

C'est quoi la recherche scientifique ?

Eugen Dedu

Maître de conférences
Univ. Bourgogne Franche-Comté, IUT de Belfort-Montbéliard
Module libre, 2ème année
Montbéliard, France
novembre 2017

<http://eugen.dedu.free.fr>
eugen.dedu@univ-fcomte.fr

Objectifs

- De nos jours peu d'étudiants et même de personnes adultes savent ce que c'est la recherche
- Objectif : présenter la recherche scientifique et la différencier de l'ingénierie par ex.
- Compétences : éveil de la curiosité scientifique chez l'étudiant, acquérir un esprit critique sur les informations reçues

Public, L2

- 2017 : 7 Info, 5 MMI, 3 TechCo, 2 MP, 2 GTE, 1 GACO, 1 GC
- 2016 : 4 Info, 4 MP, 3 RT, 2 CS
- 2015 : 7 Info, 2 MMI, 1 RT, 1 GTE, 1 GC, 1 GEII
- 2014 : 12 RT, 5 GC, 3 CS, 2 GTE, 1 GEII

Pré-requis (?)

- Curiosité intellectuelle et plaisir de réfléchir
 - on se fait retirer de l'argent du compte bancaire par la carte bancaire, alors qu'on nous envoie à chaque fois le code par SMS – comment est-ce possible ; comment cela fonctionne ?
 - l'espérance de vie augmente d'un an tous les 4 ans, est-ce que cela augmentera à l'infini ?
 - j'ai peur de l'avion car il y a beaucoup de crash (médiatisé), est-ce moins sûr que les autres moyens de transport ? Réponse – à débattre les 3 critères
 - la plupart des accidents se font à moins de 2 (?) km de la maison, que veut dire cela ? (sont-ils les plus graves, est-ce pourcentage ou nombre ?)
- Plaisir aux jeux intellectuels ou aux problèmes de logique
 - équateur + 1m
 - les 12 sages

Plan

- Introduction
 - recherche vs ingénierie
- Organisation de la recherche en France
- Présentations de départements de recherche de l'IUT
- Travail d'un chercheur
 - méthodologie de recherche
 - rédaction d'un article scientifique
- TP : conception et rédaction d'un article court sur un sujet au choix, voir exemples des années passées

Introduction – recherche vs ingénierie

Définition de la recherche

- « Ensemble des actions entreprises en vue de **produire et de développer les connaissances scientifiques** » (wikipedia Recherche scientifique)
- « Creative work undertaken on a systematic basis in order to **increase the stock of knowledge**, [...] and the use of this stock of knowledge to **devise new applications** » (wikipedia Research)
- « The goal of the research process is to **produce new knowledge** or **deepen understanding** of a topic or issue » (wikipedia Research)
- « **Careful** study that is done to find and report **new knowledge** about something », « investigation or experimentation aimed at the discovery and interpretation of facts, revision of accepted theories or laws in the light of new facts, or practical application of such new or revised theories or laws » (webster)
- Aussi, la recherche traite de problèmes **difficiles**
- Donner des exemples de vos stages ou le travail de vos parents/proches et préciser ce qu'il y a de difficile et/ou comparer avec la recherche

Rapport qu'ont les gens sur les connaissances

- Il y a des gens qui découvrent/étudient des idées, qui travaillent au niveau des idées (chercheurs) => ils **produisent des connaissances** et **publient** leur travail
- Il y en a qui **les utilisent** (ingénieurs, techniciens, professeurs, médecins *praticiens*, ...) => ils **produisent/fabriquent des « objets » physiques**, du matériel, et s'assurent qu'ils fonctionnent
- Il y en a aussi qui les regardent (la télé), qui reçoivent l'information sans la créer, les « consommateurs » (chômeurs, étudiants, ...) => ils ne génèrent rien, ils avalent seulement :o)
 - on entend dire « ma télé, je n'ai pas besoin de savoir comment elle marche », mais si on prend cette position pour tout alors on ne crée plus rien !
 - il faut être créateur, pas seulement consommateur !
- (À noter la différence entre médecin chercheur (qui découvre, qui met au point un traitement) et médecin praticien (qui applique les connaissances sur les gens))

