

ALGORITHMIQUE DISTRIBUÉE

Yann Busnel

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

www.univ-nantes.fr



UNIVERSITÉ DE NANTES



Kesako ?

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

Kesako ?



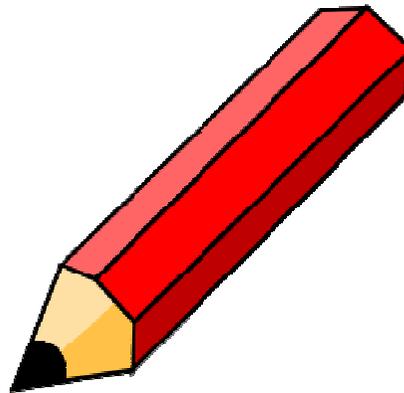
Plan

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

Transparent de prise de note

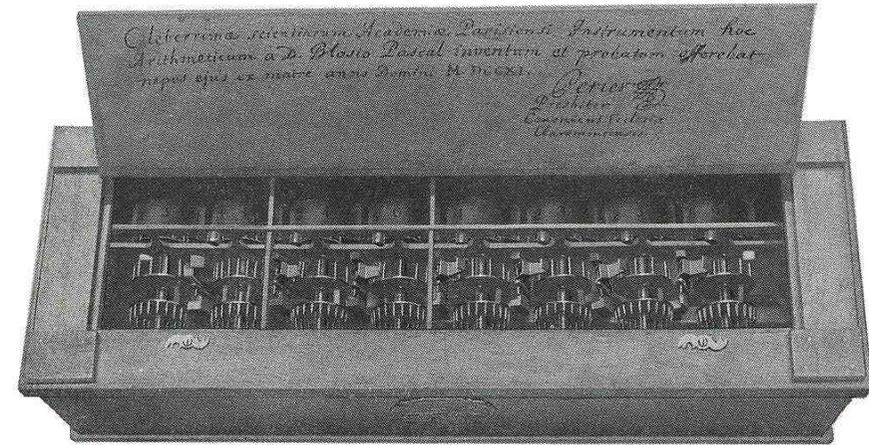
- RAPPEL :

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



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



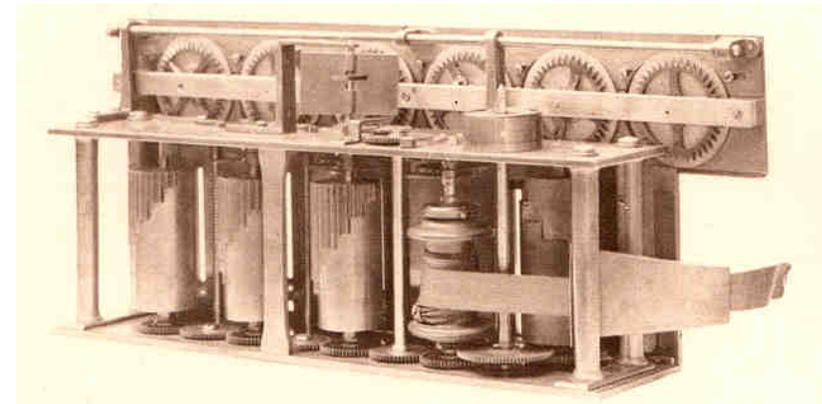
Blaise Pascal [\[CC-BY-SA-3.0 via Wikimedia Commons\]](#)

La Pascaline - 1642

Petite histoire de l'informatique



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

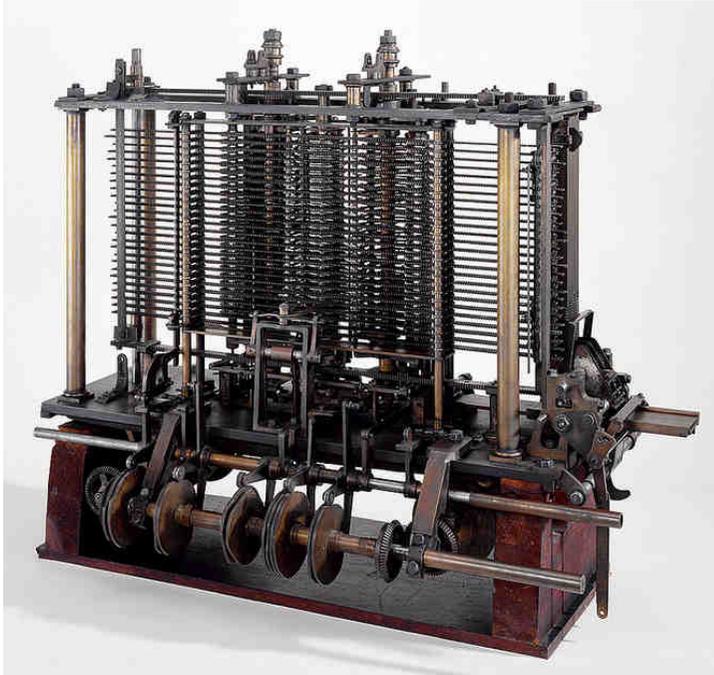


Mechanism Arithmometer 1822, [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

L'Arithmometre – 1820

La premier calculateur produit en masse

Petite histoire de l'informatique



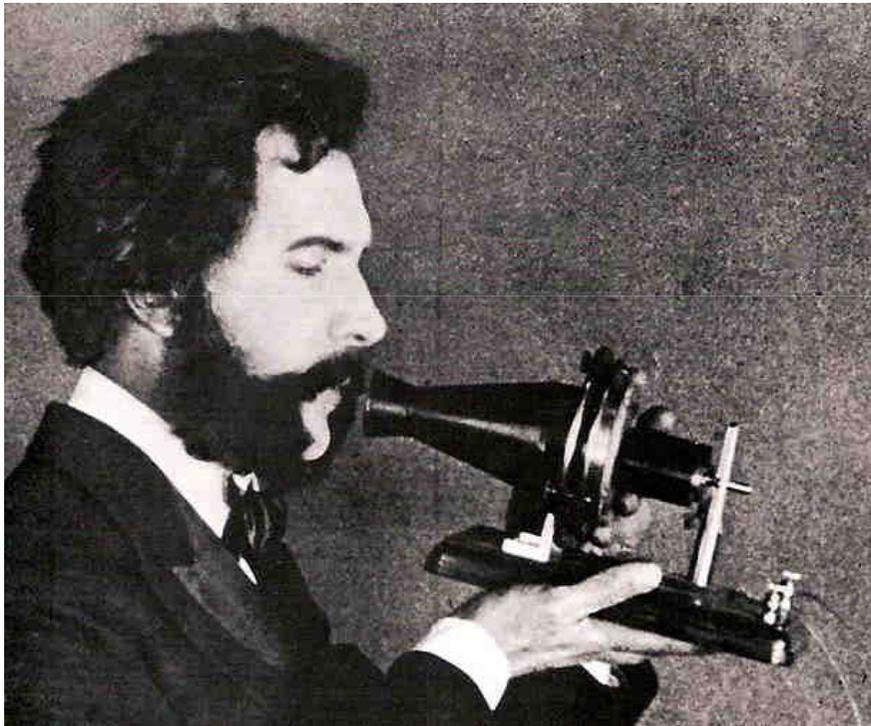
[Babbage's Analytical Engine, 1834-1871.](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/)
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>



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

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

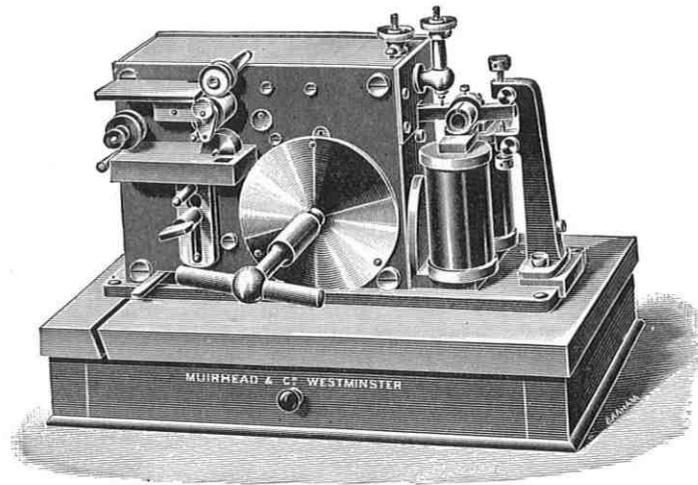
Petite histoire de l'informatique



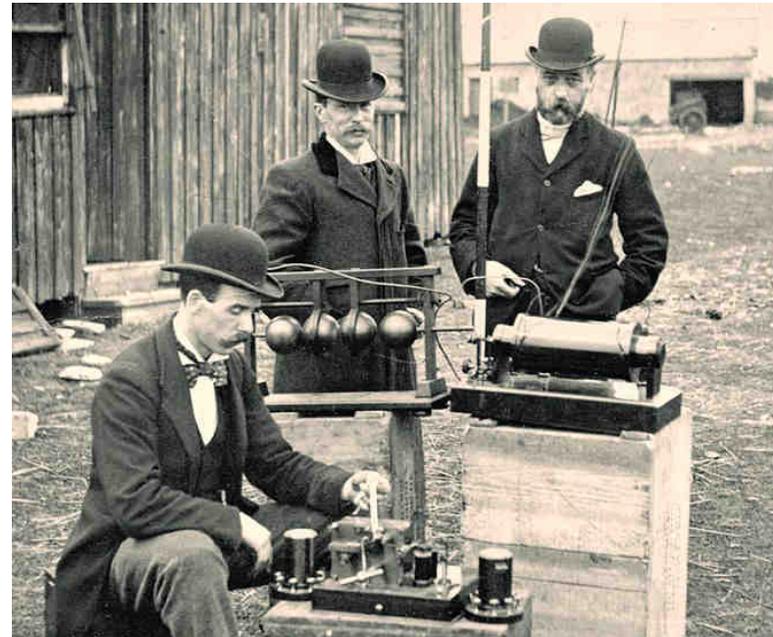
Téléphone – 1867
*Graham Bell parlant dans
le tout premier téléphone*

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

Petite histoire de l'informatique



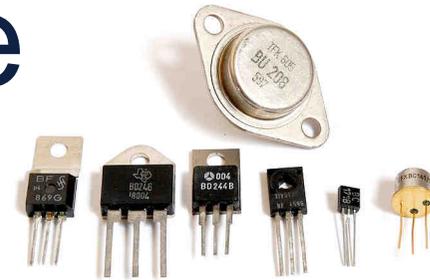
Work found at
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Muirhead_Morse_inker_%28Rankin_Kennedy,_Electrical_Installations,_Vol_V,_1903%29.jpg / <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>



