

ALGORITHMIQUE DISTRIBUÉE

Yann Busnel

UFR Sciences et Techniques (Dpt. Informatique)
LINA (Equipe GDD)

www.univ-nantes.fr



UNIVERSITÉ DE NANTES



Kesako ?

- Algorithmique ?
 - OK... On maîtrise...
- Distribuée ?
 - « Répartir une ou plusieurs choses » (CNRTL 09)
 - Algorithmique répartie

Kesako ?



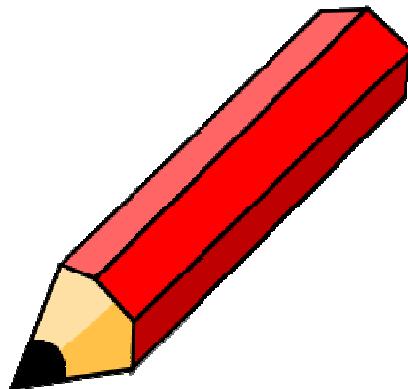
Plan

1. Petite histoire de l'informatique
2. Définitions
3. Distribution : rêve ou réalité ?
4. Modélisation / Représentation
5. Problèmes

Transparent de prise de note

- RAPPEL :

Ce dessin indique que le transparent résume un point particulier et doit être recopie

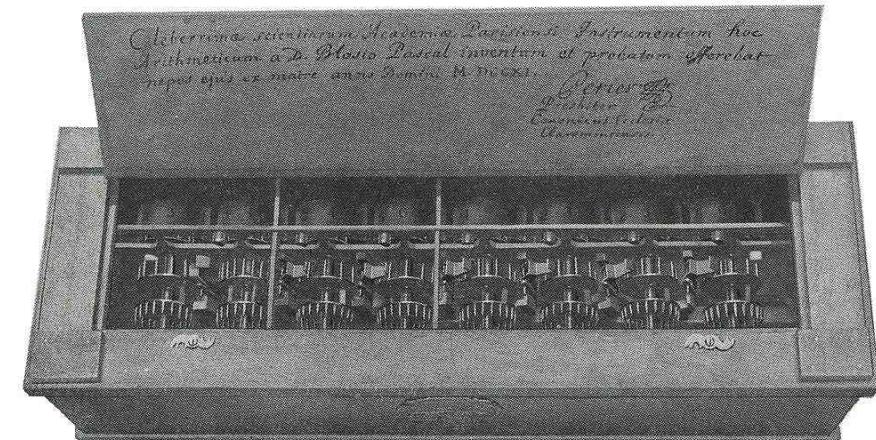


By Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

Petite histoire de l'informatique



Blaise Pascal [[CC-BY-SA-3.0 via Wikimedia Commons](#)]



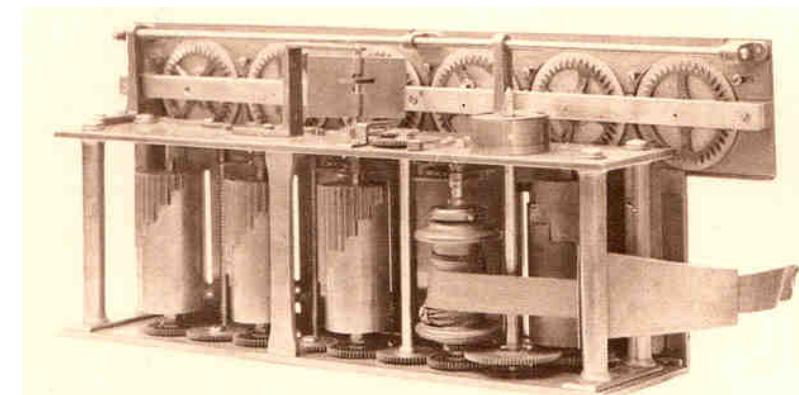
By J. A. V. Turck [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

La Pascaline - 1642

Petite histoire de l'informatique



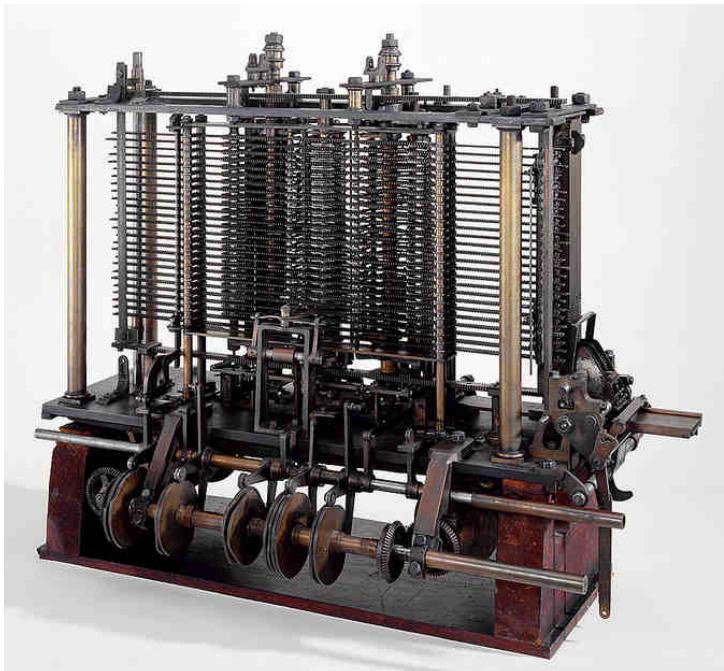
By Ezrdr (Own work) [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)



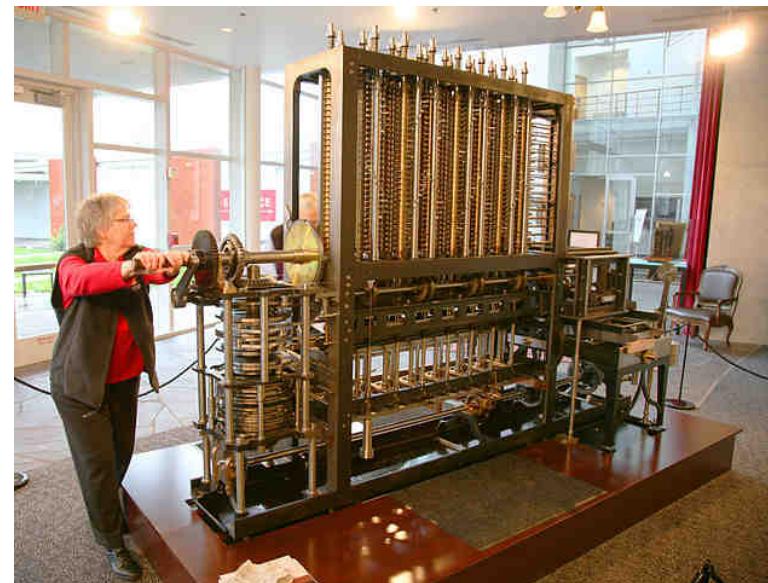
Mechanism Arithmometer 1822, [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

L'Arithmometre – 1820
La premier calculateur produit en masse

Petite histoire de l'informatique



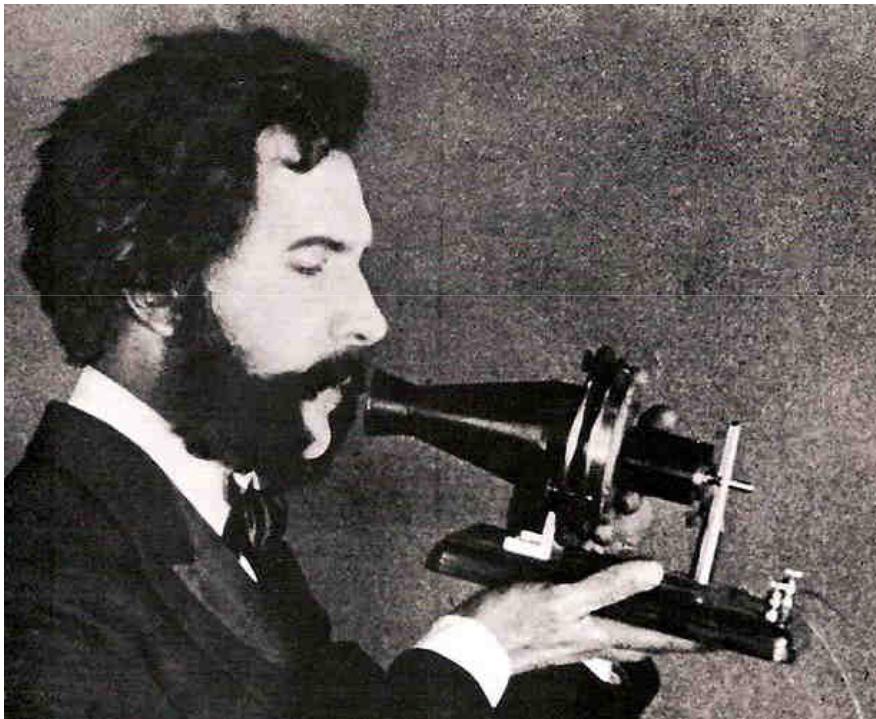
[Babbage's Analytical Engine, 1834-1871.](#)
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>



[Babbage Difference Engine \(Being utilised\)](#), Creative Commons Attribution 2.0 Generic

La machine analytique – 1830
Première machine à calculer : 50 000 exemplaires

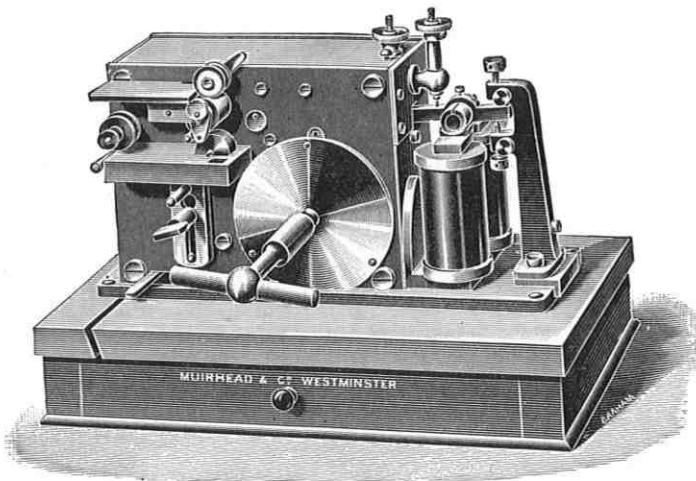
Petite histoire de l'informatique



By Unknown; film commissioned by AT&T. (Early Office Museum.)
[Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

Téléphone – 1867
Graham Bell parlant dans le tout premier téléphone

Petite histoire de l'informatique



Work found at

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Muirhead_Morse_inker_%28Rankin_Kennedy,_Electrical_Installations,_Vol_V,_1903%29.jpg / <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

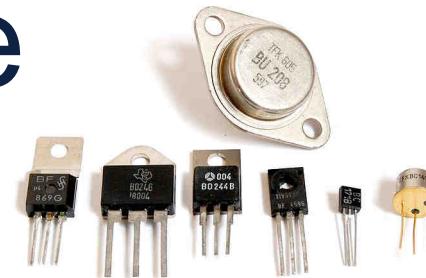


Work found at

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Post_Office_Engineers.jpg /
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Télégraphe sans fil – 1896 *Communication sans fil !!!*