Exemples d'études

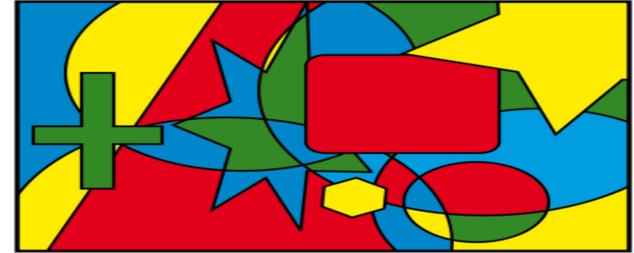
- La recherche est tournée vers le futur
- Ce qui aujourd'hui est une certitude, hier était une étude faite (dans la plupart des cas) par des chercheurs (mais pas vice-versa !)
- The human race has peaked in many areas and will now decline, scientists suggest [[Independent](#)]

Regard d'un chercheur et d'un ingénieur sur l'algorithme de Huffman

- Supposons avoir l'algorithme de Huffman (chercheur, 1952) pour compresser les données sans perte, explication au tableau
- Un ingénieur **l'implémente en pratique** pour qu'il soit fonctionnel
- Un chercheur **étudie/généralise** seulement :
 - et si le coût de chaque bit de sortie est différent (bits 0 vs 1 dans nanoréseaux et . vs – dans le code Morse) ?
 - et s'il y a une limite maximale dans la taille des codewords ?
 - est-il optimum (y a-t-il de méthode compressant encore plus) ? Sol. : optimum pour symbole à symbole, mais pas pour le reste (RLE par ex.)

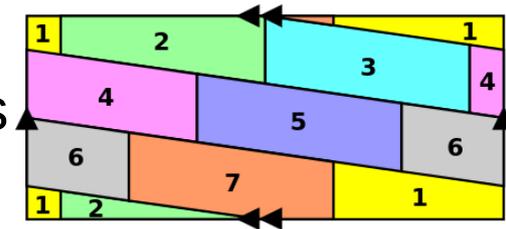
Regard d'un ingénieur et d'un chercheur sur le théorème des 4 couleurs

- Théorème des 4 couleurs : peut-on colorer toute carte avec 4 couleurs ?



- Un ingénieur dessine sa carte en utilisant 5 couleurs, ou bien pour sa carte 4 couleurs sont suffisantes ; « the theorem is not of particular interest to mapmakers » (wikipedia)
- Un chercheur étudie/généralise – est-ce valable dans le cas :

- tore – 7 couleurs sont nécessaires
- 3D – pas de limite, car on peut fabriquer des cartes
- 3D qui ont besoin de n aussi grand que nécessaire
- complexité des algorithmes pour construire la carte : pour 2 couleurs (polynomial), ou pour $n > 2$ couleurs (NP-complet)
- non-applicable en réalité : cas de l'exclave russe de Stalingrad, mer a la même couleur



Problème difficile : voyageur de commerce

- Problème du voyageur de commerce
- Pb : pour 24 villes, l'exhaustif $n! = 6.2 \cdot 10^{23}$, alors qu'une année compte $3.16 \cdot 10^{13} \mu s$
- voir wikipedia fr etc.

Évolution des connaissances : pavage du plan

- Pavage du plan apériodique : « les mathématiciens ont longtemps pensé que tout jeu de tuiles pouvant paver le plan pouvait le faire périodiquement »
- Évolution de la recherche sur le sujet :
 - Wang a conjecturé cela en 1961
 - en 1966 Berger (élève de Wang) a trouvé un ensemble de 20 426 tuiles ne pouvant paver qu'apériodiquement le plan
 - en 1974 Penrose trouve un jeu de 20 tuiles
 - en 1996 Culik et Kari trouvent un jeu de 13 tuiles
 - en 1994 Conway et Radin trouvent un jeu d'une infinité de tuiles, mais qui se réduit à une unique tuile à rotation près (un triangle rectangle de côtés 1, 2 et $\sqrt{5}$)
- Parmi les pavages apériodiques, certains le sont moins que d'autres... – quantifier le degré d'apériodicité etc.
- Voir <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pavage>

Mosaic romain
(src : wikipedia)