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

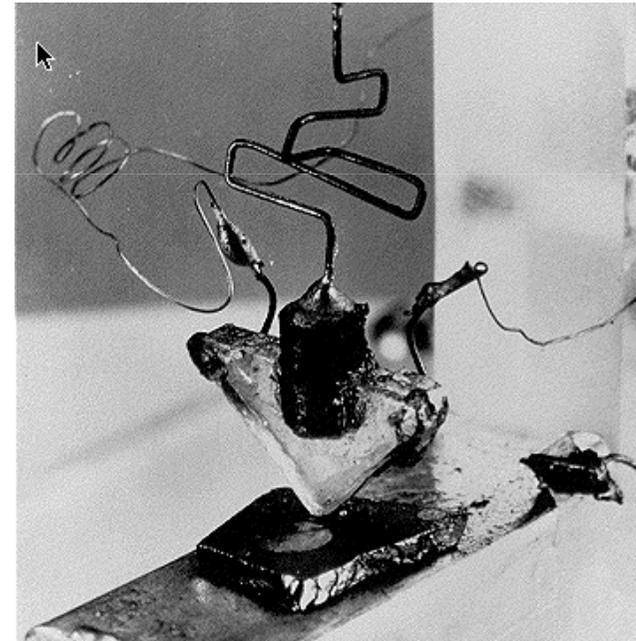


Transistor – 1926
Premier brevet déposé



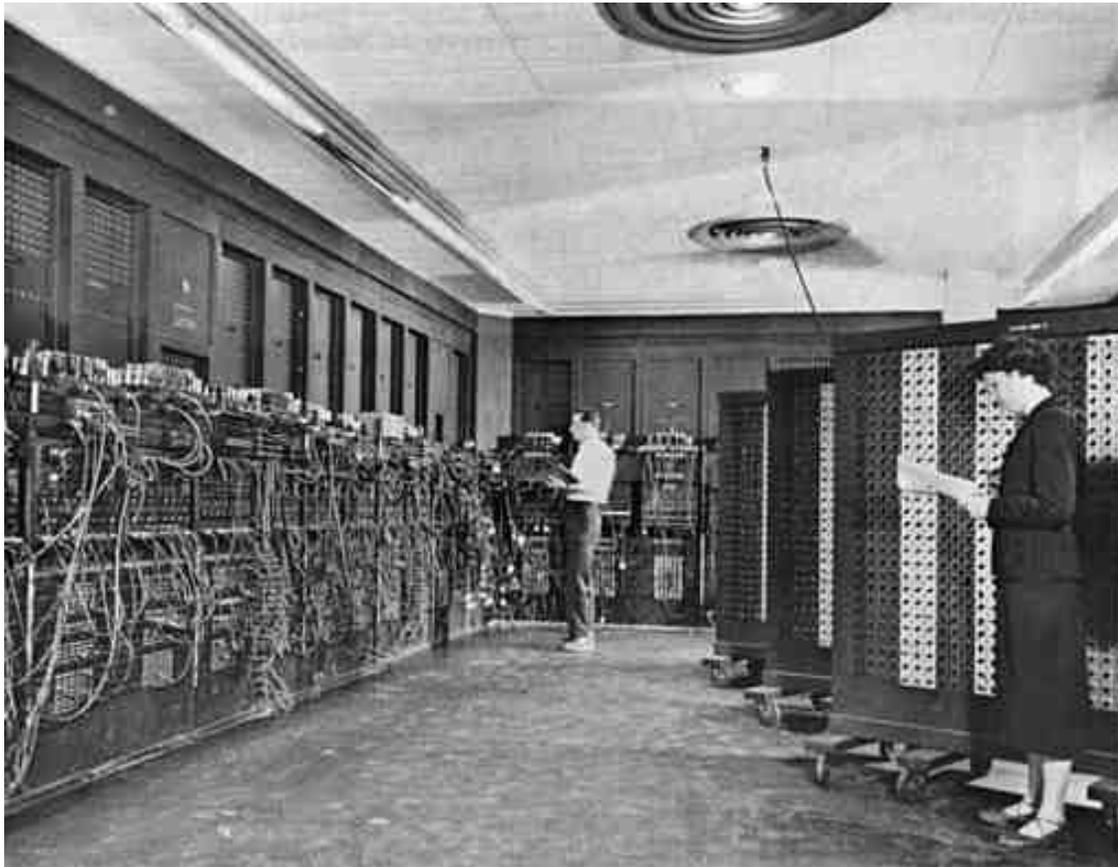
By Benedikt.Seidl (Own work) [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)

Le premier transistor
– 1947



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

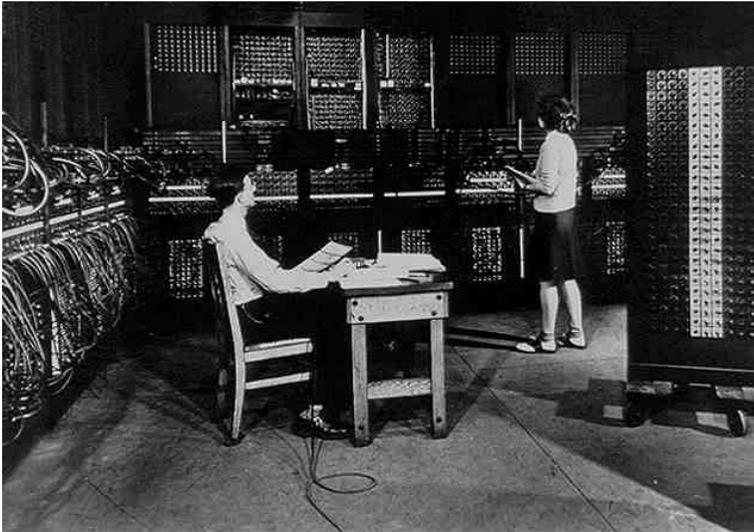
Petite histoire de l'informatique



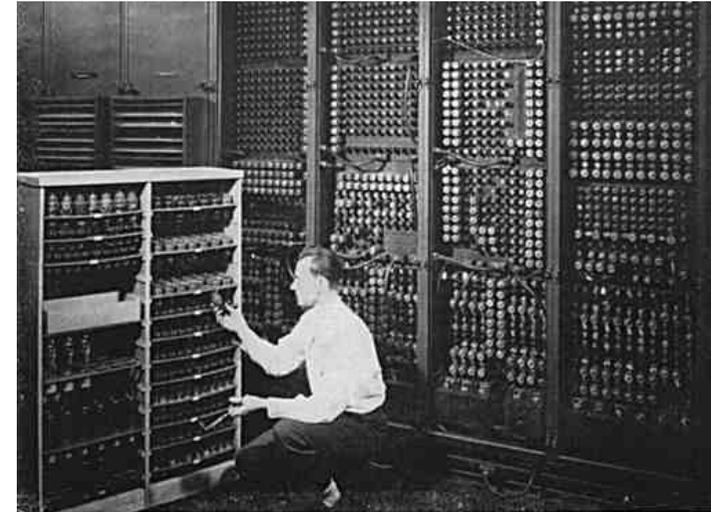
ENIAC – 1946
*Le premier
ordinateur !*

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

Petite histoire de l'informatique

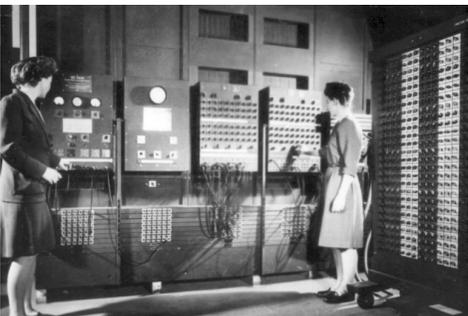


By USGov-Military-Army [Public domain], [via Wikimedia Commons](#)



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

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



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

ENIAC – 1946
Le premier ordinateur !

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



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

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

Petite histoire de l'informatique



Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Micral_MGR_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:SCELB_I_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](#)



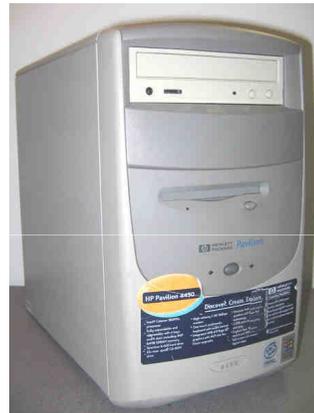
By Rama & Musée Bolo (Own work) [[CC-BY-SA-2.0-fr](#)], [via Wikimedia Commons](#)

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

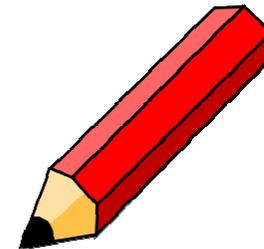


Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Power_Mac_G3_B%26W.jpg / CC BY-SA 3.0

Amélioration des performance 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

