymétrique

# Europe FP7 : “Coopération” Recherche

(Proposition du 6/4/05 2007-2013 = 44432 M€  $\approx$  6.3 B€/an)



## Rupture dans l'organisation de l'enseignement et la recherche

Les institutions d'enseignement et  
de recherche

(Universités, Grandes écoles,  
Centre de recherche)

sont organisées selon l'héritage de  
la segmentation des sciences et  
techniques du XIXème siècle.

Ces anciens clivages sont caducs

Il est nécessaire de redéfinir et  
d'organiser l'enseignement et la  
recherche suivant les approches  
conceptuelles du XXIème siècle

Pas une évolution, pas un  
développement, mais une véritable  
**métamorphose** pour les mutations  
futures du monde moderne



Wilhelm von Humboldt  
1809, Création de l'Université de Berlin



# Systemes : S original & $\Sigma$ opérationnel