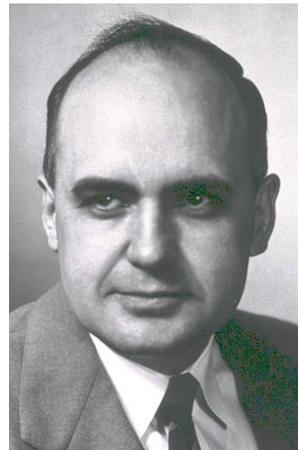
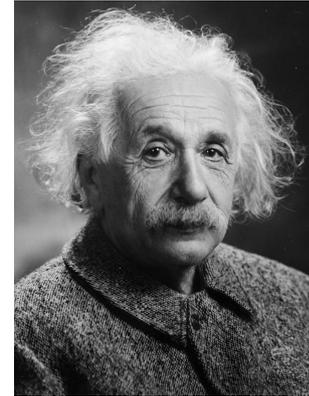


Mosaic pythagoréen
(src : wikipedia)



Exemples de chercheurs de long terme

- Albert Einstein, physique : la vitesse de la lumière est la même peu importe la référence ! Le temps n'est pas identique ! – personne ne pensait que ce soit vrai
- Pierre et Marie Curie, physique et chimie : découvrent radium et polonium (atomes instables) – personne ne connaissait cela avant eux ! Remet en cause la conception grecque antique selon laquelle la matière était insécable et éternelle (nombre fini d'atomes stables)
- Maurice Hilleman, microbiologiste : a mis au point des vaccins (rougeole, hépatite A, hépatite B, varicelle, méningite, ...) – utilisés par nous tous ; considéré comme le scientifique du XX-ème siècle avoir sauvé le plus de vies !



Chercheur vs ingénieur

<https://spectrum.ieee.org/energy/policy/president-trump-needs-an-engineering-adviser>

- Engineers make things work, and keep them working
- Engineers embrace action, not theory
- They possess a sense of urgency
- Scientists [are] too condescending and credit grabbing
- Scientists often require unfettered freedom, engineers work within limits
- Engineers have an ethos of responsibility: complex systems sit at the heart of the nation's critical infrastructure, the engineers' domain
- Engineers generally eschew grand public gestures
- Engineers work well in teams
- If great scientists personify "solitary genius", engineers value humility and working in the background

Prix, reçus souvent par scientifiques

- Nobel : physique, chimie, littérature, paix, physiologie/médecine
 - plus récemment, économie
- Nobel alternatif : pour les défis les plus urgents
- Pritzker : architecture
- Turing : informatique
- Kyoto : philosophie
- Abel et médaille Fields : mathématiques
- Vautrin-Lud : géographie
- Prix de l'eau de Stockholm : eau
- En France : médaille d'or, d'argent et de bronze du CNRS, toutes disciplines confondues

Ne pas confondre recherche avec *success story*

- Mark Zuckerberg, créateur de Facebook – y a-t-il quelque chose de nouveau scientifiquement dans ce réseau ?!
 - de nos jours, Facebook fait de la recherche aussi, et très pointue
- Tim Berners-Lee, créateur du Web, chercheur au CERN Genève – pas grande nouveauté scientifique, mais très utile !
- Larry Page et Sergey Brin, créateurs de Google – ils faisaient leur thèse de doctorat sur des sujets proches (comment évaluer la qualité des publications en utilisant leurs citations, resp. data mining = extraire des connaissances à partir d'une grande quantité de données) ; ils ont arrêté la thèse pour créer google, avec un meilleur algorithme pour ordonner (*rank*) les pages

Exemples d'utilisation de la recherche (utilité de la rech ???)

- Génie civil : pont de Tacoma (USA), [[youtube](#)], cf. [[wikipedia](#)] – manque d'un modèle ?, ce n'était pas à cause de la résonance (même fréquence), mais flottement de décrochage ; apparition du mode de vibration torsionnel (moitié en haut, moitié en bas, milieu stable), jamais vu (différent de longitudinal ou transversal)

Science vs technologie (et ... ?)