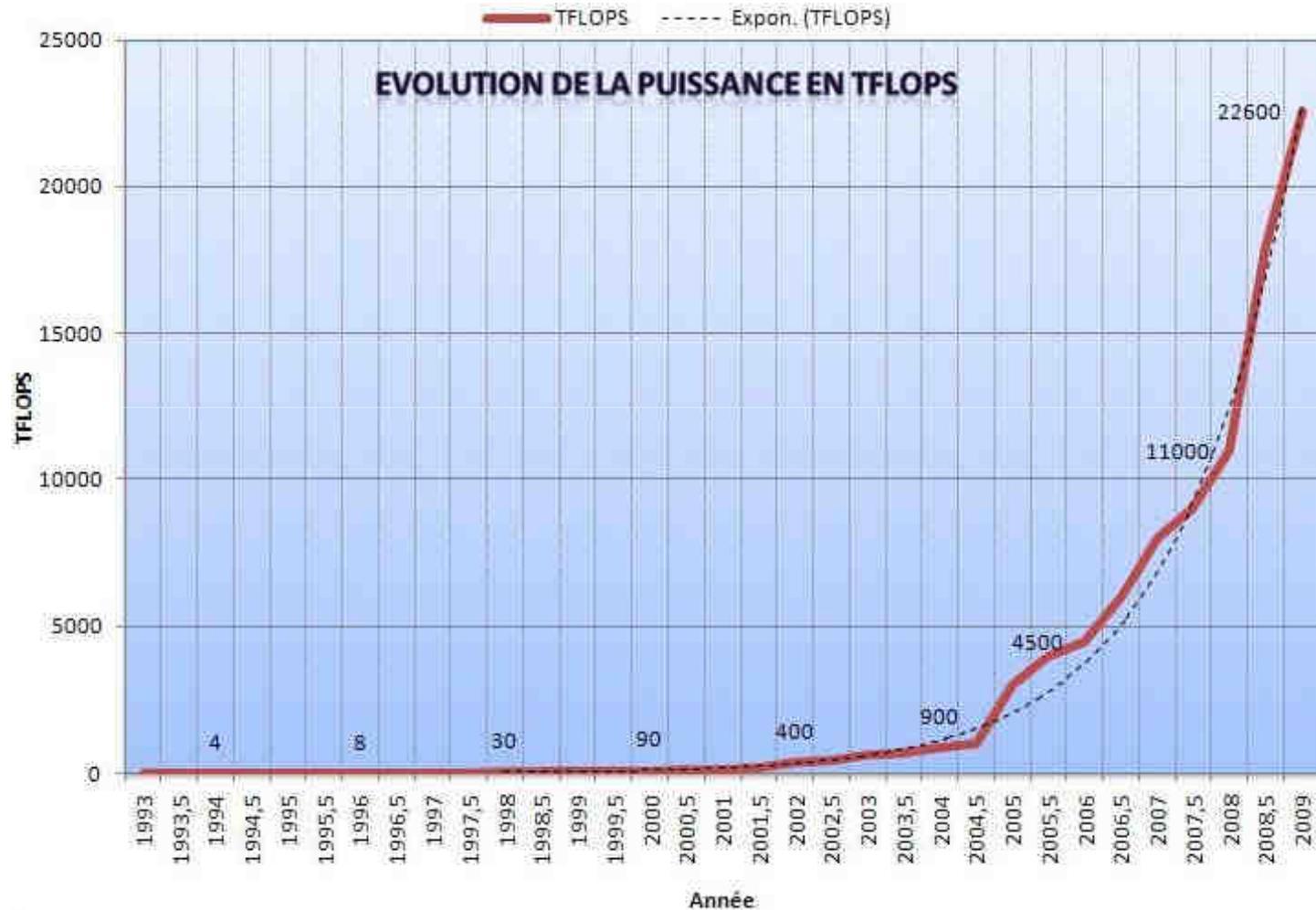
IBM Blue Gene P



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



Université
chinoise de
technologie
de défense, à
Changsha

[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](#)



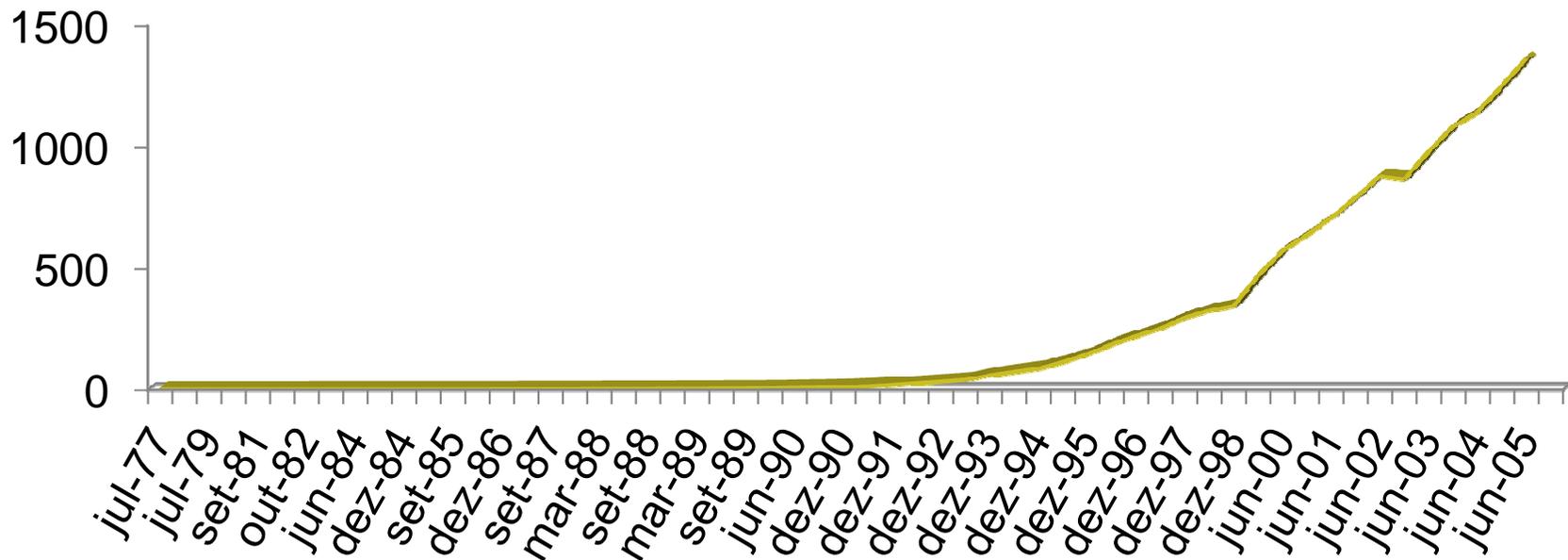
Work found at <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Connected-world.jpg> / [CC BY-SA 3.0](#)

Internet en 5 dates

- 1965 : première connexion longue distance
 - Entre le Massachusetts 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

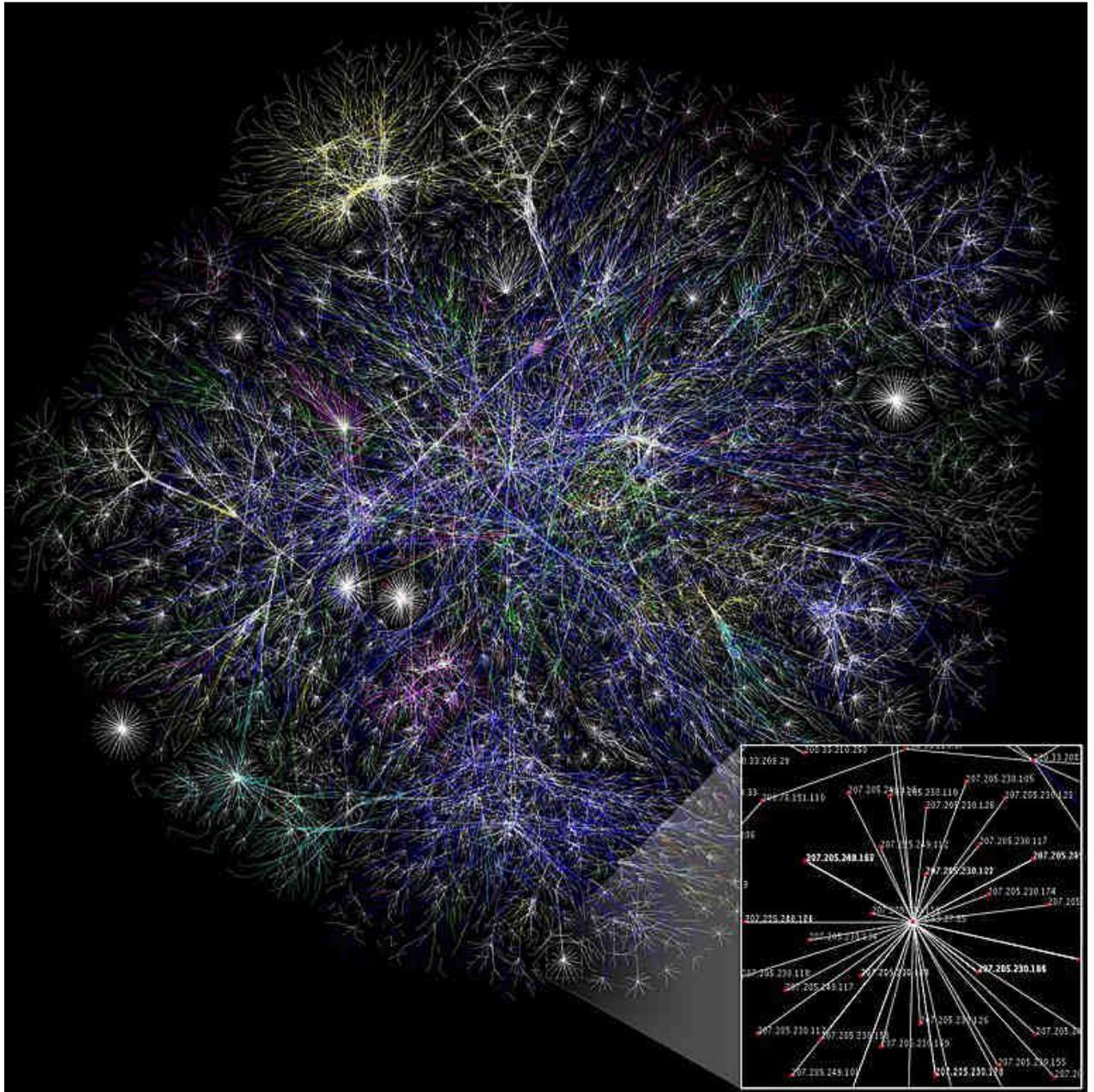
Milhões



En 2013 : 2,5 milliards d'utilisateurs

[Royal Pingdom]

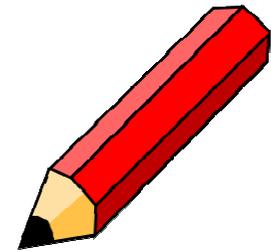
Carte d'Internet de nos jours



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 effectués 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



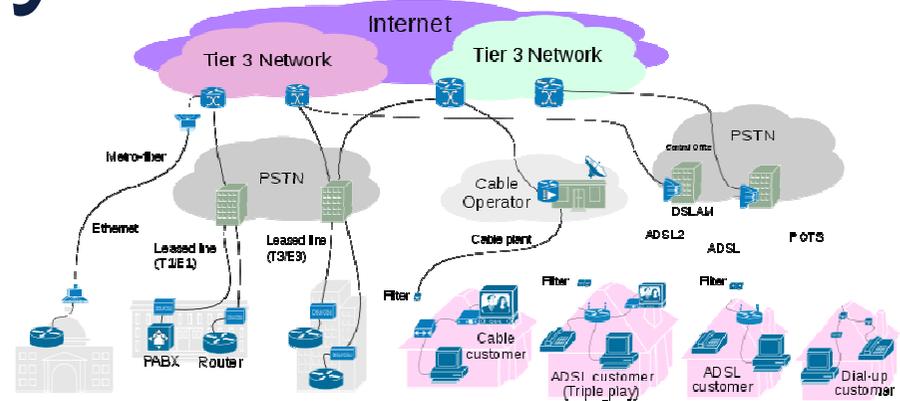
Multiprocesseur

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

Grilles de calculs (grappes)



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



Réseaux locaux, Internet...