Petite histoire de l'informatique

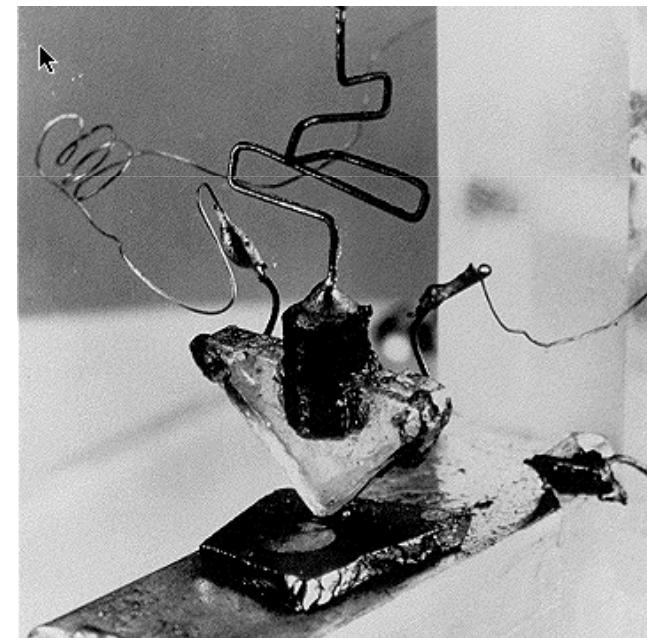


Transistor – 1926
Premier brevet déposé



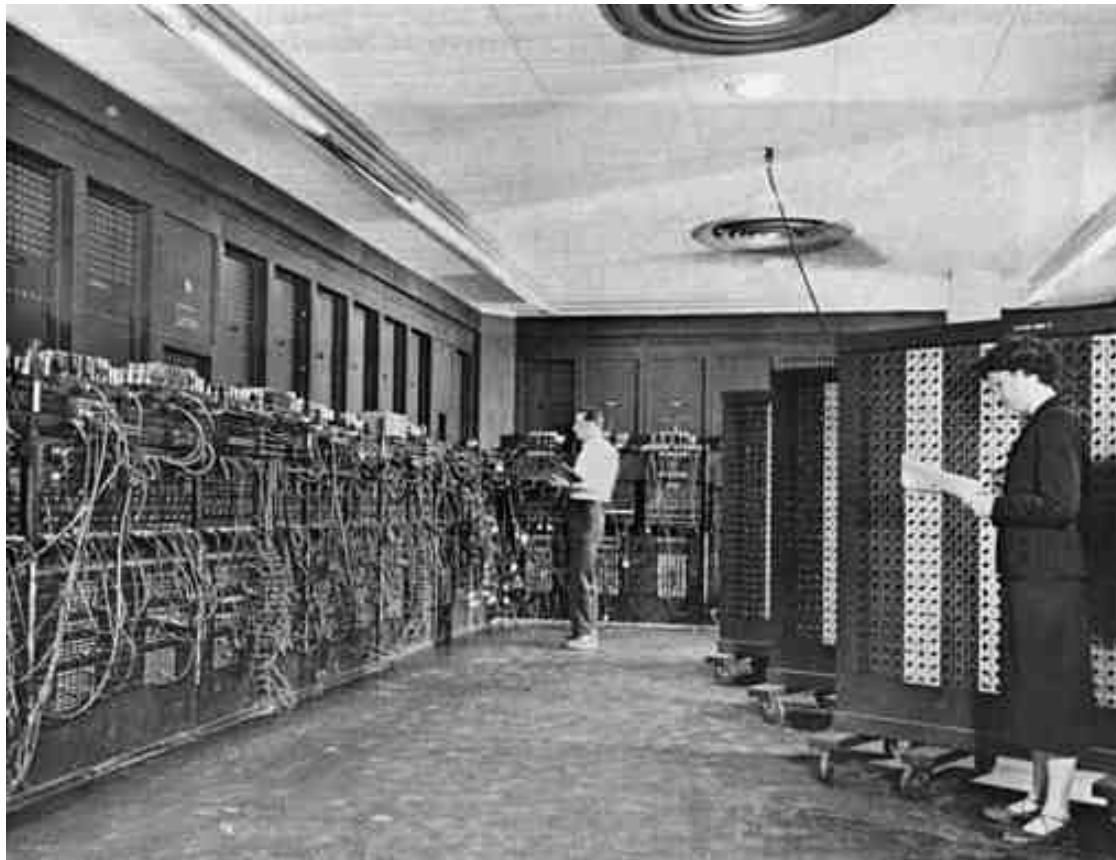
By Benedikt.Seidl (Own work) [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

Le premier transistor – 1947



[Replica-of-first-transistor](#) / CC BY-SA 2.0

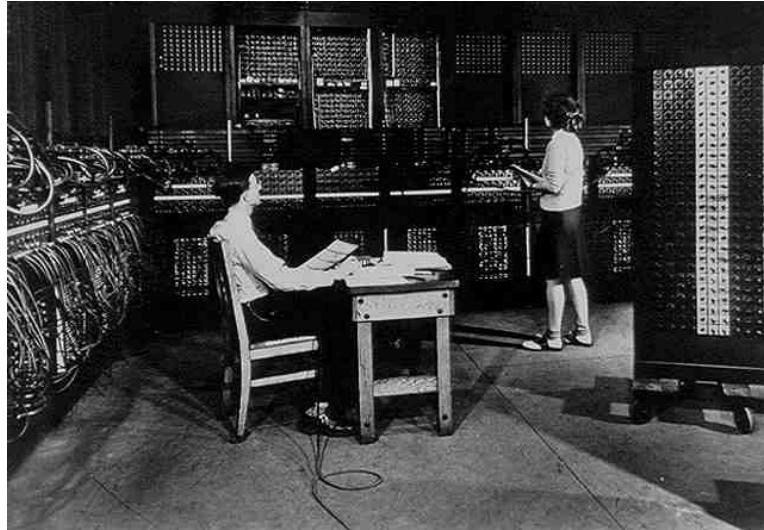
Petite histoire de l'informatique



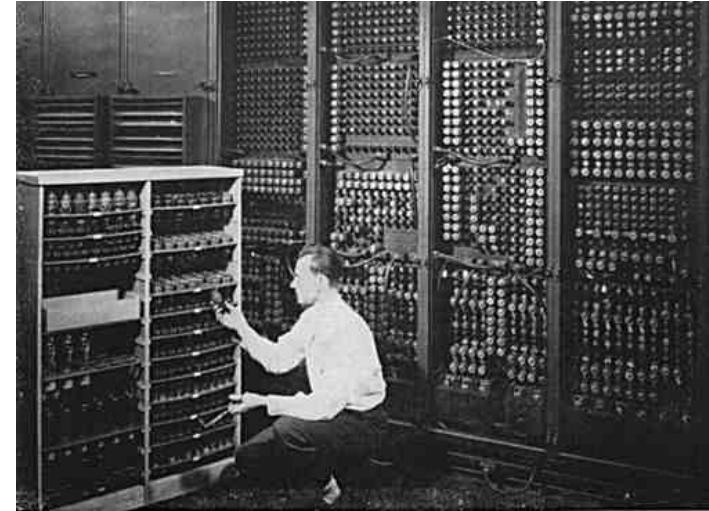
See page for author [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

ENIAC – 1946
Le premier ordinateur !

Petite histoire de l'informatique

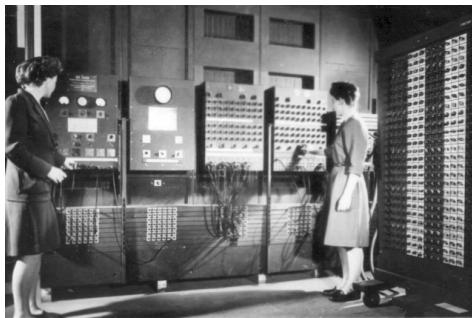


By USGov-Military-Army [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)



Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

By Topory at pl.wikipedia [Public domain], [from Wikimedia Commons](#)



ENIAC – 1946
Le premier ordinateur !

Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Two_women_operating_ENIAC.gif / <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Petite histoire de l'informatique



[ibm650de1953b / http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/)

IBM 650 – 1953

Le premier ordinateur de grande série : 1500 exemplaires

Petite histoire de l'informatique



Work found at

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Steve_Russell_and_PDP-1.png /
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

DEC PDP-1 – 1961
Le premier « mini »-ordinateur...

Petite histoire de l'informatique

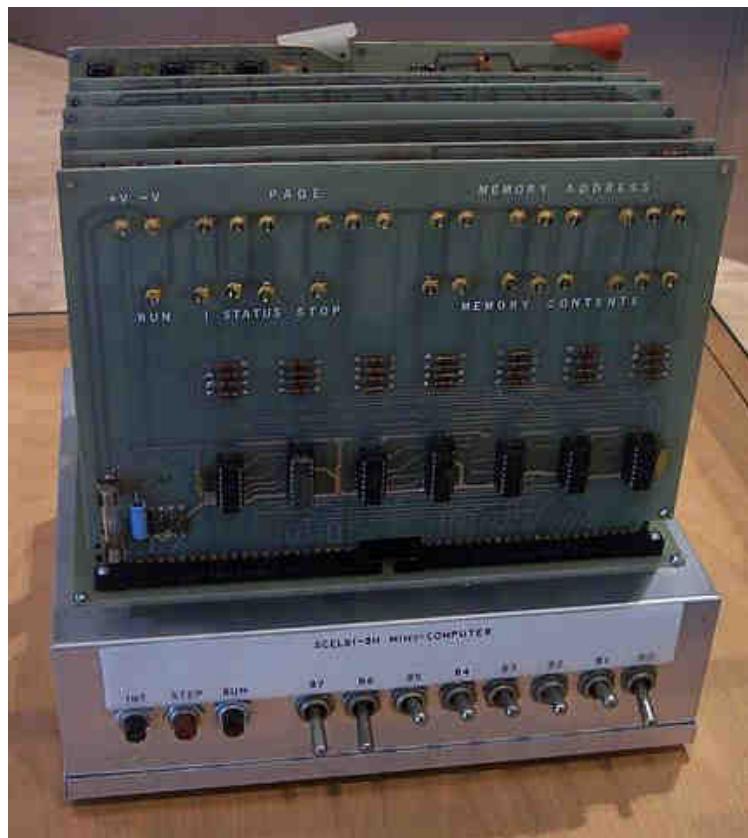


Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Micral_NGR_Lyon-IMG_9895.JPG /
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Micral N – 1972

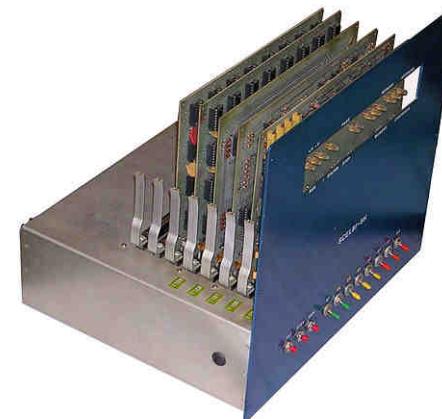
Premiers ordinateur vendu « tout monté »

Petite histoire de l'informatique



[Scelbi 8H](#), by [Stahlkocher](#), via [Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported](#)

Scelbi – 1973
*Premier
micro-ordinateur*



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:SCELBI_8H_Computer.jpg /
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Petite histoire de l'informatique



Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:IBM_5100_-_MfK_Bern.jpg /
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

IBM 5100 – 1975
Le premier ordinateur « portable » : 25 kg !

Petite histoire de l'informatique



By Ed Uthman (originally posted to Flickr as Apple I Computer) [[CC-BY-SA-2.0](#)], [via Wikimedia Commons](#)

Apple I – 1976

Petite histoire de l'informatique



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:IBM_PC_5150.jpg / CC BY-SA 3.0



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:IBM_PC_5150.jpg / CC BY-SA 3.0



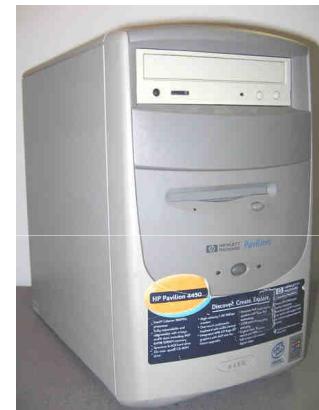
By Rama & Musée Bolo (Own work) [CC-BY-SA-2.0-fr], via Wikimedia Commons

Apparition du PC – Années 1980

Petite histoire de l'informatique



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Amiga500_system.jpg / CC BY-SA 3.0



Work found at
http://it.wikipedia.org/wiki/File:HP_Pavilion_4450.PNG / CC BY-SA 3.0

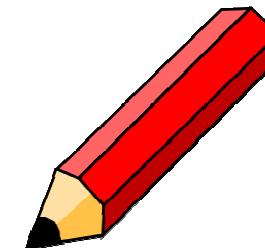


Work found at
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Power_Mac_G3_B&W.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Power_Mac_G3_B%26W.jpg) / CC BY-SA 3.0

Amélioration des performances et miniaturisation
– Années 1990

Jargon des informaticiens

- On mesure la puissance des ordinateurs en FLOPS
 - *Float Operation Per Second*
 - Nombre d'opérations arithmétique sur des nombres à virgule flottante par seconde
- Echelle
 - mégaFLOPS = 10^6 (un million) d'opérations
 - gigaFLOPS = 10^9 (un milliard) flops
 - téraFLOPS = 10^{12} (un billion) flops
 - pétaFLOPS = 10^{15} (un billiard) flops
 - exaFLOPS = 10^{18} flops



By Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [[CC-BY-SA-3.0](#)], via Wikimedia Commons

Petite histoire de l'informatique

Pendant ce temps, chez les superordinateurs...