- Mathématiques, physique, chimie, ... : domaines orientés science : on **découvre** des théorèmes, lois, matériaux [**black phosphorous**], ...
- Génie civil, informatique, ... : domaines orientés technologie : on **crée** un produit (le chercheur est créatif)
 - science : les tourbillons suivent telle loi, est-ce que le système reste stable quand le nombre d'entrées du système double ?
 - technologie : concevoir un système qui permet d'acheminer des objets sur une surface reconfigurable, un pont qui résiste à tel vent, un algorithme qui répartit équitablement plusieurs communications sur un lien

Exemple : quelques domaines de recherche en informatique théorique

wikipedia Informatique théorique

- Algorithmique : résoudre les problèmes avec une plus grande efficacité
- Méthodes formelles : vérifier ou prouver que tel programme est correct (avions, navettes spatiales, robots, ...)
- Théorie de l'information : quantifier le contenu d'un message (codage, compression, cryptographie, ...)
- Théorie des graphes : modélise de nombreux problèmes discrets (SAT, calcul de trajets, ...)
- Théorie de la complexité : classifier les algorithmes selon leur temps d'exécution à très grande échelle
- Théorie de la calculabilité : quelles fonction un algorithme ne peut pas calculer ? Exemple : problème de l'arrêt
- Théorie des langages : traduction langues étrangères, compilateurs, ...

Recherche dans la médecine et l'industrie pharmaceutique

- « industrie » !!
- Création/découverte de nouveaux traitements ou médicaments

Visibilité de la recherche

- Les résultats de la recherche se rencontrent beaucoup moins souvent que ceux de l'ingénierie dans la vie de tous les jours, car on découvre une idée une fois et on l'applique beaucoup de fois ???
 - similarité avec les directeurs (pas souvent visibles) vs les employés (souvent visibles)
 - sur le site de PSA par ex. : on voit tout de suite les bâtiments, les nombreux ouvriers etc., et non les concepteurs de la voiture
 - la société ou une entreprise a besoin de beaucoup plus d'« ouvriers » que de « dirigeants »
 - est-ce une question de nombre ou bien de proximité auprès du public ???
 - ne pas confondre les personnes avec leurs travaux !

Organisation de la recherche en France

Devenir chercheur

- LMD (3 5 8) – il faut avoir une thèse de doctorat
 - salaire d'un doctorant : 1300–2000 €/mois net
- Recherche publique – présentée par la suite
- Recherche privée, dans les grandes entreprises (R&D), avec des règles spécifiques : Orange Labs, Google, Microsoft, AT&T, Xerox, ...

Corps des chercheurs

- Deux possibilités :
 - 100% recherche : chercheur
 - 50% recherche, 50% enseignement : enseignant-chercheur
- Deux grades :
 - chargé de recherches, maître de conférences : faire des recherches dans la thématique demandée (salaire : 1700 € net/mois au début, 2500 € net/mois après 10 ans etc.)
 - directeur de recherches, professeur des universités : créer une thématique et diriger des thèses de doctorat
- On parlera que de la partie recherche dans la suite

Grands organismes de recherche français – où travaillent les chercheurs

- Chercheurs à 100%, par ex. :
 - CNRS – tous les domaines scientifiques, très souvent éparpillés dans des universités
 - CEA – énergie nucléaire et défense nationale, 5 sites
 - les INRs – spécifiques à un domaine (INRIA informatique et automatique, INRA agronomie, INRAP archéologie, INSERM santé/médecine, ...), quelques sites
- Enseignants-chercheurs : Universités + certains établissements d'école (UTBM, ...) – dans chaque Région
 - ils sont rattachés à deux institutions : une de pédagogie et une de recherche

Sections scientifiques CNU

- Conseil National des Universités s'occupe de qualifier (valider) les chercheurs pour des postes de MdC et Pr, de donner des primes et des congés de recherches (pas d'enseignement) de 6 ou 12 mois
- Sections CNU :
 - 01–06 : Droit, économie, gestion
 - 07–24 : Lettres et sciences humaines
 - 16 Psychologie, psychologie clinique, psychologie sociale
 - 25–77, 85–87 Sciences (et autres)
 - 27 Informatique
 - 60 Mécanique, génie mécanique, génie civil
 - 61 Génie informatique, automatique et traitement du signal
 - 62 Énergétique, génie des procédés
 - 63 Génie électrique, électronique, photonique et systèmes
 - 71 Sciences de l'information et de la communication (e.g. multimédia)
- 3500 enseignants-chercheurs dans la section 27 (informatique)

Sections scientifiques CNRS

- Centre National de la Recherche Scientifique
- 1–40 :
 - 06 Sciences de l'information : fondements de l'informatique, calculs, algorithmes, représentations, exploitations
 - 07 Sciences de l'information : traitements, systèmes intégrés matériel-logiciel, robots, commandes, images, contenus, interactions, signaux et langues
 - 08 Micro- et nanotechnologies, micro- et nanosystèmes, photonique, électronique, électromagnétisme, énergie électrique
 - 36 Sociologie et sciences du droit
- 42–47 Interdisciplinaires