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

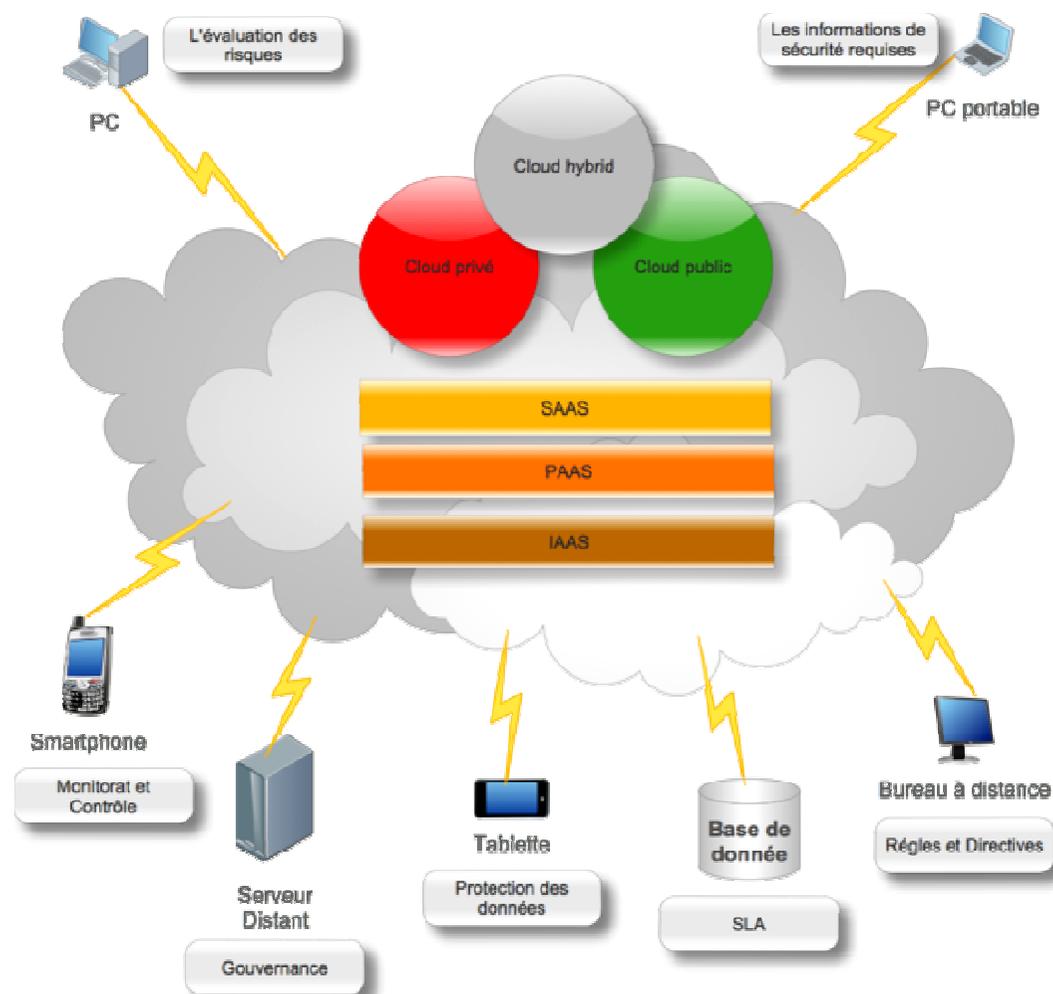


Question Mark Cloud /
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>

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 Iox59 (Travail personnel) [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

Systemes distribués :

Définition 1

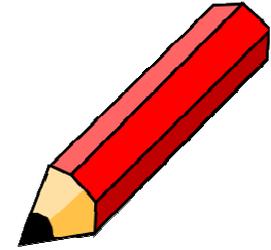
Un système informatique distribué est une collection de **postes ou calculateurs autonomes** qui sont **connectés** à l'aide d'un **réseau de communication**.

Wikipedia, 2013

- Les machines sont autonomes.

Systemes 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](#)

Systemes 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

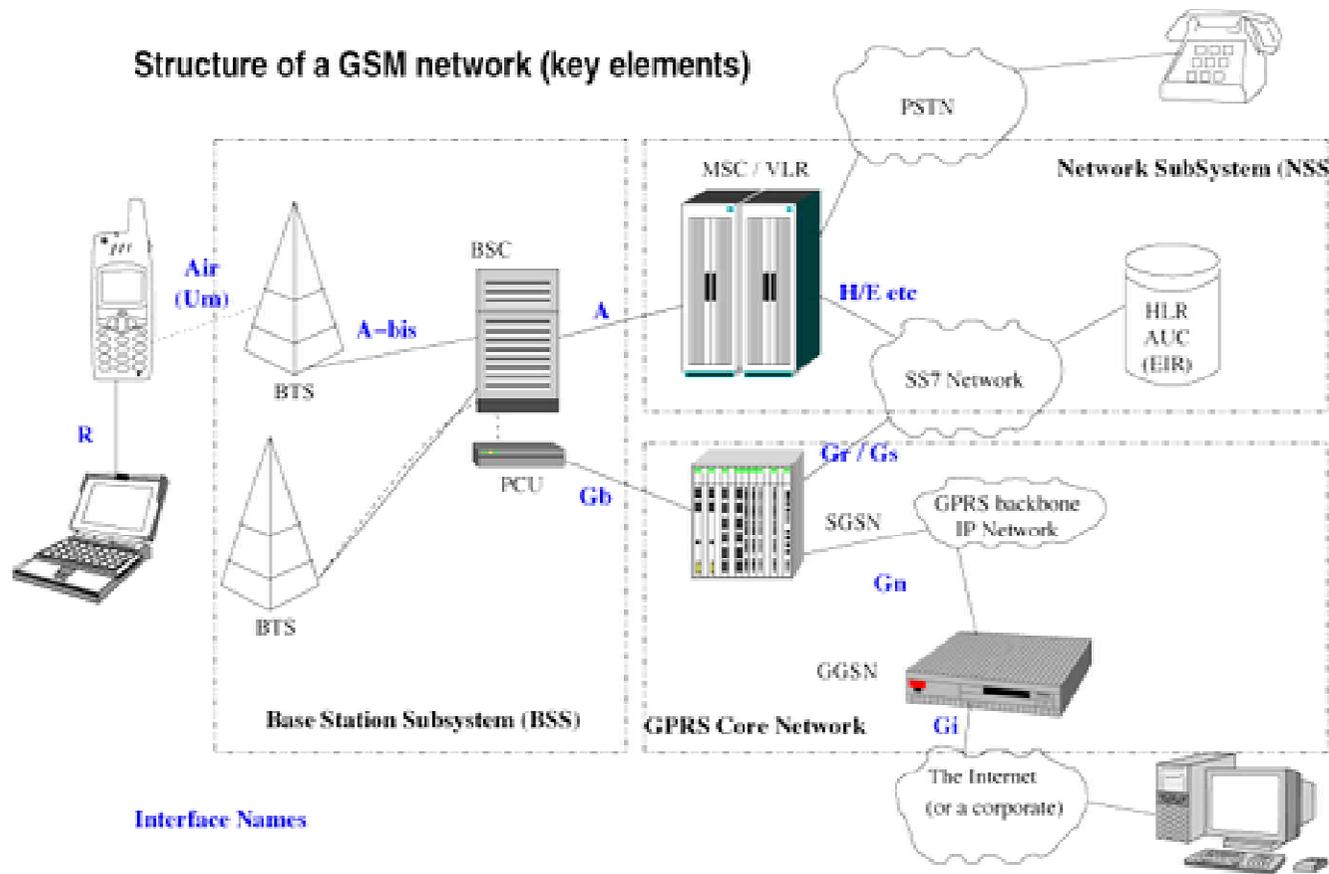
Plan

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)



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](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gsm_network.png); 2) [vintage "Model 746" BT dial telephone](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) / <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>; 3) By Anders (Own work) [Public domain], via [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell_Phone_Tower.jpg); 4) Work found at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cell_Phone_Tower.jpg / [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/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

The screenshot shows the Facebook homepage in French. At the top left is the Facebook logo. To the right, there are links for "Garder ma session active" and "Mot de passe oublié?". Below these are input fields for "Adresse électronique" and a "Connexion" button. The main content area is split into two columns. The left column features the text "Facebook vous permet de rester en contact et d'échanger avec les personnes qui vous entourent." and a world map with several yellow person icons connected by dashed lines. The right column is titled "Inscription" and contains the text "Le site est gratuit et ouvert à tous." followed by a registration form with fields for "Prénom", "Nom de famille", "Votre adresse électronique", "Nouveau mot de passe", "Je suis" (with a "Sexe" dropdown), and "Date de naissance" (with "Jour", "Mois", and "Année" dropdowns). A green "Inscription" button is at the bottom of the form. Below the form, there is a link "Créer une Page pour une célébrité, un groupe de musique ou une entreprise." and a language selection bar with options like "English (US)", "Français (France)", "Español", "Português (Brasil)", "Deutsch", "Italiano", "العربية", "हिन्दी", "中文(简体)", "日本語", and a right arrow. At the very bottom, there is a footer with "Facebook © 2009 - Français (France)" and a list of links: "À propos de", "Publicité", "Développeurs", "Emplois", "Conditions", "Blog", "Widgets", "Rechercher des amis", "Confidentialité", "Mobile", and "Aide".