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:IBM_Blue_Gene_P_supercomputer.jpg / CC BY-SA 3.0

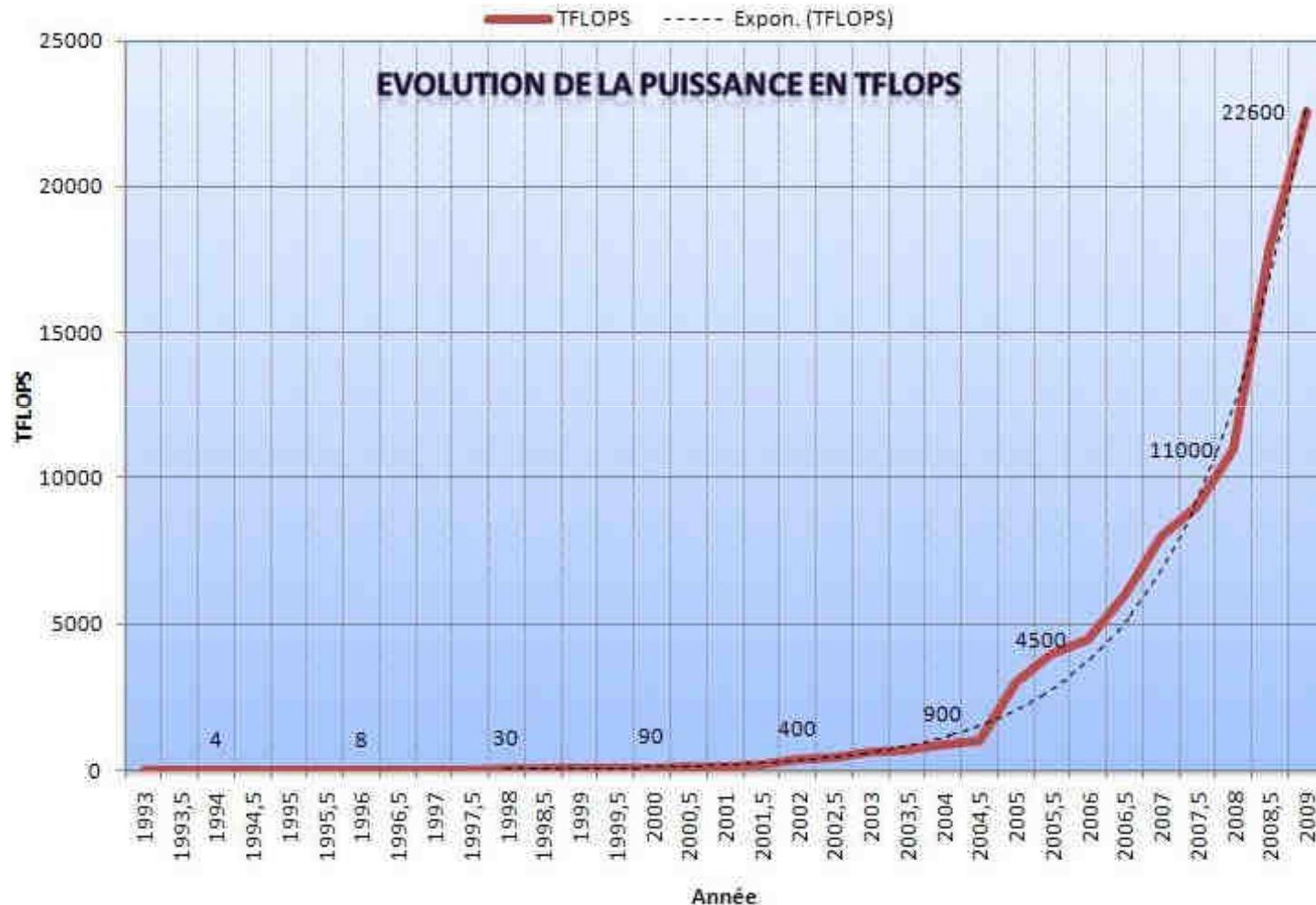
IBM Blue Gene P



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Roadrunner_supercomputer_HiRes.jpg / CC BY-SA 3.0

RoadRunner, 2008
1^{er} à dépasser le pétaFLOPS

Puissance de calcul



Petite histoire de l'informatique

L'ordinateur le plus puissant en juin 2012 : Sequoia IBM

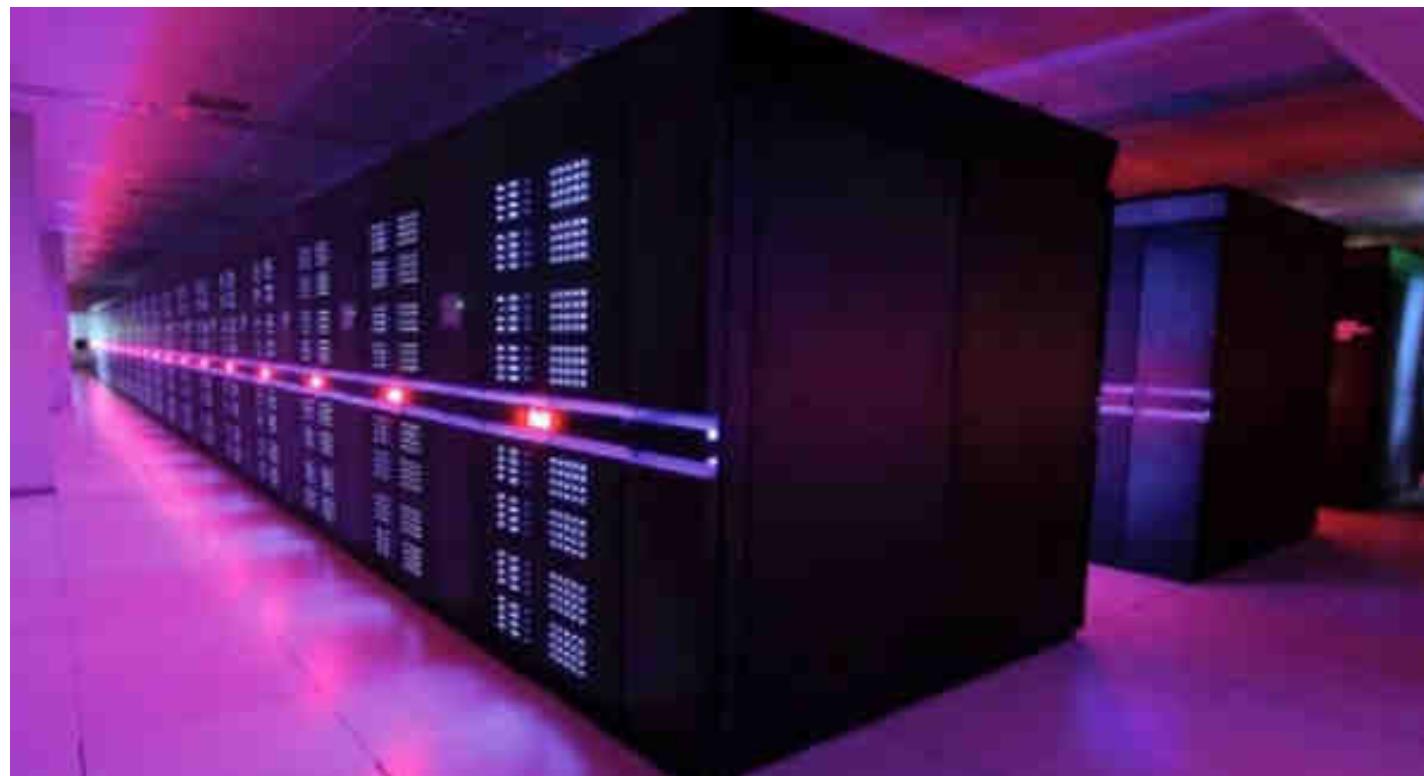


[Sequoia / http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/)

16,32 pétaFLOPS

Petite histoire de l'informatique

L'ordinateur le plus puissant en juin 2013 : Tianhe-2



[tianhe-2 / http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/](http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/)

33,86 pétaFLOPS

Puissance de calcul



Petite histoire de l'informatique

Une révolution :

INTERNET



Work found at
<http://it.wikipedia.org/wiki/File:Connected-world.jpg> / CC BY-SA 3.0



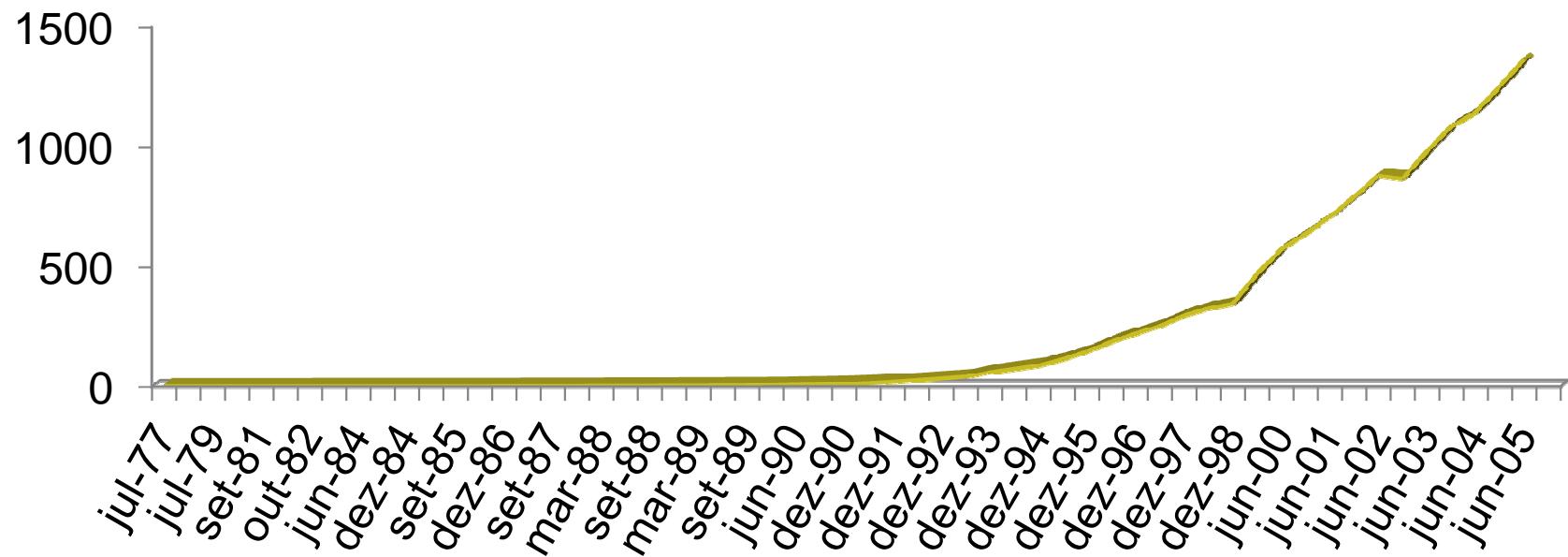
Work found at <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Connected-world.jpg> / CC BY-SA 3.0

Internet en 5 dates

- 1965 : première connexion longue distance
 - Entre le Massachussetts et la Californie
- 1969 : création d'ARPANET
 - Un réseau de 4 nœuds (UCLA, SRI, USB, Utah)
- 1972 : création de la messagerie électronique
- Fin des années 80 : NSF développe ARPANET
 - Ouverture de 5 serveurs surpuissants permettant de se connecter de n'importe où aux USA
- 1992 : Création de l'*Internet Society*
 - Naissance d'*Internet* et du Web comme nous le connaissons