Recherche à l'IUT BM

<http://www.iut-bm.univ-fcomte.fr/pages/fr/menu2880/recherche/recherche---accueil-14225.html>

- 61 enseignants-chercheurs permanents, rattachés dpdv recherche à 5 instituts/laboratoires :
 - FEMTO-ST : DISC (Informatique), Énergie, MN2S (Micro Nano Sciences et Système)
 - Chrono-Environnement
 - ELLIADD (Edition, Littératures, Langages, Informatique, Arts, Didactique, Discours)
 - Culture, Sport, Santé, Société (C3S)
 - Nanomédecine, imagerie, thérapeutique
- Il y a aussi des enseignants à l'IUT qui ne sont pas chercheurs : PRAG, PRCE, vacataires (industriels, doctorants etc.)

Organisation d'un laboratoire

- Exemple de l'institut FEMTO-ST : directeur, 7 départements (dont DISC, Énergie, MN2S)
 - Conseil de direction (CODIR), 7+4 membres
- Exemple de DISC : directeur, 4 équipes/thématiques (dont AND et OMNI), 50 enseignants-chercheurs, Besançon, Belfort et Montbéliard
 - Conseil de direction (CDD), 4+1 membres
 - Conseil d'orientation scientifique (COS), 8 membres
- Exemple d'OMNI : responsable d'équipe, 10 enseignants-chercheurs (2 pu, 8 mdc), 7 doctorants, Montbéliard

Chercheurs à l'IUT BM

- Informatique, MMI, RT :
 - FEMTO-ST/DISC : J. Bourgeois, R. Couturier, Chr. Guyeux
 - ELLIADD : A. Lamboux-Durand
- Génie civil :
 - FEMTO-ST/Énergie : V. Lepiller
- MP : F. Palmينو
- Génie thermique et énergie :
 - FEMTO-ST/MN2S : F. Palmينو, É. Duverger
 - FEMTO-ST/Énergie : Ph. Desevaux
- Génie électrique et informatique industrielle :
 - FEMTO-ST/Énergie : M.-C. Péra
 - Mickaël Hilairet
- Carrières sociales :
 - C3S : O. Prévot

Visite et présentation de chercheurs/laboratoires

- Environ 1h chacun
- MN2S : M. Frank Palmino
- OMNI : M. Julien Bourgeois ?
- AND : M. Raphaël Couturier
- (ELLIADD)

Christophe Guyeux, FEMTO-ST/DISC

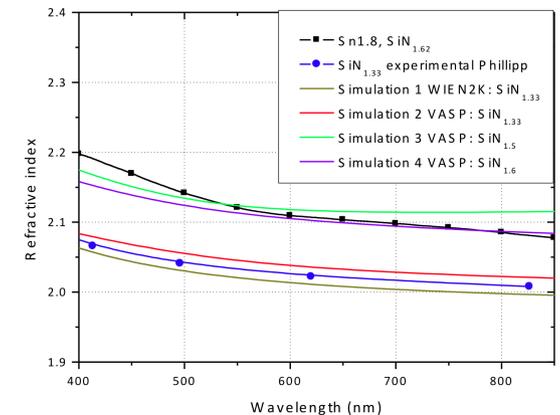
- Bioinformatique – recherche multi-disciplinaire (biologie, médecine, informatique, mathématiques, physique) pour résoudre un problème posé par la biologie
- But du travail : connaître le niveau d'avancement de cancer de la vessie à l'aide d'une prise de sang au lieu d'une biopsie classique
- L'hôpital a 100 patients, et on suppose qu'il y a 50 gènes impliqués dans le cancer
- Méthodologie : pour chaque patient ils connaissent l'état de l'avancement et l'expression de chacun des 50 gènes => matrice de 50x100
- But : découvrir les gènes qui servent de marqueur (qui changent avec l'avancement du cancer)
- Problèmes : il y a du bruit (erreurs de mesure), des trous (informations manquantes => algorithmes de remplissage de matrice, interpolation), techniques de statistique inexistantes
- Apport de l'informatique : traitement des données, regroupement des gènes (clustering)