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

Grands réseaux sociaux

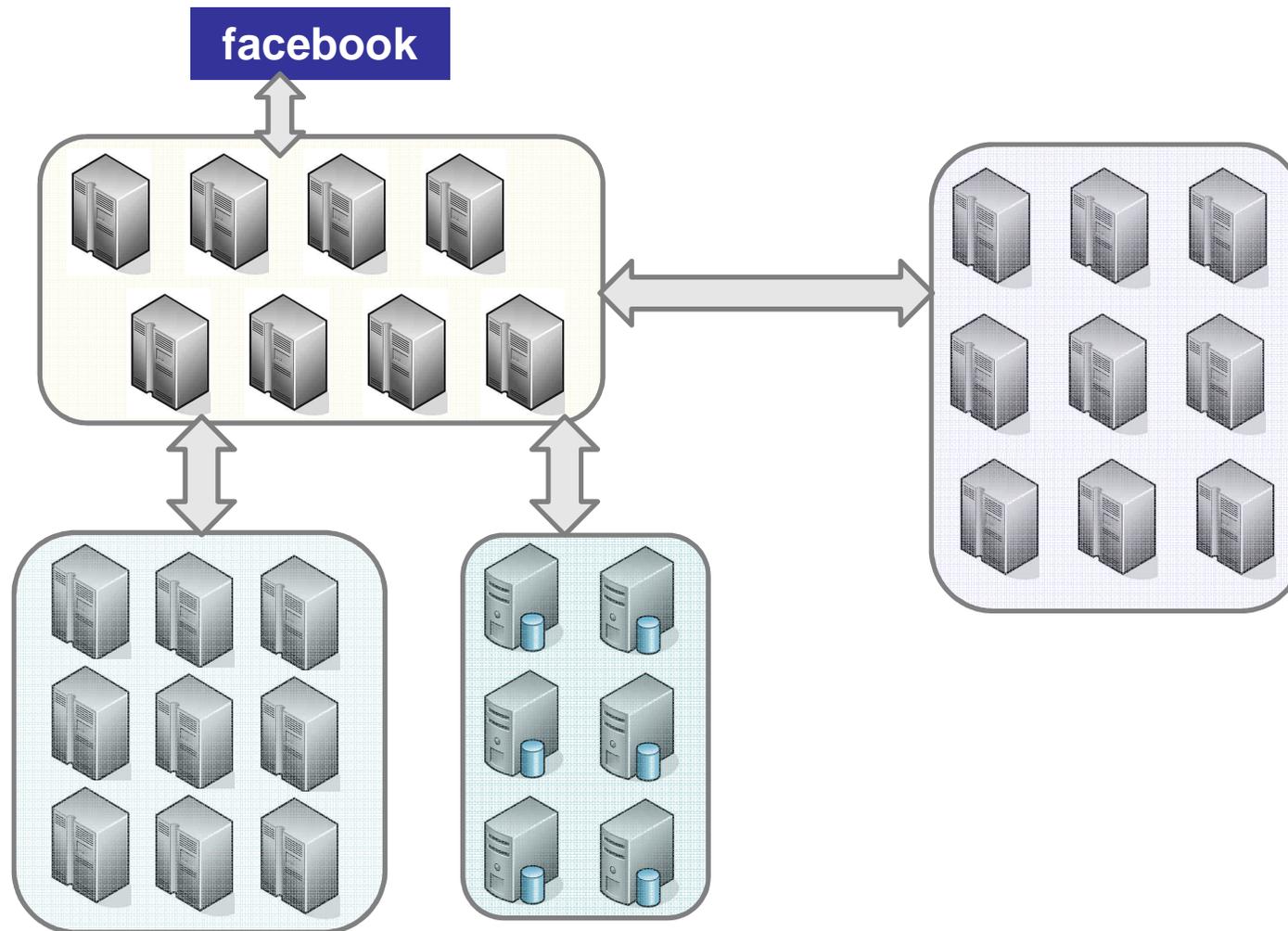


Schéma créé à partir de : [Workstation and hardware icons](#) / [CC BY 2.0](#)

Applications de *webservice*



Courtage temps réel



Systemes de réservation

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) [\[CC-BY-SA-3.0\]](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), via [Wikimedia Commons](http://commons.wikimedia.org/)

Pair-à-pair (Peer-to-peer)



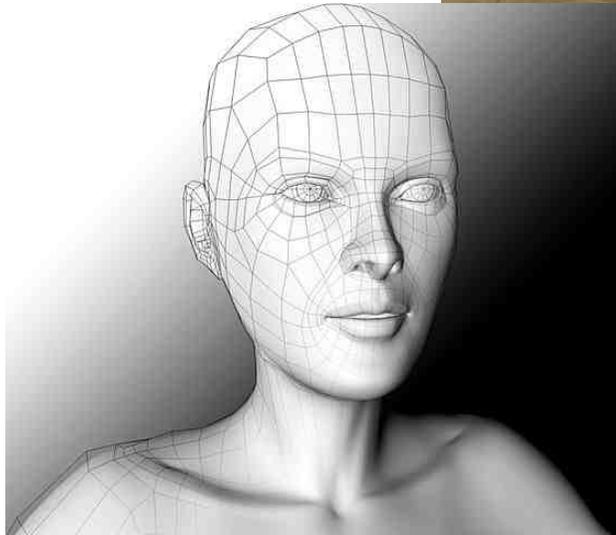
Computer Workgroup Team Meeting,
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/deed.en>, via [Flickr](#)



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:Pol
ygon_face.jpg](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

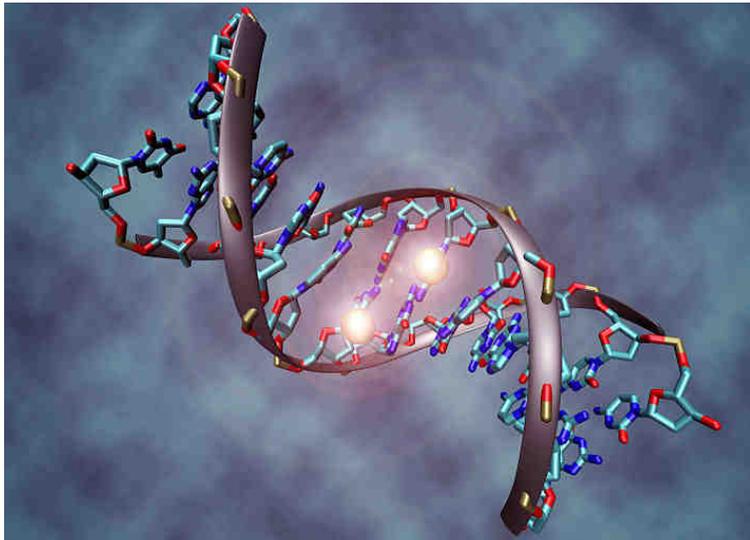
Calcul réparti – Décodage de grande masse de données



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

SETI@Home

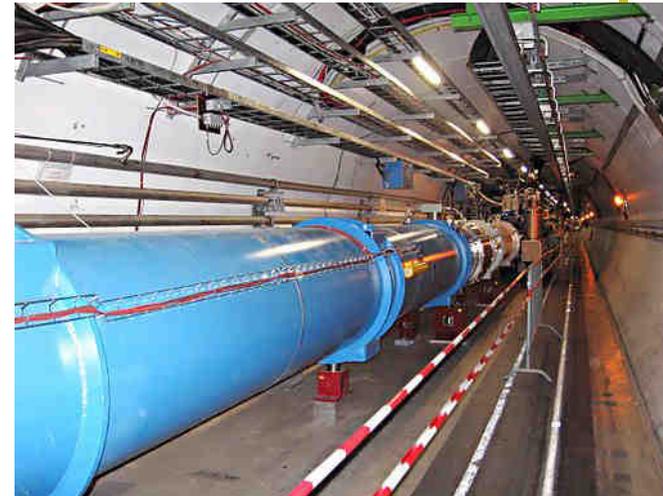
Calcul réparti – Calcul scientifique



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

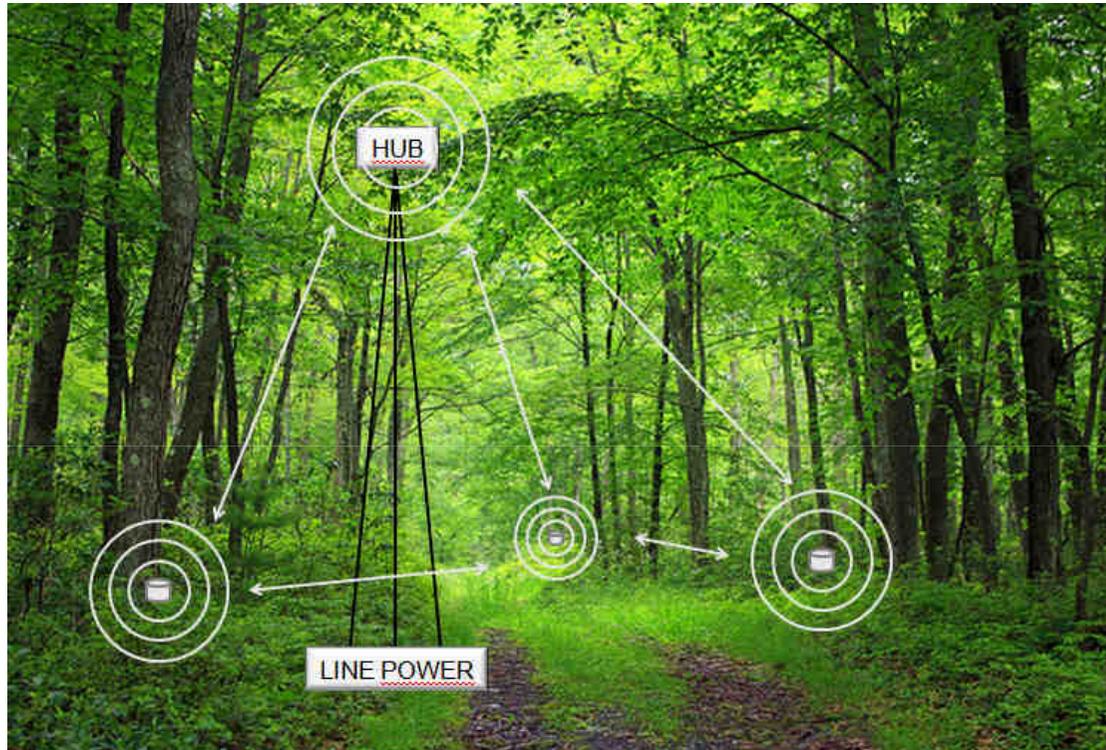
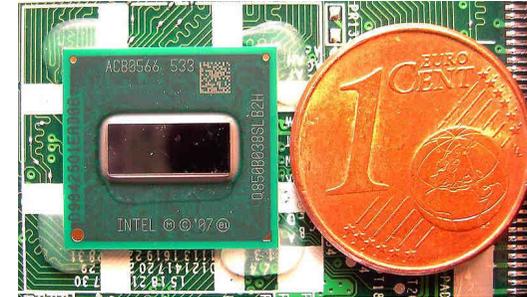


Image créée à partir de : [Plateau Forest \(2\)](#) / [CC BY 2.0](#)

Surveillance de feux de forêt



Work found at

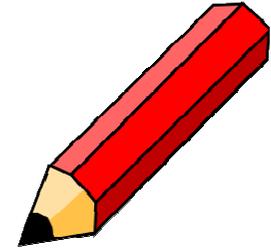
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Atom_Z520_vs_1Cent.JPG / [CC BY-SA 3.0](#)



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 **systemes distribués** sont présents partout, sans que l'utilisateur ne s'en rende compte
- Ces systemes 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](#)

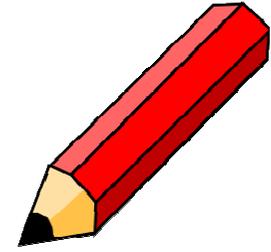
Plan

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

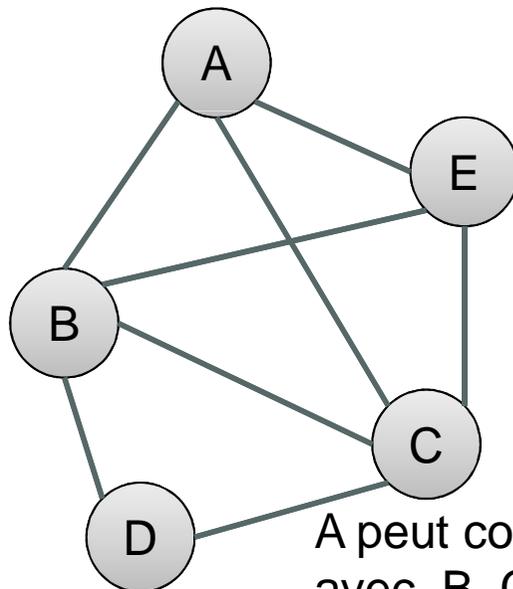
Modélisation

- 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 ?