Nombres d'utilisateurs d'Internet

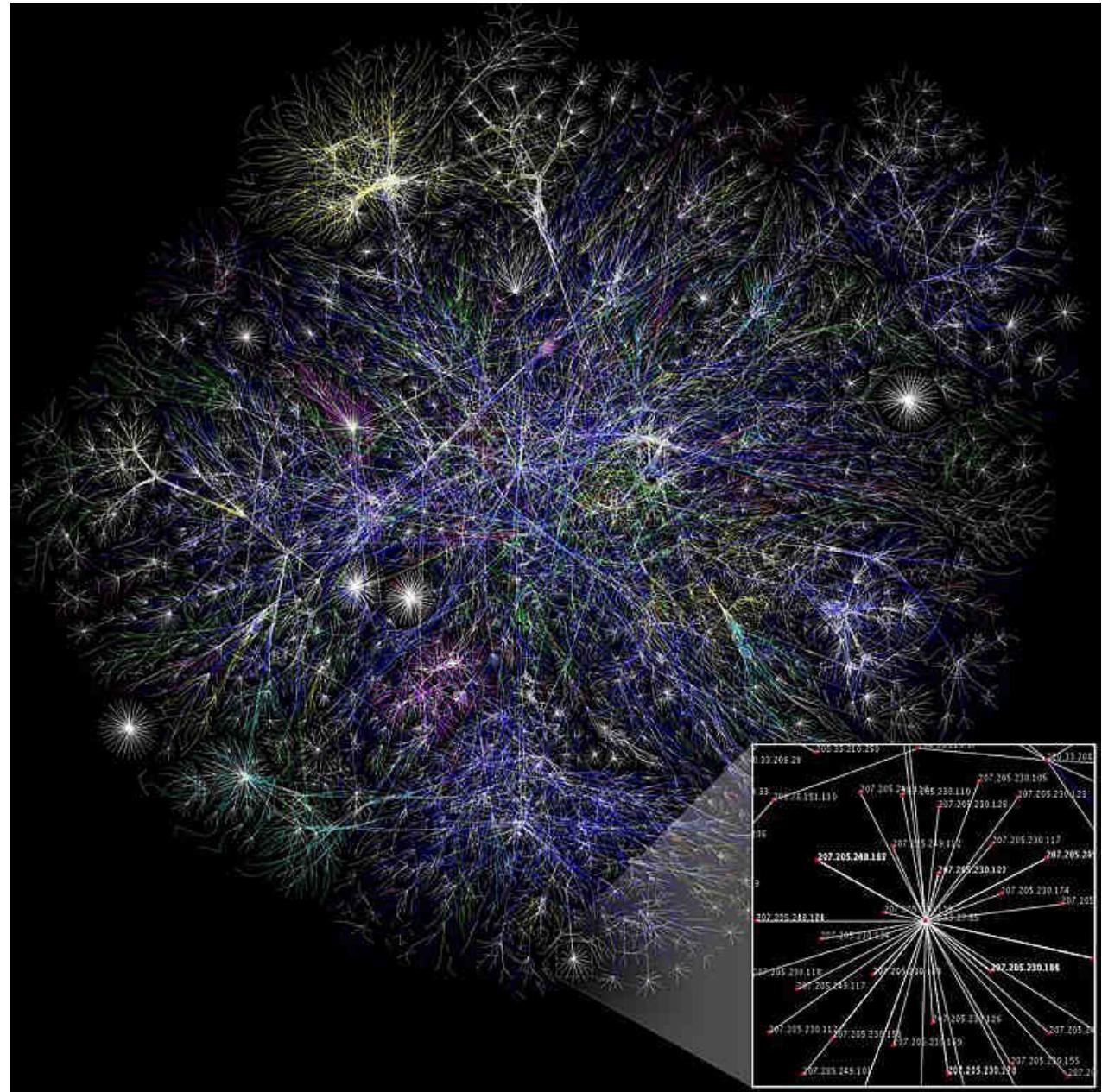
Milhões



En 2013 : 2,5 milliards d'utilisateurs

[Royal Pingdom]

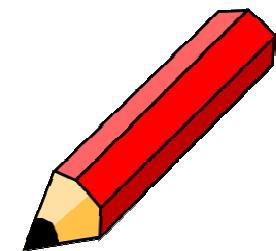
Carte d'Internet de nos jours



Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Internet_map_1024.jpg / CC BY-SA 3.0

Calcul parallèle/distribué

- Superordinateurs
 - Répartition du travail sur plusieurs calculateurs
 - Petits calculs effectuées en parallèle
 - Regroupement des résultats
- Fin des années 1990 : Peut-on faire pareil avec plusieurs ordinateurs en réseau ?
 - Moins cher que les supercalculateurs...



Crédit image : Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

Types de systèmes



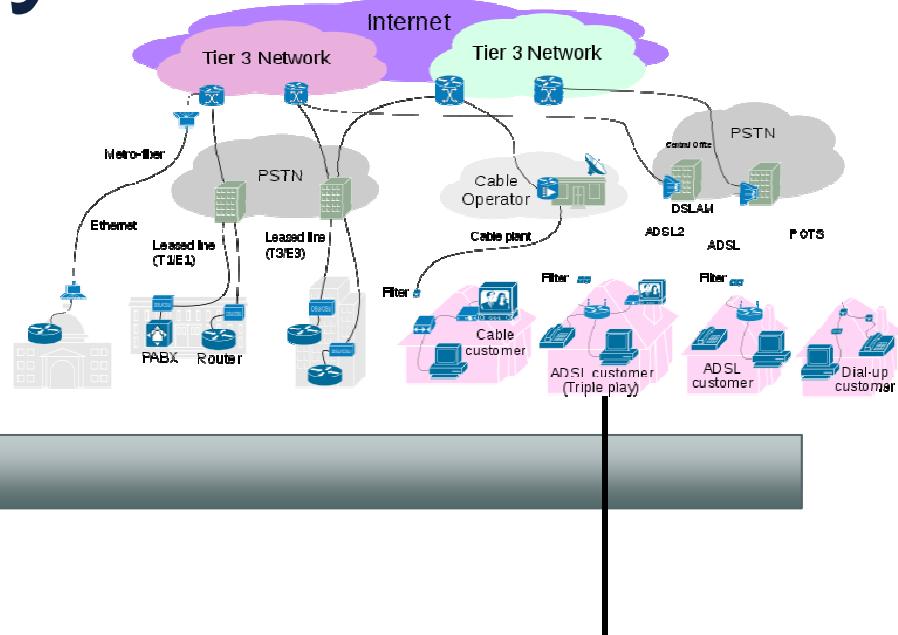
Grilles de calculs
(grappes)



Multiprocesseur

Work found at
[http://en.wikipedia.org/wik...
iki/File:BlueGeneL_cabinet.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:BlueGeneL_cabinet.jpg) / CC BY-SA 3.0

Work found at
[http://en.wikipedia.org/wik...
iki/File:Beowulf.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Beowulf.jpg) / CC BY-SA 3.0



Réseaux locaux,
Internet...

Work found at
[http://en.wikipedia.org/wik...
iki/File:Internet_Connectivity_Access_layer.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Internet_Connectivity_Access_layer.svg) / CC BY-SA 3.0

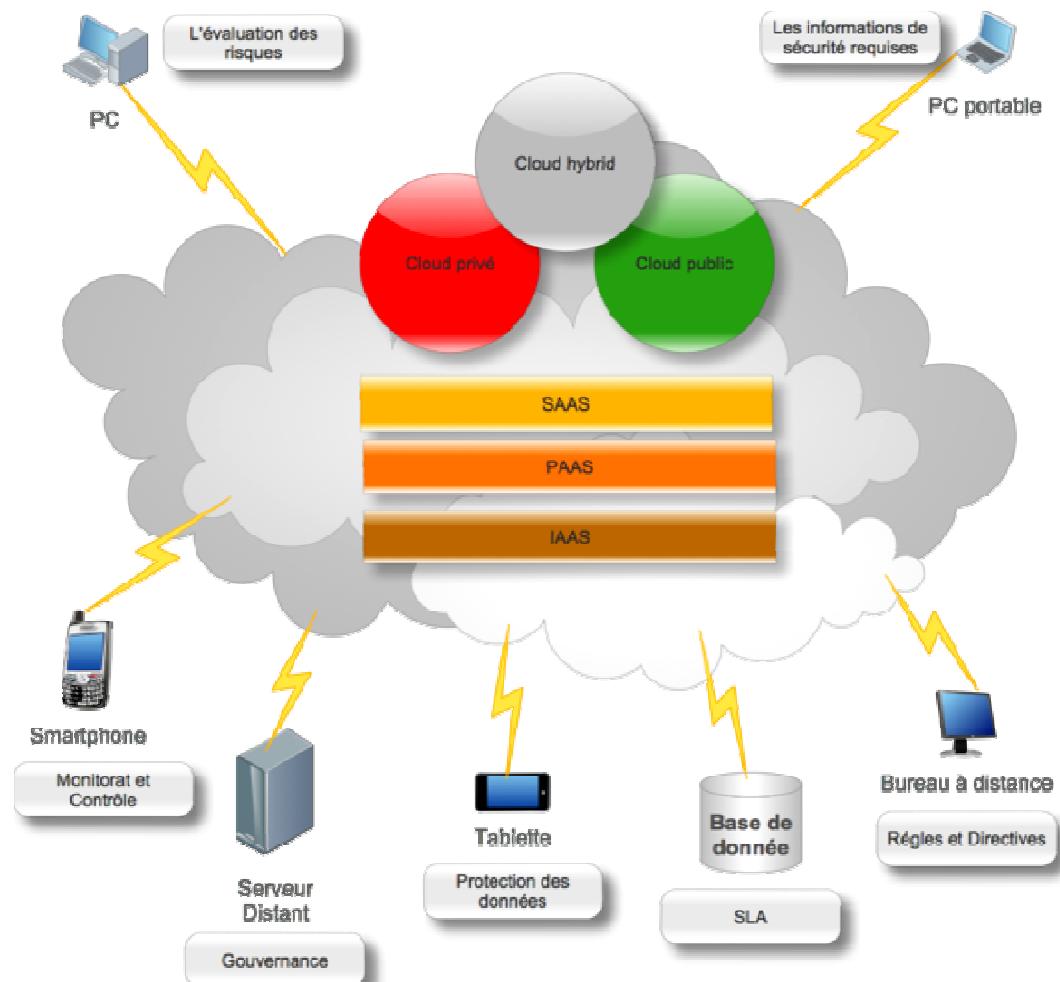


Question Mark Cloud /
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>

Cloud computing

Le nuage cache la complexité

L'utilisateur utilise toutes les ressources du monde de manière transparente, sans savoir où ni qui fournit les services



Par lox59 (Travail personnel) [[CC-BY-SA-3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)], via Wikimedia Commons

Plan

1. Petite histoire de l'informatique
2. Définitions
3. Distribution : rêve ou réalité ?
4. Modélisation / Représentation
5. Problèmes

Systèmes distribués :

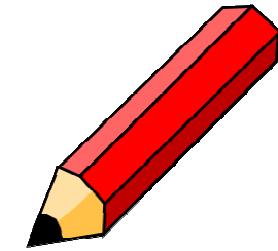
Définition 1

Un système informatique distribué est une collection de **postes ou calculateurs autonomes** qui sont connectés à l'aide d'un **réseau de communication**.

Wikipedia, 2013

- Les machines sont autonomes.

Systèmes distribués : Définition II



Un système distribué est une collection **d'ordinateurs indépendants, connectés** par l'intermédiaire d'un réseau, qui apparaissent comme un ordinateur pour les utilisateurs du système.

Andrew Tanenbaum

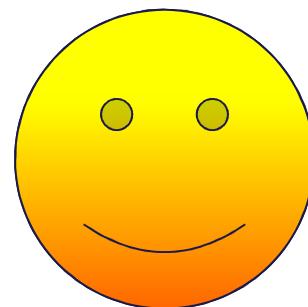
- Les machines sont autonomes.
- Les utilisateurs ont l'impression d'utiliser une seule machine.

Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [[CC-BY-SA-3.0](#)], via Wikimedia Commons

Systèmes distribués :

Définition III

Un système distribué est un système qui vous **empêche de travailler** quand une machine dont vous n'avez **jamais entendu parler** tombe en panne.



Leslie Lamport

Plan

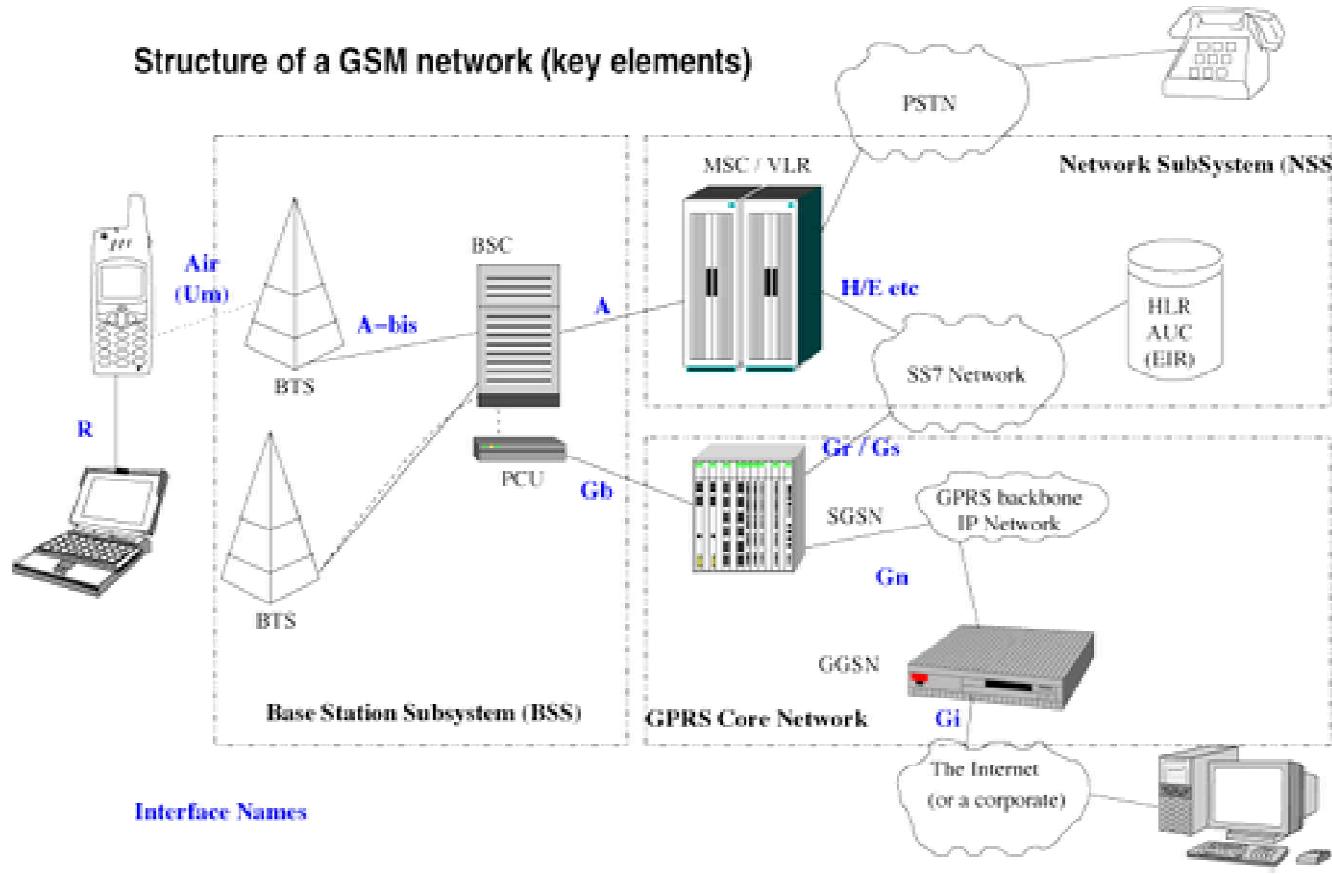
1. Petite histoire de l'informatique
2. Définitions
3. Distribution : rêve ou réalité ?
4. Modélisation / Représentation
5. Problèmes