Yassine Aït Oumeziane, FEMTO-ST/Énergie

- Ingénieur : une maison qui respecte le cahier de charges
- Axes : séismique, nouveaux matériaux avec bonnes propriétés thermiques/environnementales, de nouvelles structures
- Utilise des simulations et mesures en labo
- Étude des performances hydrothermiques d'une paroi, matériaux dont la fabrication a un faible impact environnemental : bois, béton de chanvre

Éric Duverger, FEMTO-ST/MN2S

- Modélisation physique 3D des matériaux/substances, propriétés physiques (conductivité thermique, dureté mécanique pour résistance à un accident etc.), optiques (transparence, filtrage UV etc.) en utilisant la simulation DFT (Density Functional Theory)
- But : trouver des matériaux/substances avec des propriétés physiques intéressantes
- Exemple 1 : Modélisation à l'échelle nanométrique de la réponse optique de couches minces élaborées en SiN (filtre UV) – pour les lunettes de soleil
- Exemple 2 : Modélisation de nanovecteurs de médicaments anticancéreux
 - nanovecteur = ensemble formé d'un tube (nano-missile) à base de bore (B) et d'azote (N) et à l'intérieur le médicament contre la cellule cancéreuse, et de molécules aux extrémités pour reconnaître la cellule cancéreuse
 - propriétés désirables : non rejet par l'organisme, toxicité réduite pour les patients par rapport au CNT (tube de carbone) classique



Travail d'un chercheur

Travail d'un chercheur – publications

- 1. Il réfléchit à de nouvelles idées
- 2. Il regarde ce que les autres ont fait dans la même idée
- 3. Il l'analyse
- 4. Si les résultats sont intéressants, il décrit l'idée dans un article scientifique
- 5. Il soumet son article à un journal/conférence, qui sera publié s'il est évalué positivement
 - si article de conférence, il présente son idée devant d'autres chercheurs aussi
- Tout cela peut prendre quelques mois et se fait souvent avec des collègues, y compris ses doctorants
- Si idée excellente, d'autres personnes s'occupent de produire ou de vendre le produit qui utilise cette idée
 - quoiqu'un chercheur puisse créer une entreprise basée sur son idée, épreuve très difficile, qui demande énormément de temps et un très fort « goût » commercial

Travail d'un chercheur – autres

- A. Reviewer (évaluer) les articles des autres chercheurs
- B. (Co-)encadrer des doctorants, post-doctorants, étudiants M2 recherche, ...
- C. Rédiger des dossiers pour contrats/projets pour obtenir du financement pour doctorants, matériel etc.
- D. Organiser des conférences, séminaires, écoles d'été, ...
- E. Être membre de jurys : thèse, évaluation de laboratoires
- F. Être responsable d'une équipe, d'un laboratoire
- Les travaux cités ci-haut se font souvent en collaboration, souvent internationale

1. Réfléchir à de nouvelles idées

- Un travail continu, pendant la lecture d'articles, les discussions, les évaluations des présentations, ou tout simplement pendant le temps (trop peu ?) qu'on se donne à réfléchir
- Difficile à quantifier, car on ne produit rien lors de la réflexion
- C'est peut-être l'étape la plus importante, qui fait la qualité d'un chercheur
 - ex. Einstein a changé des lois *fondamentales*