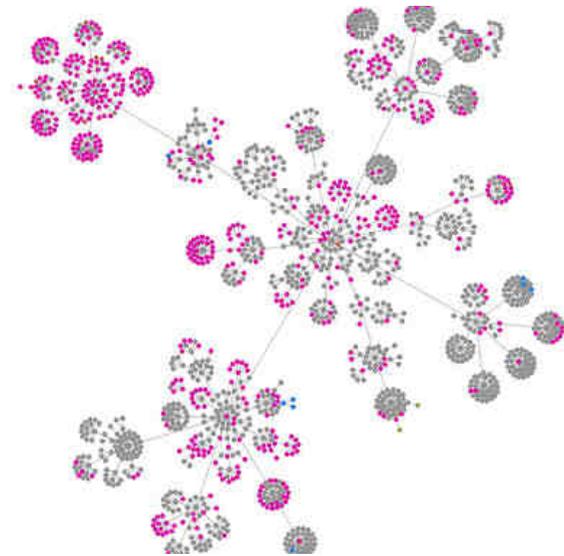
Représentation de l'espace



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

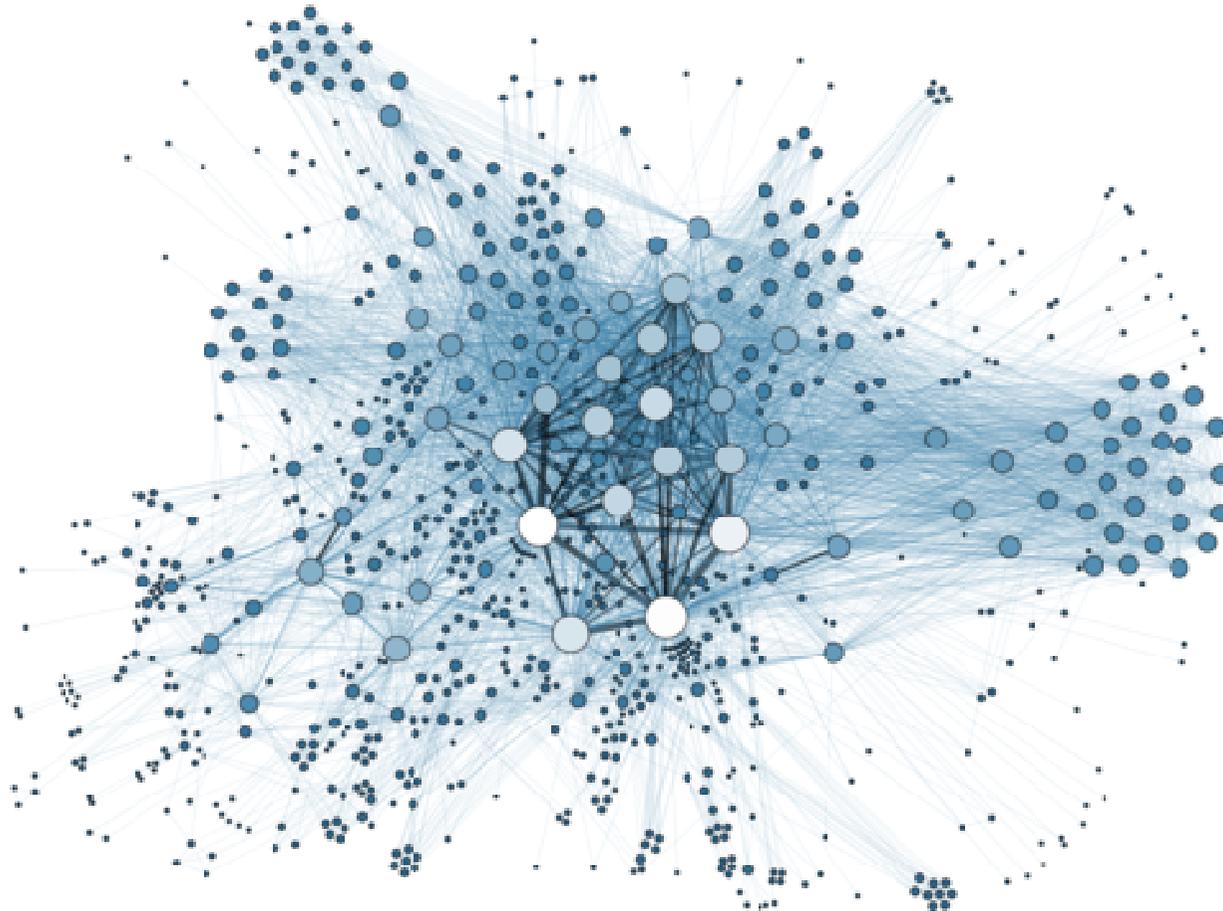


A peut communiquer avec B, C et E mais pas avec D



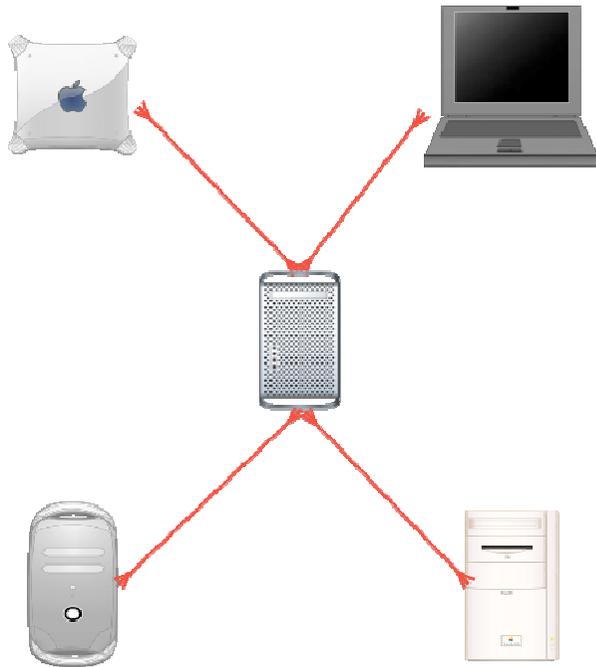
Crédit images : 1) Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], [via Wikimedia Commons](#); 2) [Site graph of barnesandnoble.com](#) / [CC BY 2.0](#), by Noah Sussman

Représentation d'un réseau social

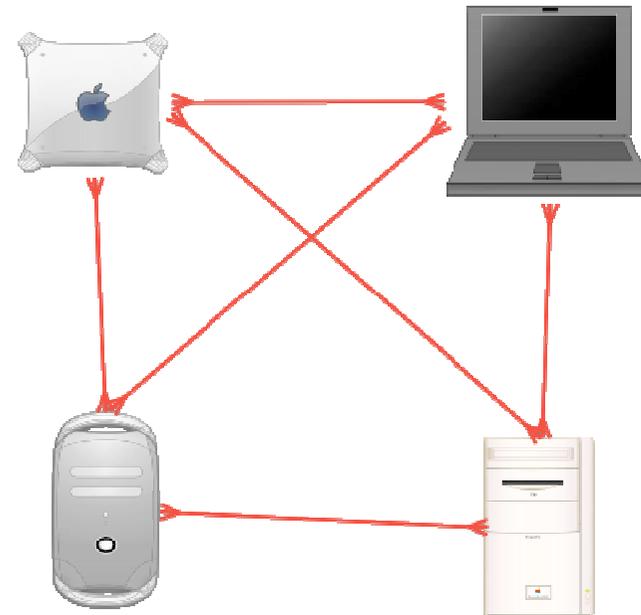


By [Calvinus](#) [CC-BY-SA-3.0], via [Wikimedia Commons](#)

Modèles de communication



Architecture client-serveur

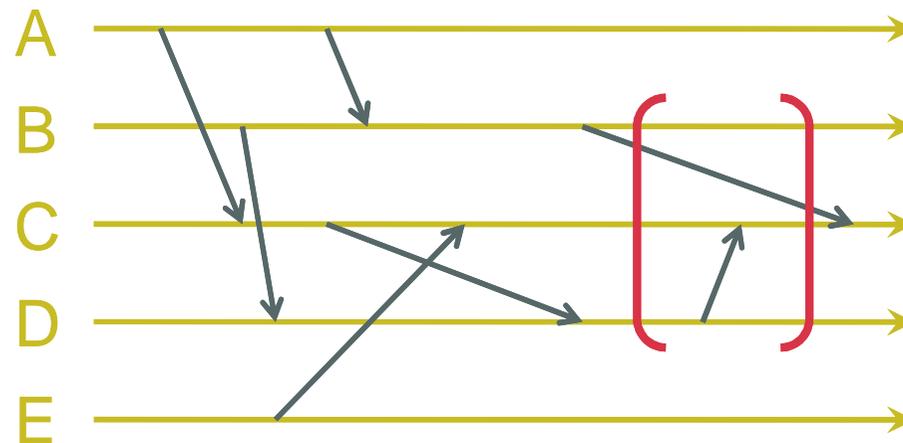
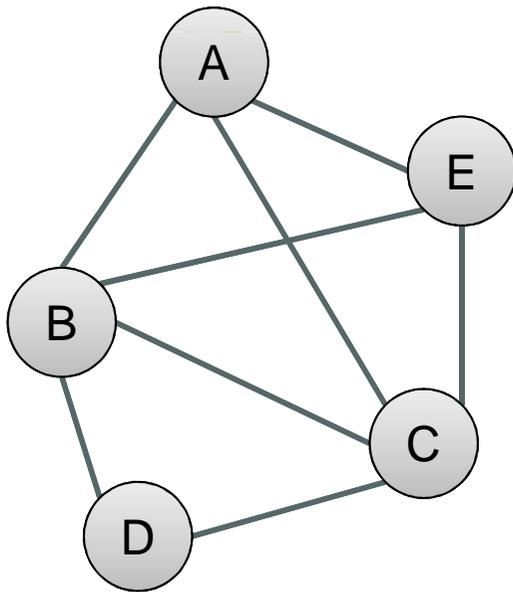