Distribution : rêve ou réalité ?

- Existe-t-il des systèmes distribués aujourd'hui ?
- Où trouve-t-on des systèmes distribués ?
- Concrètement, que fait-on avec les systèmes distribués ?

Téléphonie (fixe et mobile)

Structure of a GSM network (key elements)



Crédit images: 1) By http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Image:Gsm_network.png&action=history (http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Gsm_network.png) [[GFDL](#) or [CC-BY-SA-3.0](#)], [via Wikimedia Commons](#); 2) [vintage "Model 746" BT dial telephone](#) / <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>; 3) By Anders (Own work) [Public domain], [via Wikimedia Commons](#); 4) Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cell_Phone_Tower.jpg / CC BY-SA 3.0

Jeux en réseaux (LAN, MMORPG,...)



Work found at

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Defenders_of_Ardania_4.jpeg / CC BY-SA 3.0



[::KINGDOM of SAND:: \[SGS\]](#)
[MMORPG Action Roleplay Game System](#) / CC BY-SA 2.0



Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Winter_2004_DreamHack_LAN_Party.jpg / CC BY-SA 3.0

Grands réseaux sociaux

facebook

Garder ma session active Mot de passe oublié ?
Adresse électronique Connexion

Facebook vous permet de rester en contact et d'échanger avec les personnes qui vous entourent.



Inscription
Le site est gratuit et ouvert à tous.

Prénom :
Nom de famille :
Votre adresse électronique :
Nouveau mot de passe :
Je suis : Sexe :
Date de naissance : Jour : Mois : Année :
Pourquoi dois-je fournir ces informations ?

[Créer une Page pour une célébrité, un groupe de musique ou une entreprise.](#)

English (US) Français (France) Español Português (Brasil) Deutsch Italiano العربية हिन्दी 中文(简体) 日本語 »

Facebook © 2009. Français (France)

[À propos de](#) [Publicité](#) [Développeurs](#) [Emplois](#) [Conditions](#) [Blog](#) [Widgets](#) * [Rechercher des amis](#) [Confidentialité](#) [Mobile](#) [Aide](#)

Que se cache-t-il derrière facebook ???

Grands réseaux sociaux

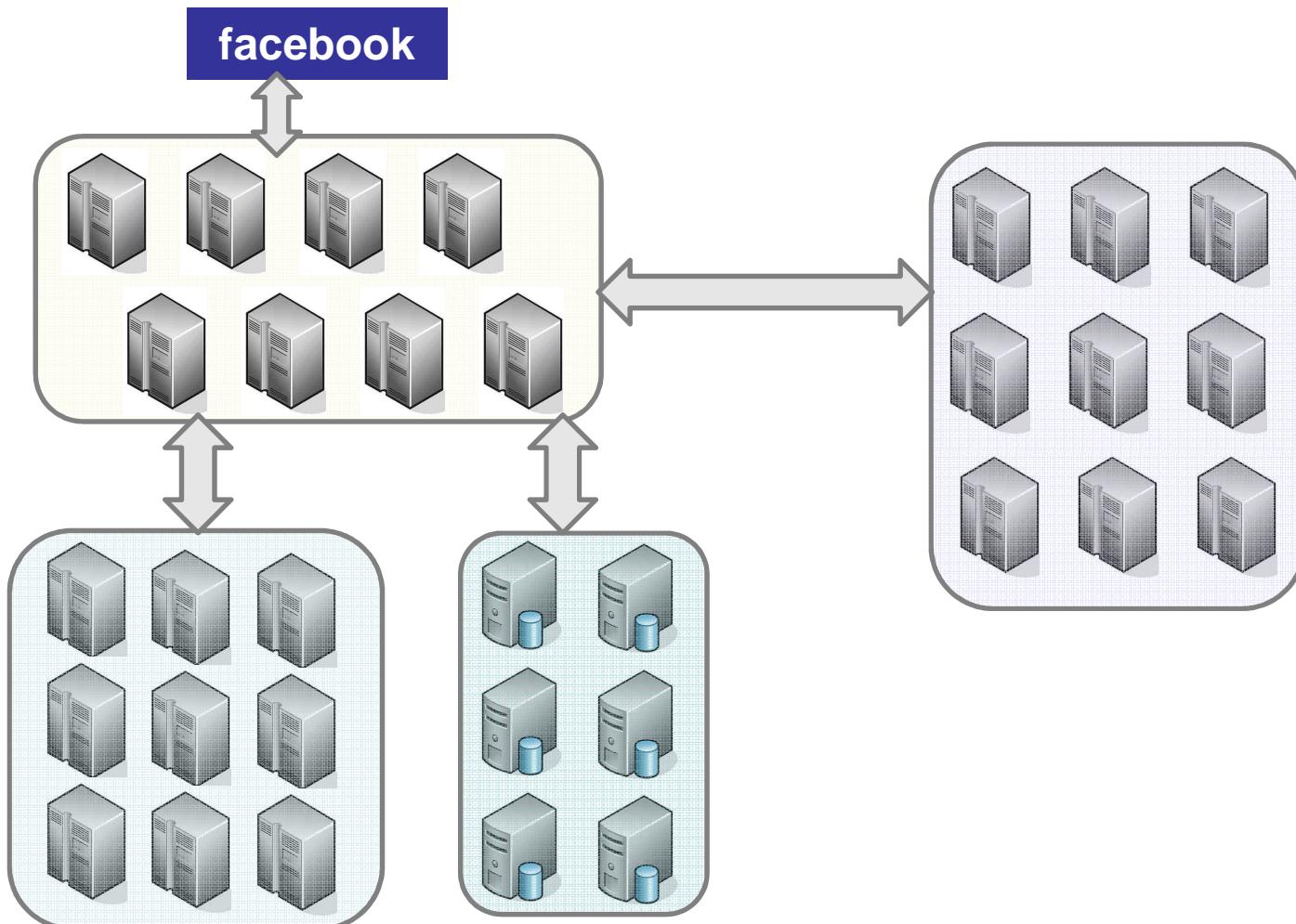


Schéma créé à partir de : [Workstation and hardware icons](#) / CC BY 2.0

Applications de webservice



Systèmes de réservation

Courtage temps réel



Crédit images à droite : 1) [Budgeting](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/) / <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>; 2) By Jashuah (Own work by uploader, data from Stooq.com) [[CC-BY-SA-3.0](#)], via [Wikimedia Commons](#)

Pair-à-pair (Peer-to-peer)



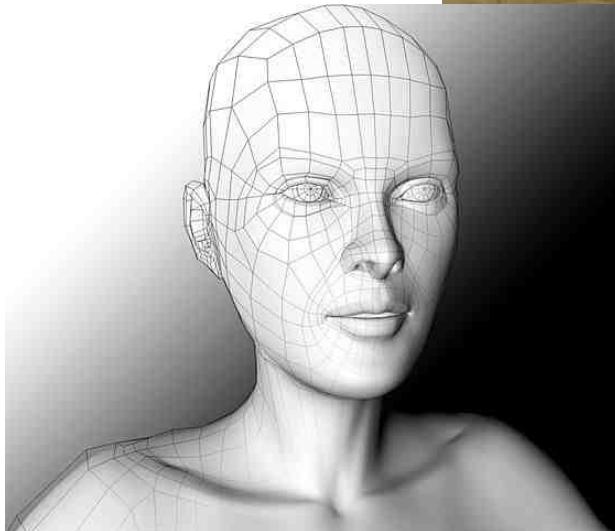
[Computer Workgroup Team Meeting](#),
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/deed.en>, via [Flickr](#)



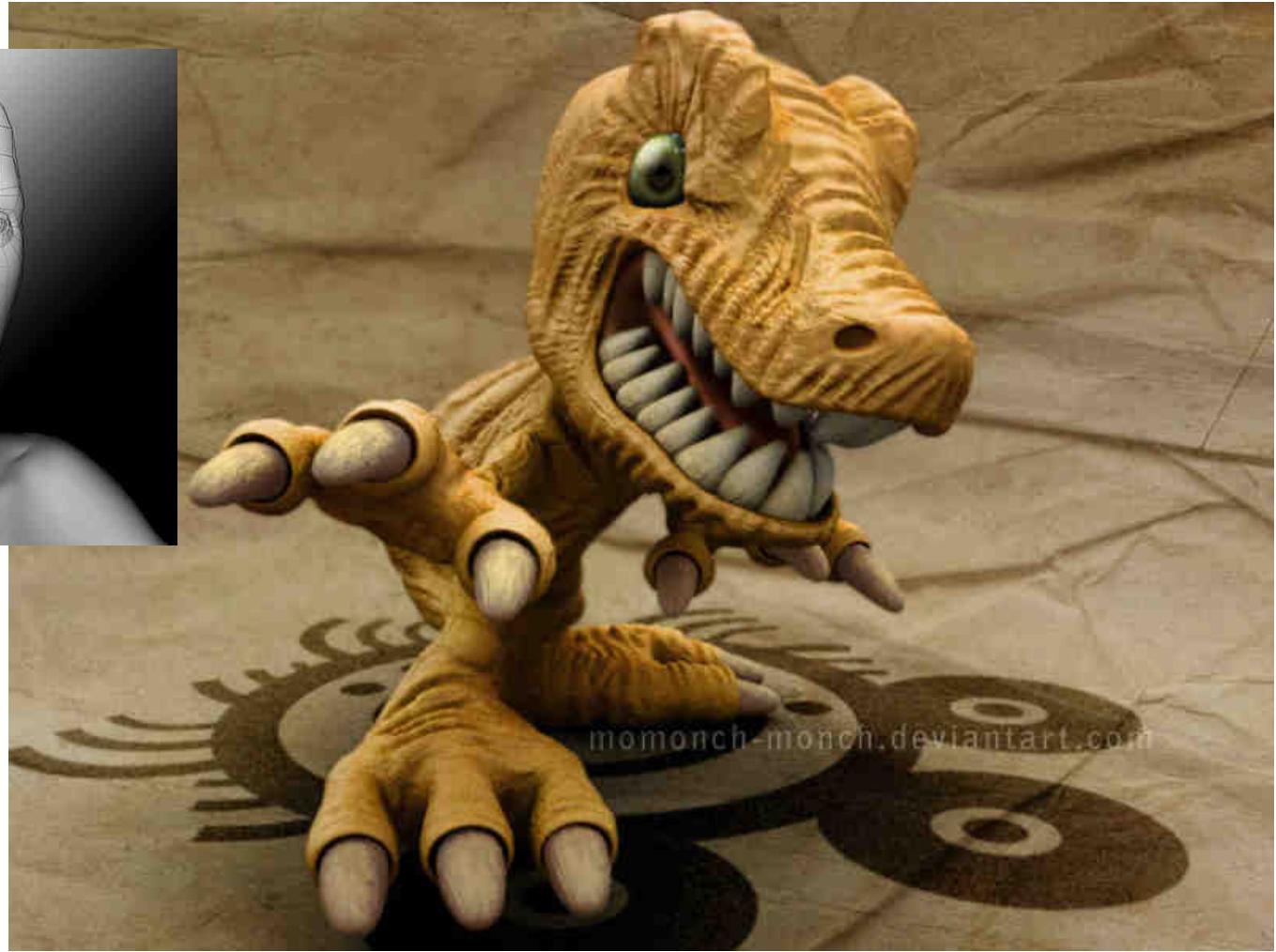
[eMule Logo / CC BY-NC-SA 2.0](#),
modifiée