Architecture pair-à-pair

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

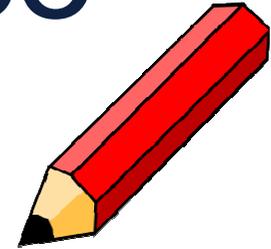
Représentation du temps

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



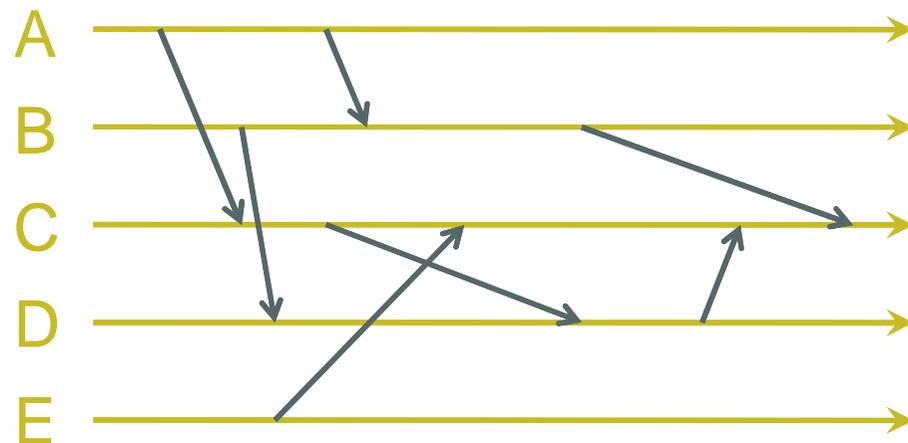
D envoie son message après B,
mais C le reçoit avant !

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

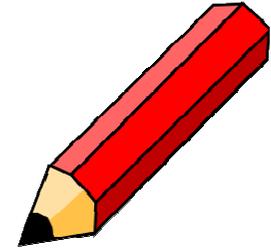
Problèmes liés à la distribution

- 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



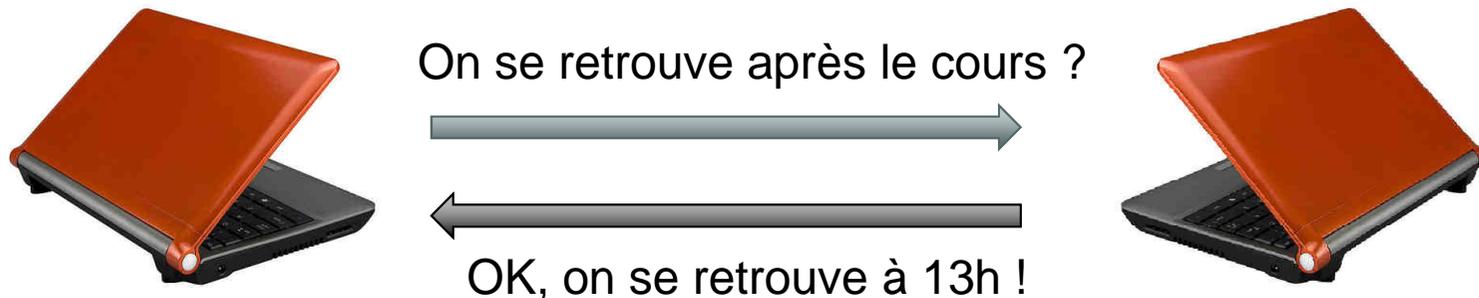
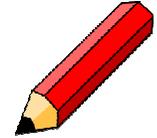
- Coordination des actions
- Eviter qu'un acteur attende indéfiniment une réponse qui ne viendra jamais
 - Introduction de bornes d'attente (*timeout*)
- Eviter les *interblocages*
 - Tous les acteurs attendent la réponse d'un autre acteur qui attend la réponse d'un autre acteur qui attend la réponse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

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

Modèle de communication

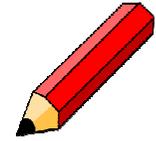
- Synchrones

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

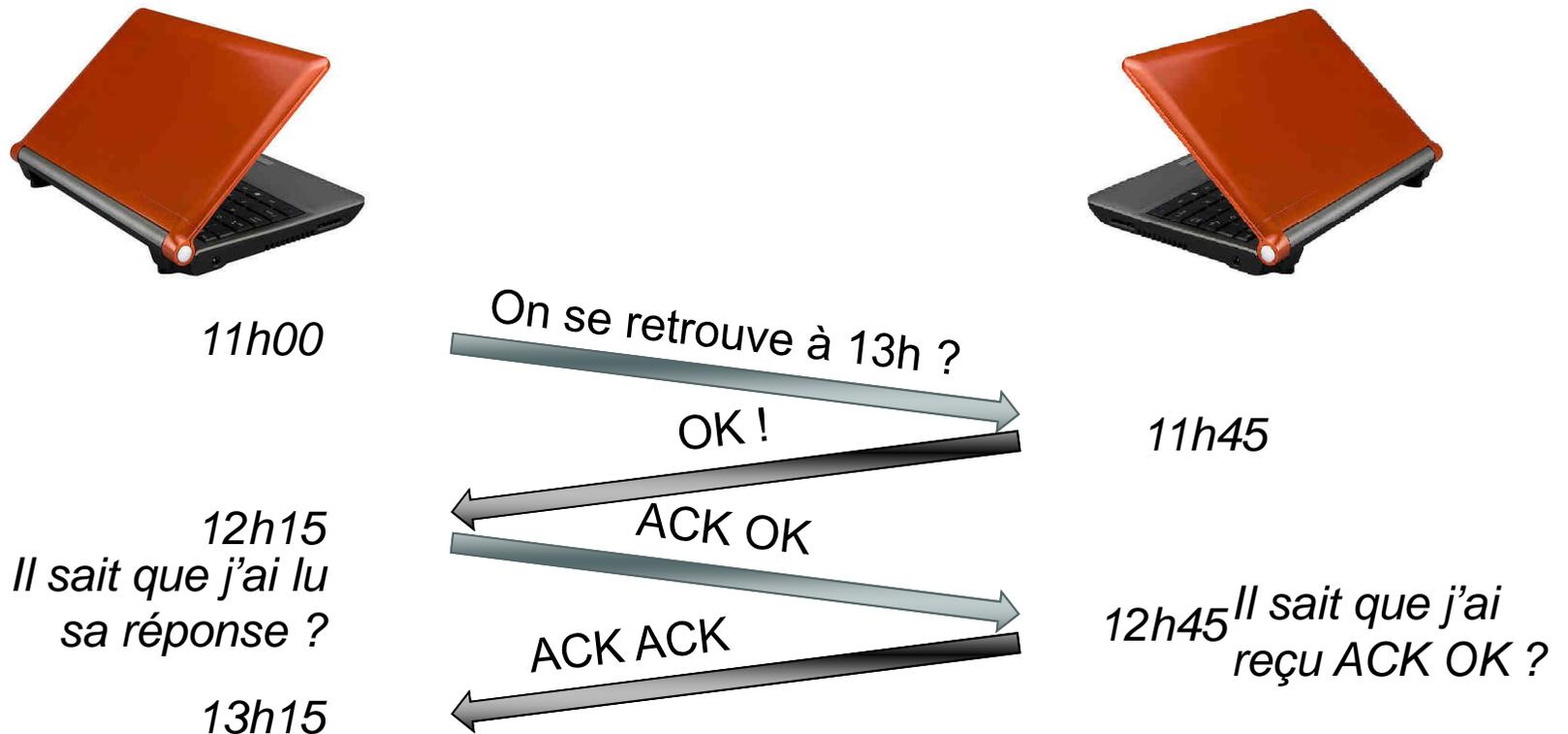


Crédit images : 1) Emblem-pen.svg:derivative work: S19991002 (Emblem-pen.svg) [CC-BY-SA-3.0], [via Wikimedia Commons](#); 2) [VIA NetNote Turnkey System](#) - Orange / CC BY 2.0