Partage de fichiers **dont vous êtes propriétaires** sur internet

Modélisation 3D



Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Polygon_face.jpg / CC BY-SA 3.0



Work found at <http://3dmodeling.deviantart.com/art/Agumon-Figurine-106136655> / CC BY-NC-ND 3.0

Calcul réparti – Décodage de grande masse de données



[DIY Alien invasion / CC BY-NC-ND 2.0](#)

SETI@Home

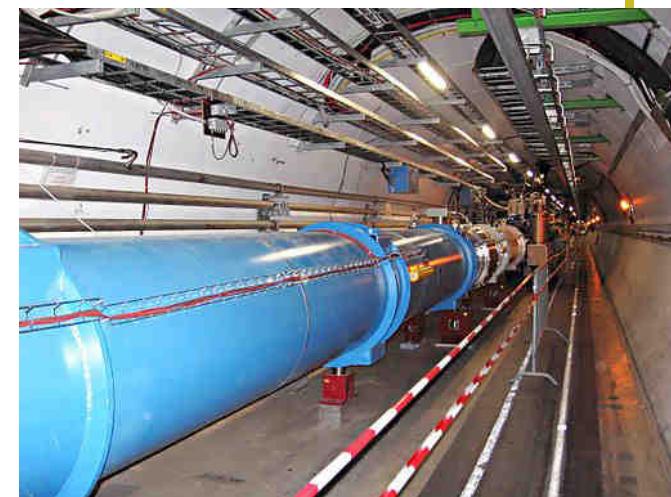
Calcul réparti – Calcul scientifique



Décodage du génome
Genome@home

Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:DNA_methylation.jpg /
CC BY-SA 3.0

Simulation des
trajectoires de
particules
élémentaires
LHC@home



By Julian Herzog (Own work) [CC-BY-SA-3.0], via
Wikimedia Commons

Réseaux de capteurs

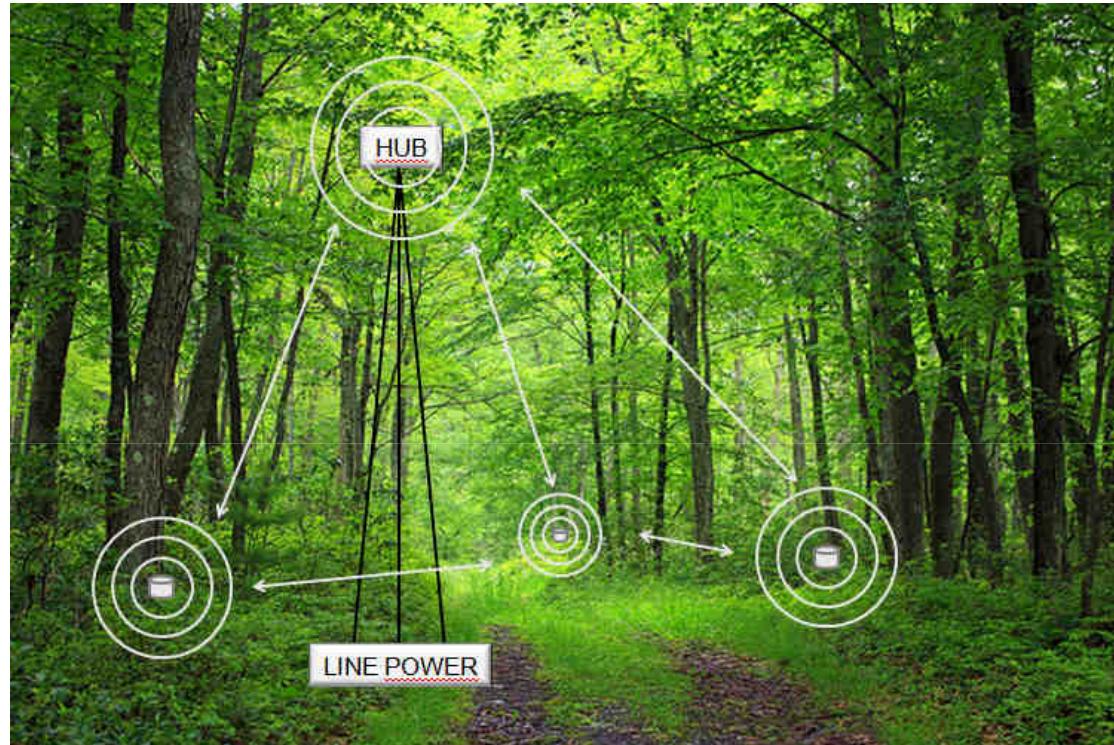
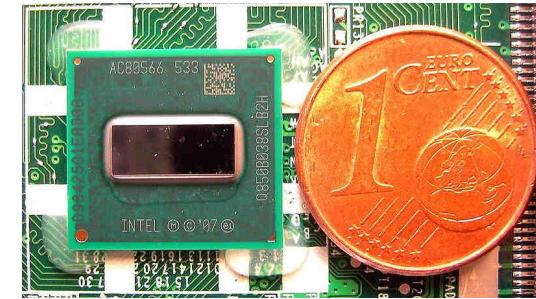


Image créée à partir de : [Plateau Forest \(2\) / CC BY 2.0](#)

Surveillance de feux de forêt

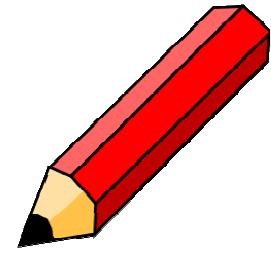


Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Atom_Z52_0_vs_1Cent.JPG / CC BY-SA 3.0



Image créée à partir de :
http://nl.wikipedia.org/wiki/Intel_4004 / CC BY-SA 3.0 et
[Bumble Bee on White / CC BY-NC-SA 2.0](#)

En résumé



- Les **systèmes distribués** sont présents partout, sans que l'utilisateur ne s'en rende compte
- Ces systèmes fonctionnent par **collaboration** en utilisant des **algorithmes distribués**

Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

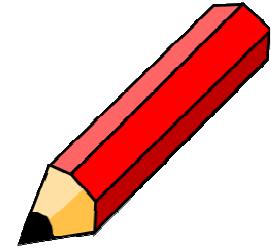
Plan

1. Petite histoire de l'informatique
2. Définitions
3. Distribution : rêve ou réalité ?
4. Modélisation / Représentation
5. Problèmes

Modélisation

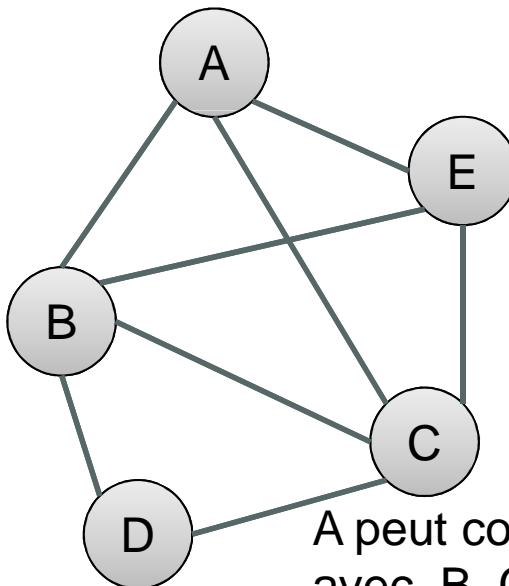
- Comment représenter un système distribué ?
 - Notion d'espace :
Comment sont reliés les acteurs entre eux ?
 - Notion de temps :
Dans quel ordre se passent les actions ?

Représentation de l'espace



- Graphe

- Chaque *sommet* représente un participant
- Chaque *arc* représente une liaison réseau



A peut communiquer avec B, C et E mais pas avec D



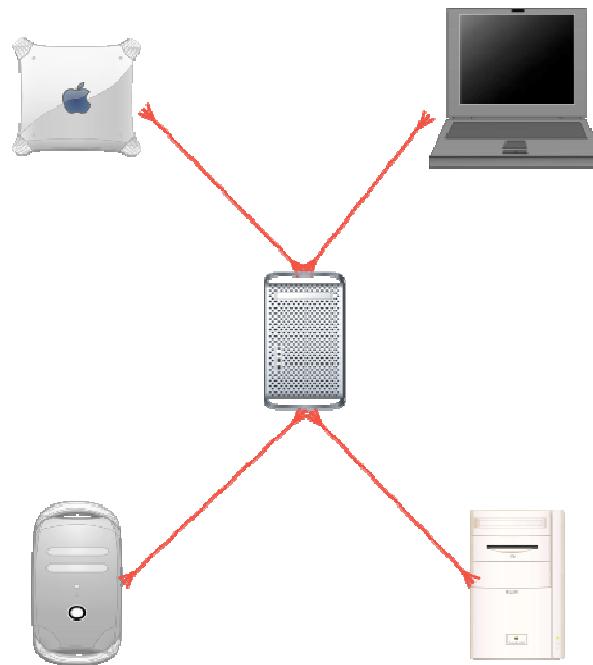
Crédit images : 1) Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [[CC-BY-SA-3.0](#)], via [Wikimedia Commons](#); 2) Site graph of [barnesandnoble.com](#) / [CC BY 2.0](#), by Noah Sussman

Représentation d'un réseau social

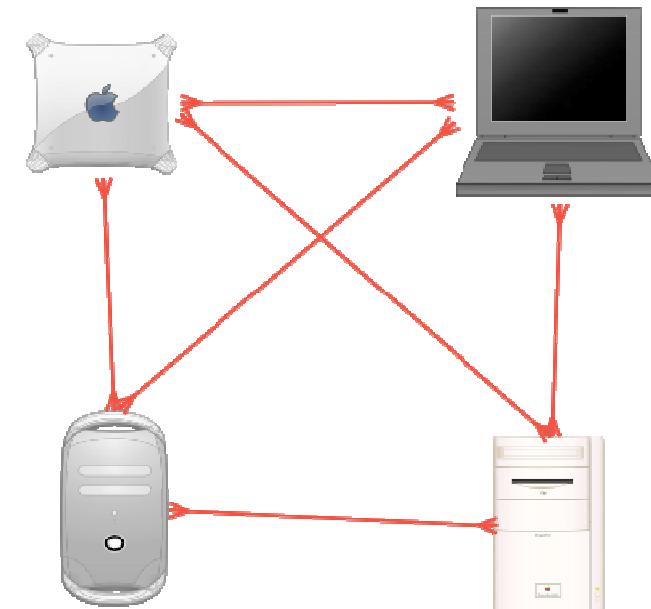


By [Calvinius](#) [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

Modèles de communication



Architecture client-serveur

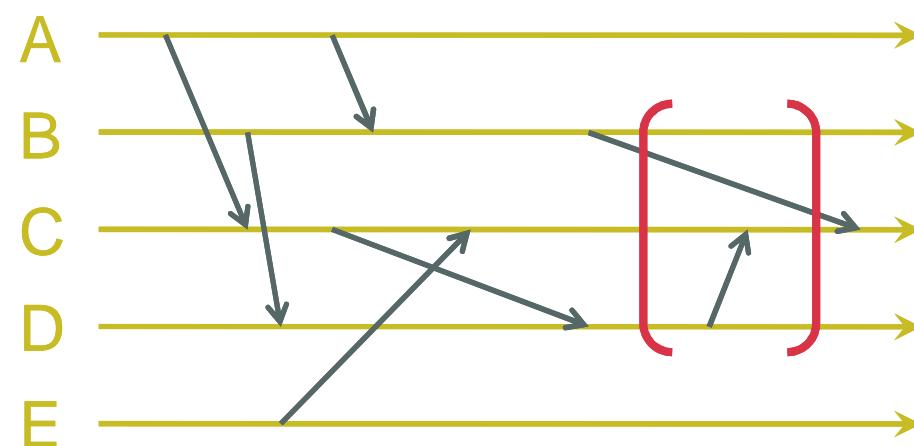
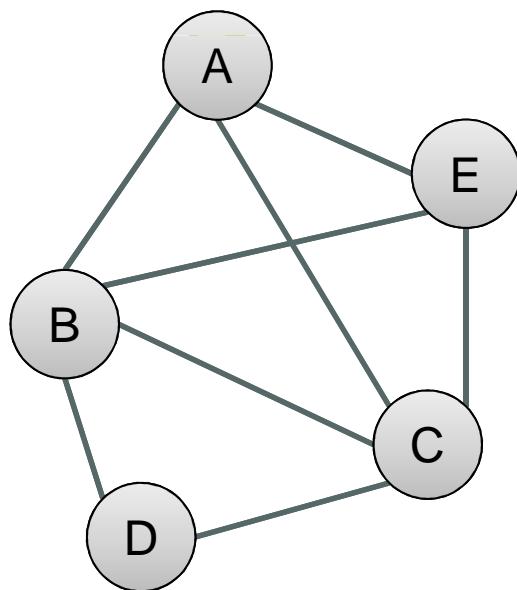


Architecture pair-à-pair

Works found at http://resumbrae.com/ub/dms423_f07/17/ / CC BY 2.0

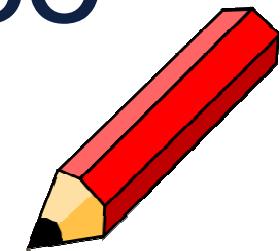
Représentation du temps

- Diagramme de séquence
 - Une ligne temporelle par acteur
 - Une flèche par message transmis et reçu



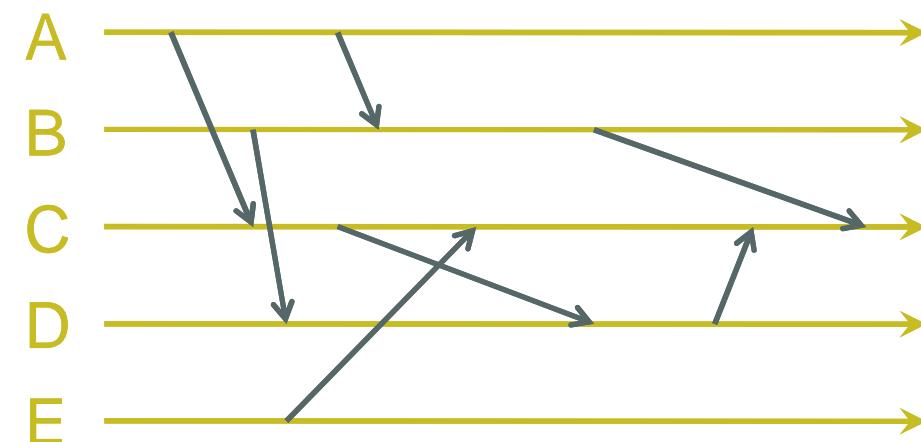
D envoi son message après B,
mais C le reçoit avant !

Diagramme de séquence



- Correspond à l'historique d'exécution des communications réseaux
- Avec, en plus, un historique d'exécution pour chacun des acteurs, on obtient le **comportement global d'un système**

A	B	C	D	E
v1	v6	v9	v0	v2
v8	v3	v5	v7	v2
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-



Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

Plan

1. Petite histoire de l'informatique
2. Définitions
3. Distribution : rêve ou réalité ?
4. Modélisation / Représentation
5. Problèmes

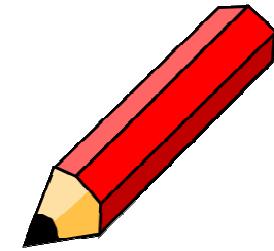
Problèmes liés à la distribution

- Efficacité
- Synchronisation
- Robustesse
- Auto-stabilisation / Auto-adaptation
- ...

Efficacité

- Exécution d'une tâche sur un temps « raisonnable »
 - Inférieur à la durée de vie d'un humain...
- La durée de vie d'un programme permet d'en évaluer l'efficacité
 - Temps total pour accomplir la tâche
 - Pourcentage d'utilisation de chaque acteur
 - Nombre de messages échangés
- Comparaison avec les supercalculateurs

Synchronisation

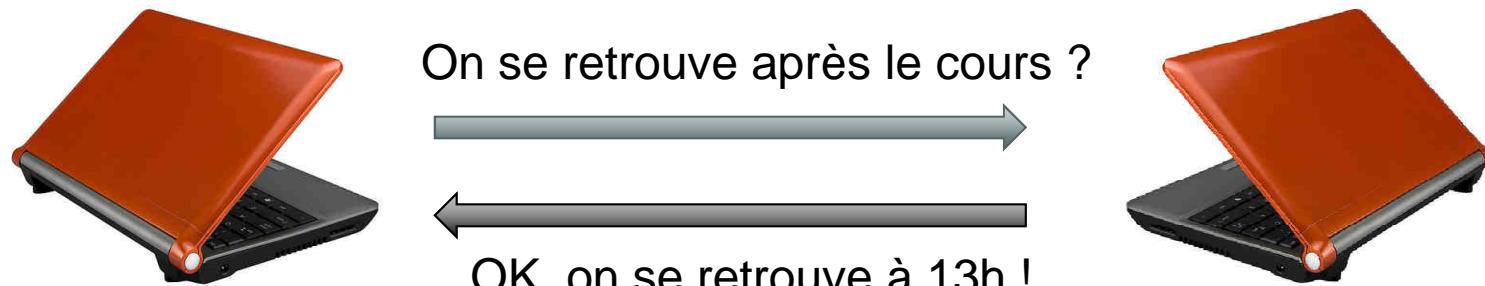
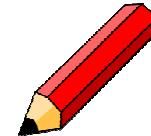


- Coordination des actions
- Eviter qu'un acteur attende indéfiniment une réponse qui ne viendra jamais
 - Introduction de bornes d'attente (*timeout*)
- Eviter les *interblocages*
 - Tous les acteurs attendent la réponse d'un autre acteur qui attend la réponse d'un autre acteur qui attend la réponse ...

Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [[CC-BY-SA-3.0](#)], via Wikimedia Commons

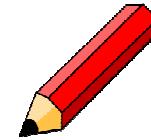
Modèle de communication

- Synchrone
 - Même notion de temps, transmission instantanée, généralement bornée
 - ex. Messagerie instantanée

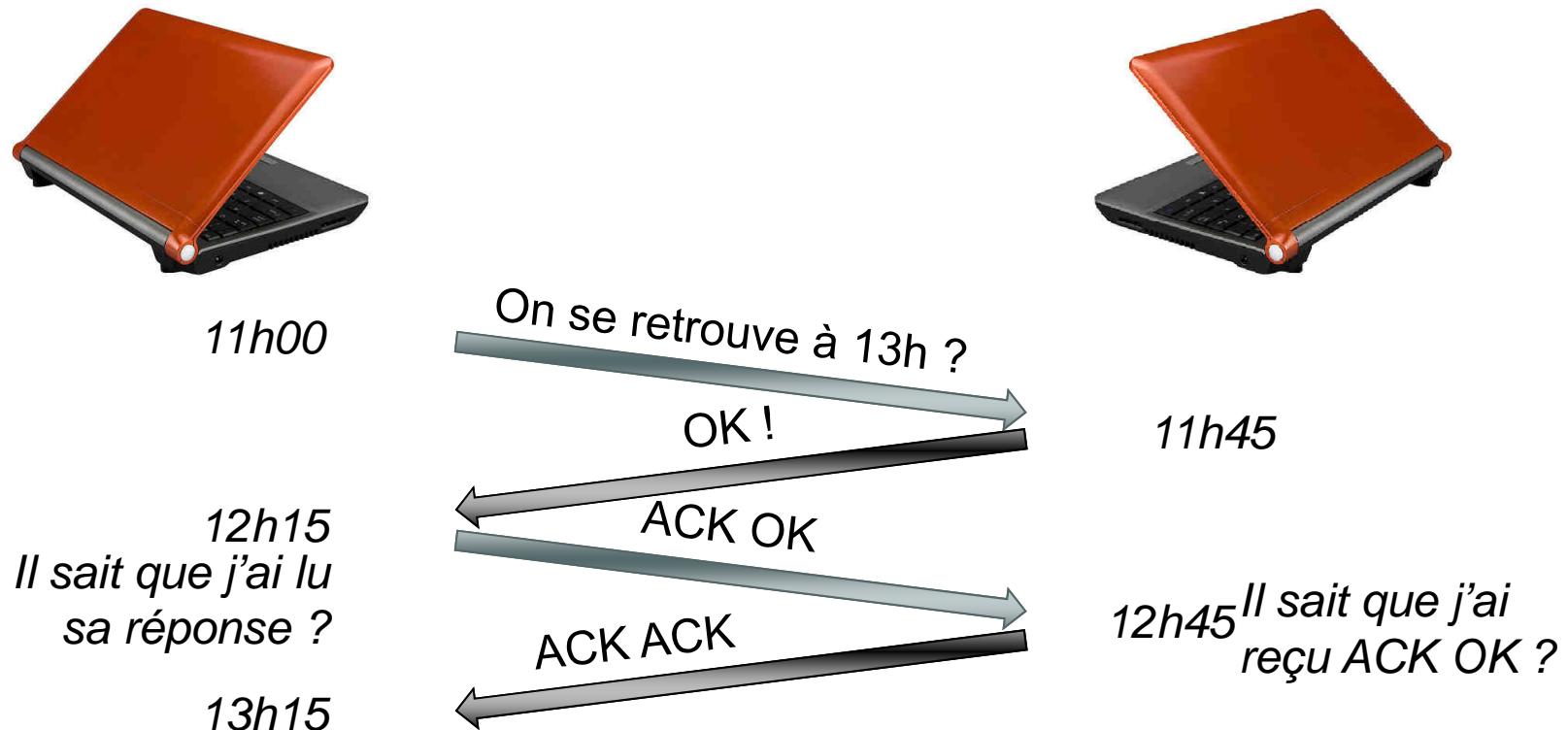


Crédit images : 1) Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [[CC-BY-SA-3.0](#)], [via Wikimedia Commons](#); 2) [VIA NetNote Turnkey System - Orange / CC BY 2.0](#)

Modèle de communication

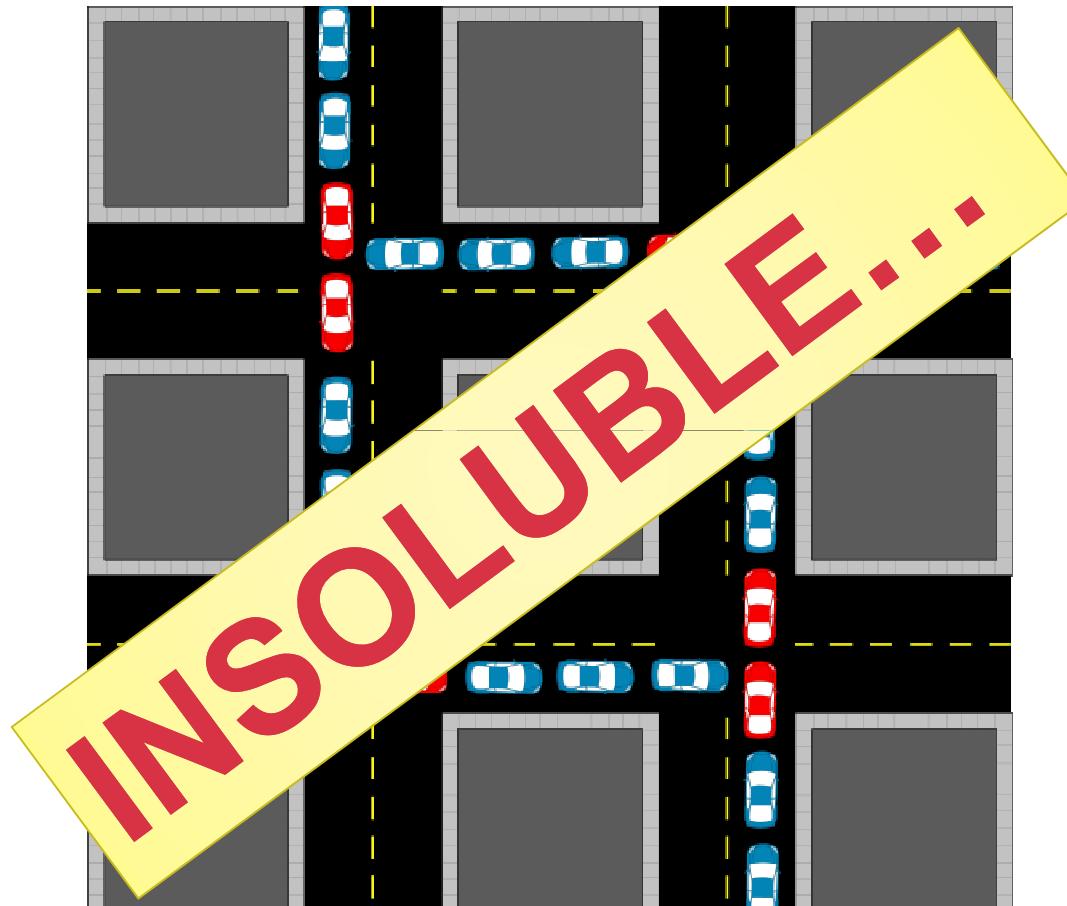


- Asynchrone : ex. Mail



Crédit images : 1) Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [[CC-BY-SA-3.0](#)], [via Wikimedia Commons](#); 2) [VIA NetNote Turnkey System - Orange / CC BY 2.0](#)