Modèle de communication

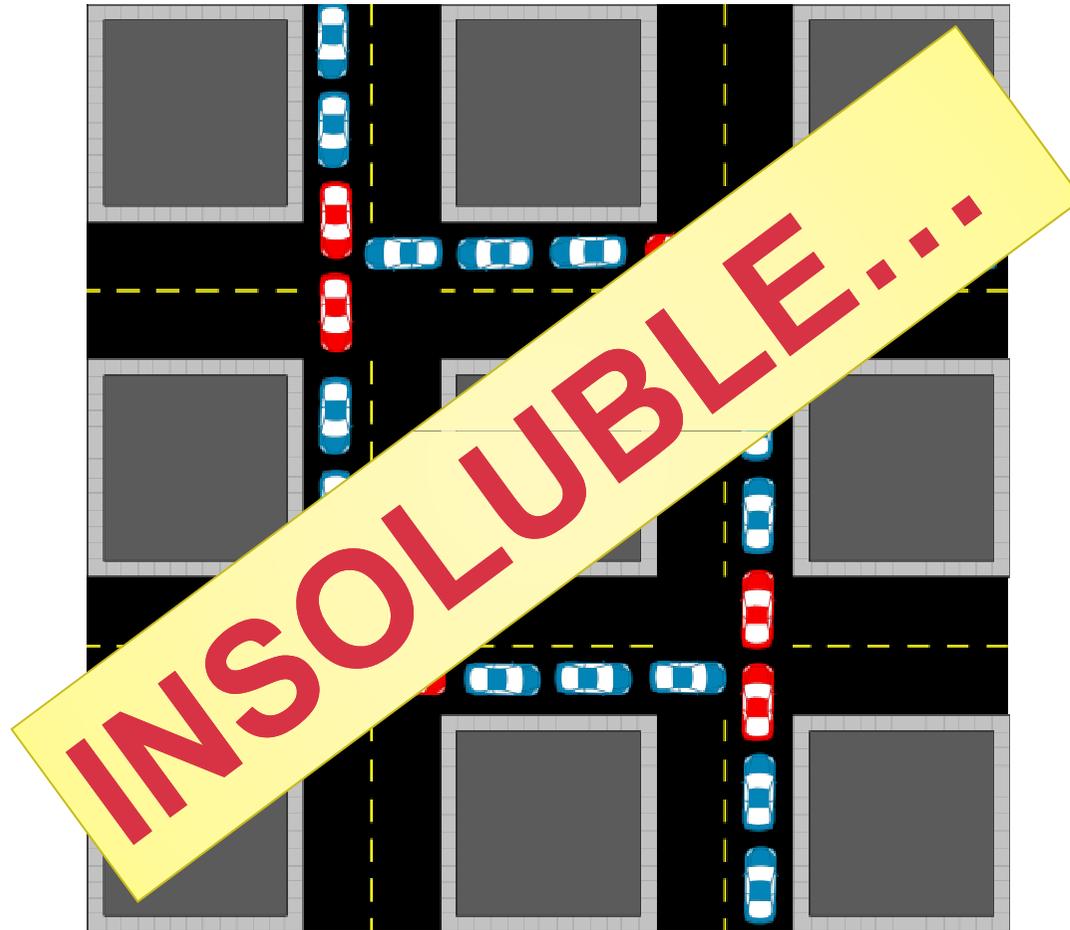


- Asynchrone : ex. Mail



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

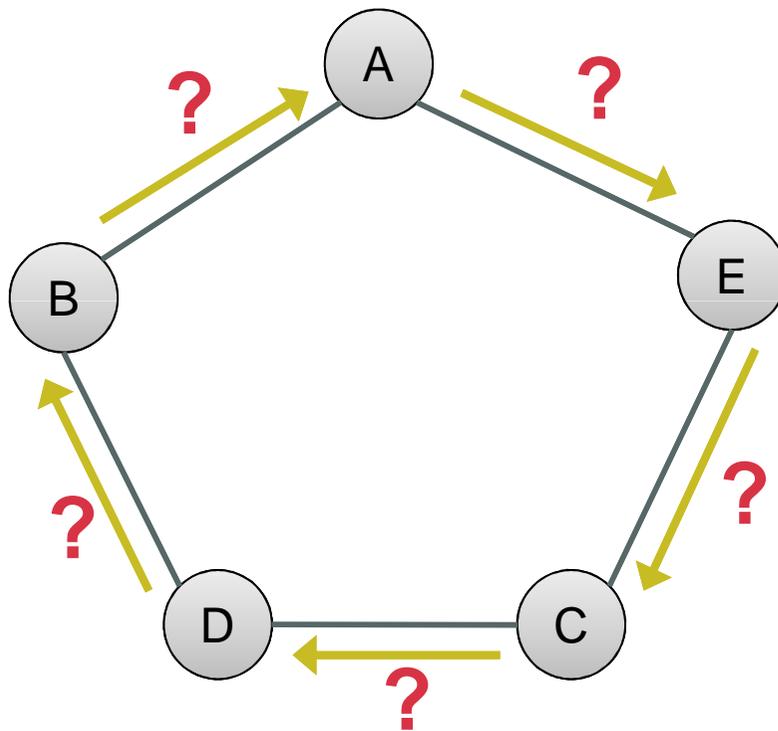
Interblocage



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 a E et attend la réponse de E.

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

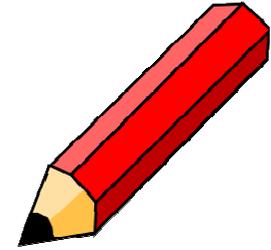
C ne connaît pas non plus la réponse. C demande à D et attend sa réponse.

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



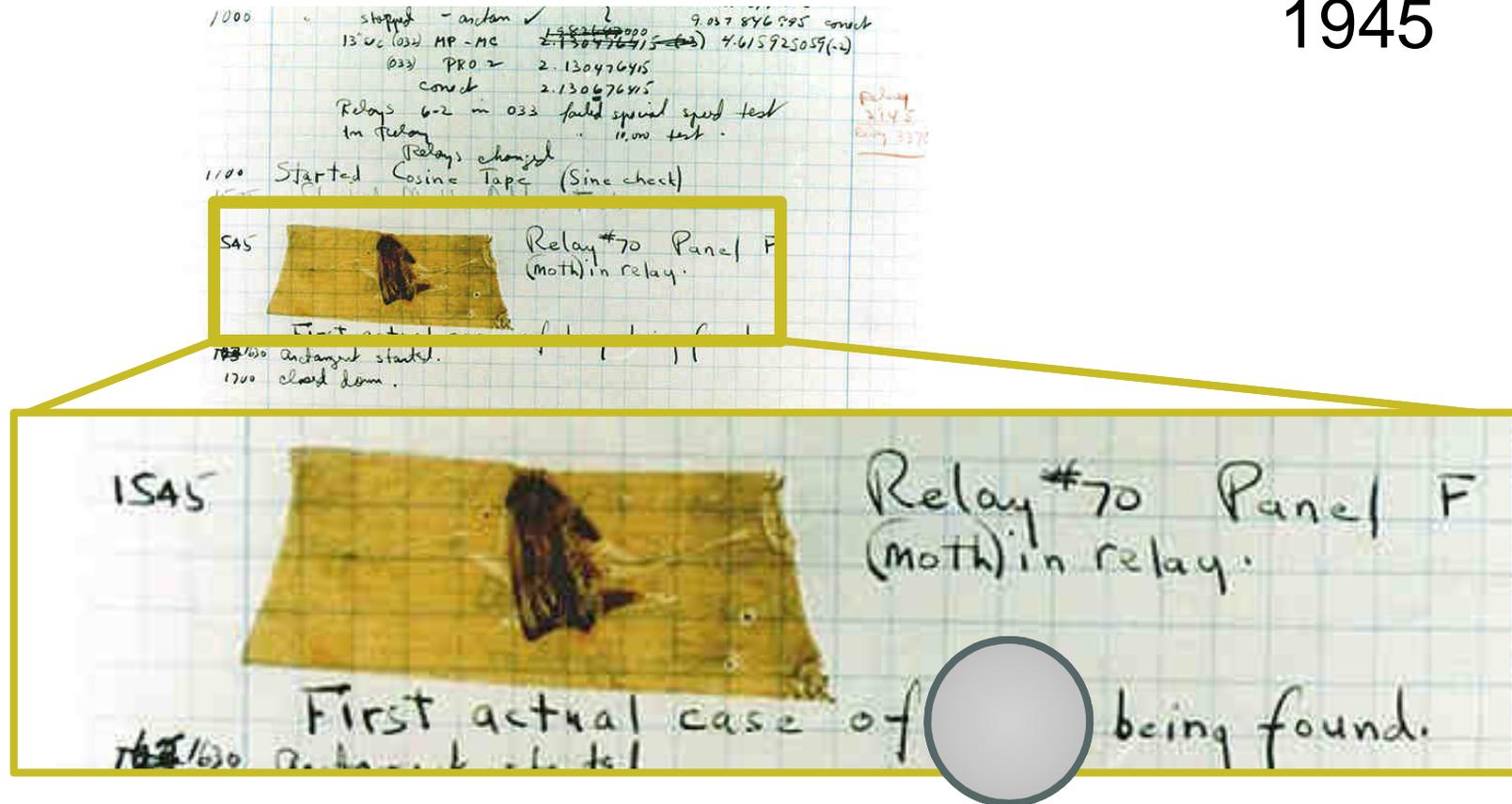
- Eviter que la définition 3 ne survienne !
 - Rappel : *Un système distribué est un système qui vous **empêche de travailler** quand une machine dont vous n'avez **jamais entendu parler** tombe en panne.*
- Tolérance aux défaillances
 - Avant : correction de bugs dans un algorithme
 - Maintenant : Résoudre 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* ?

1945



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

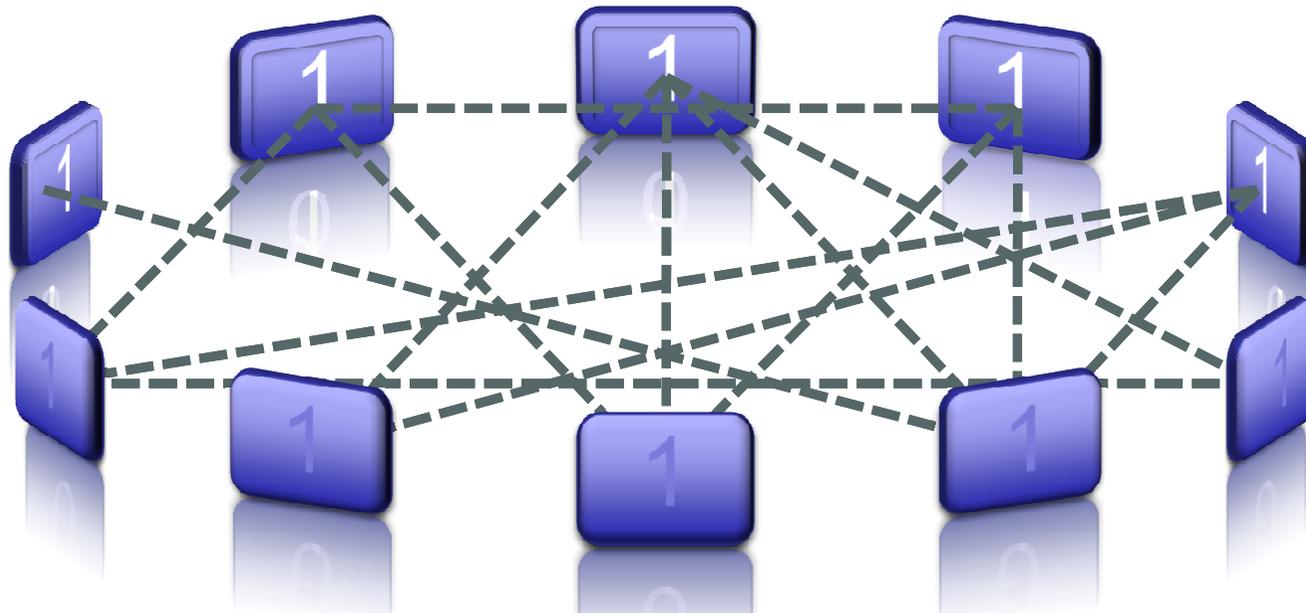
- *Vrai* représenté par un 1
- *Faux* représenté par un 0

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