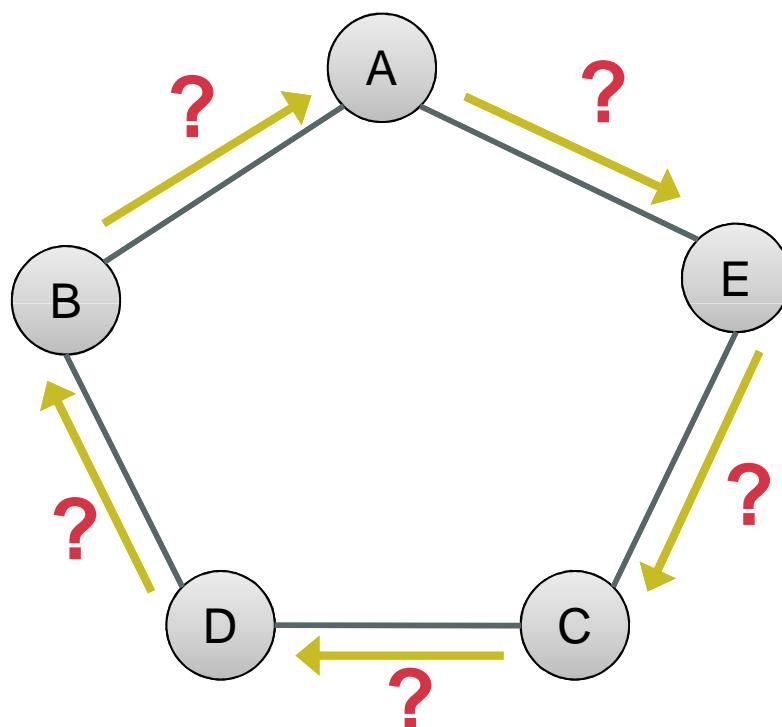
Interblocage



Les véhicules bleus ne peuvent plus avancer tant que les véhicules rouges n'auront pas libéré la route...

Gridlock, by [Jeanacoa](#), [Creative Commons Attribution-Share Alike 2.5 Generic](#), via [Wikimedia Commons](#)

Interblocage dans un réseau



A demande pose une question à E et attend la réponse de E.

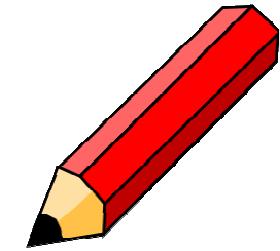
E ne connaît pas la réponse. E demande à C et attend sa réponse.

C ne connaît pas non plus la réponse. C demande à D et attend sa réponse.

Même D ne connaît pas la réponse ! D demande à B et attend sa réponse.

Comme B ne connaît pas la réponse, B demande à A, qui ne répond pas ! Et oui ! A attend la réponse de E !!!
TOUT LE MONDE EST BLOQUÉ !

Robustesse

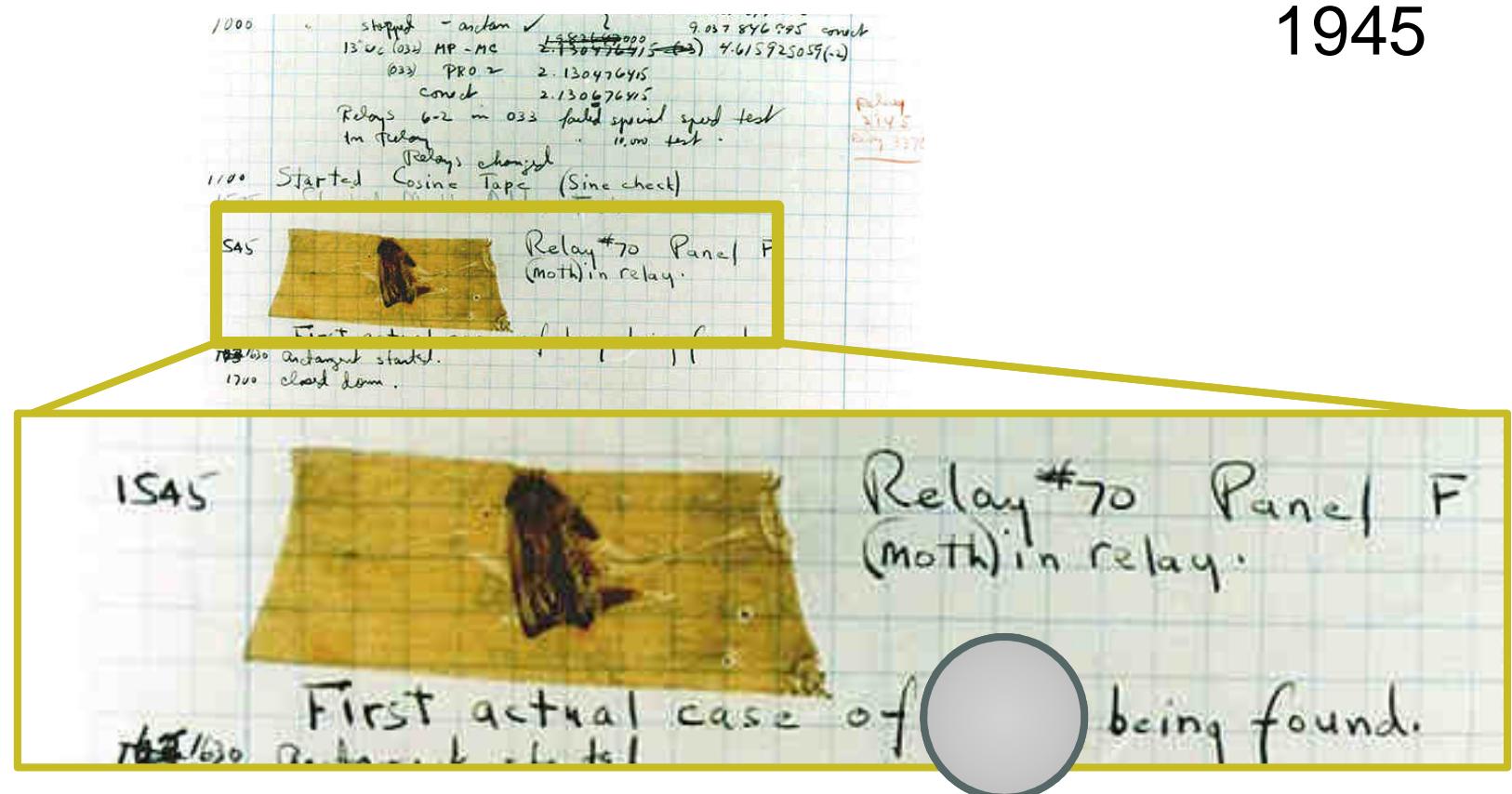


- Eviter que la définition 3 ne survienne !
 - Rappel : *Un système distribué est un système qui vous empêche de travailler quand une machine dont vous n'avez jamais entendu parler tombe en panne.*
- Tolérance aux défaillances
 - Avant : correction de bugs dans un algorithme
 - Maintenant : Résoudre des « bugs réseaux »
 - Suppression d'interblocage
 - Prévenir les erreurs en cas de plantage de machine

Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

Pause insolite

- Savez-vous d'où vient le mot *bug* ?



By Courtesy of the Naval Surface Warfare Center, Dahlgren, VA., 1988. [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

Vol 501 d'Ariane 5

- Vol inaugural
- 4 juin 1996 – 9h35
 - Visibilité OK
 - Chargement : 4 sondes de la mission Cluster
 - 370 millions de dollars !



By National Reconnaissance Office [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

Vol 501 d'Ariane 5 – 04/06/96



Vol 501 d'Ariane 5

- Système de guidage réparti
 - Appareils informatiques, accéléromètres, gyroscopes, ...
- Après 37 secondes de vol
 - Bug informatique dans le SGI → HS
 - Idem dans le SGI de secours → HS
- Après 40 secondes de vol
 - Démarrage du pilote automatique
 - Interprétation de signaux incohérents du SGI

Auto-organisation/stabilisation

- Augmentation du nombre d'acteurs d'un système distribué
- Modèle client-serveur mal dimensionné

But : Chaque acteur est autonome et indépendant

- Émergence d'un comportement global à partir de comportements locaux isolés

Exemple : le OU booléen

- Chaque acteur a une valeur initiale

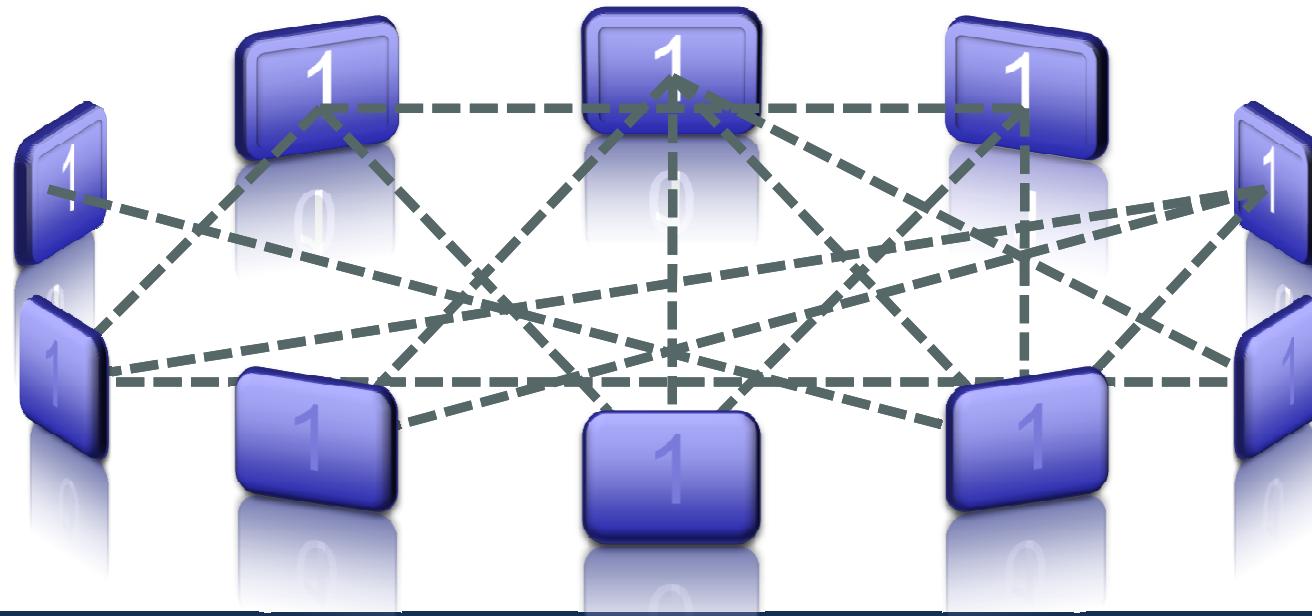
- *Vrai* représenté par un 1
- *Faux* représenté par un 0

A	B	A ou B
Faux	Faux	Faux
Faux	Vrai	Vrai
Vrai	Faux	Vrai
Vrai	Vrai	Vrai

- Si au moins un acteur est *Vrai* au départ
alors résultat global est *Vrai*

Exemple :

- Discussion 2 à 2, acteurs aléatoire
 - Après, les 2 agents auront pour valeur le résultat du OU entre leur valeur initiale



Preuve de correction

- Si tous les acteurs ont 0 initialement
 - Aucun ne pourra passer à 1 à la suite d'une interaction
 - Le protocole répondra donc 0 (*i.e., faux*)
- Si au moins un des acteurs possède la valeur 1
 - Une fois que l'on a la valeur 1, on ne peut revenir à 0
 - Si les acteurs sont choisis aléatoirement, équitablement, tout acteur avec 0 a une probabilité non nulle d'interagir avec un acteur ayant pour valeur 1
 - Le nombre d'acteur avec une valeur 1 ne peut que croître
 - Ce nombre converge vers n avec une probabilité 1
 - Le protocole répondra donc 1 (*i.e., vrai*)

ALGORITHMIQUE DISTRIBUÉE

Yann Busnel

UFR Sciences et Techniques (Dpt. Informatique)
LINA (Equipe GDD)

www.univ-nantes.fr



UNIVERSITÉ DE NANTES