2. Related work

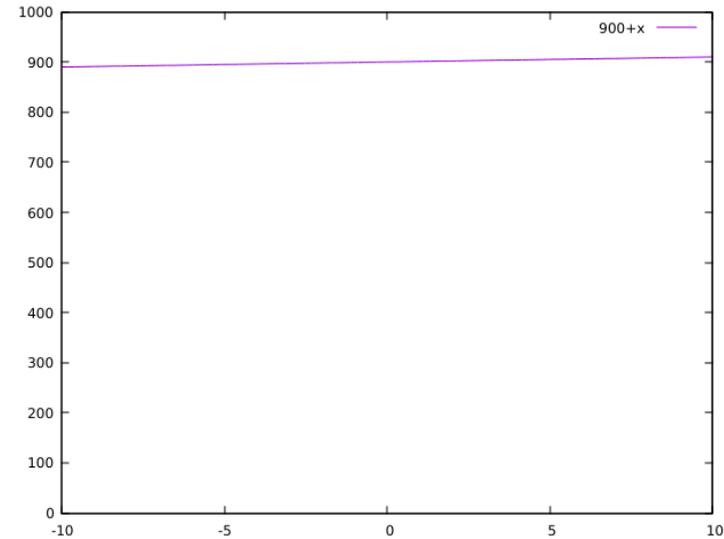
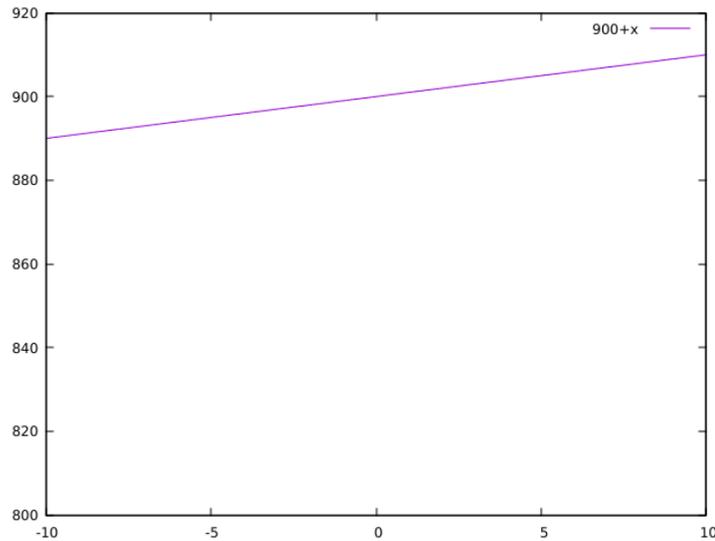
- Chercher sur Internet des articles scientifiques avec des mots clé relatifs à l'idée
 - il n'y a pas vraiment de méthodologie
 - mais voir par ex. l'article MTAP

3. Analyse

- Varie considérablement d'un domaine à un autre – ou plutôt spécifique à chaque domaine ? Ce n'est pas le même raisonnement
- Disciplines technologiques : simulation, expérimentation, modélisation, ...
- Disciplines de la santé/médicales : étude crossover, essai randomisé contrôlé, ...
- Elle peut être extrêmement importante car elle peut avoir un impact immense, par ex. de plusieurs dizaines de milliards d'€, voir <https://www.youtube.com/watch?v=2pPCt0XqZLs> (médicament)

« How to lie with statistics »

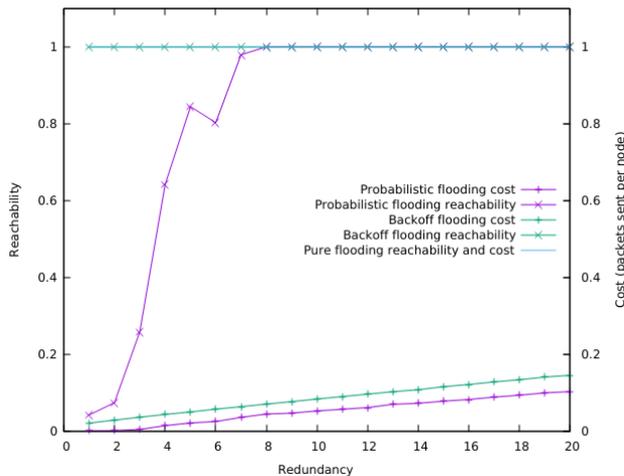
L'augmentation des ventes d'un produit par exemple :



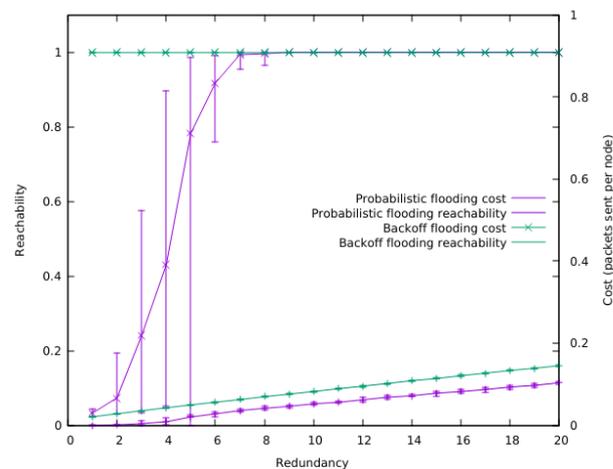
$$f(x) = 800+x$$

« How to lie with statistics »

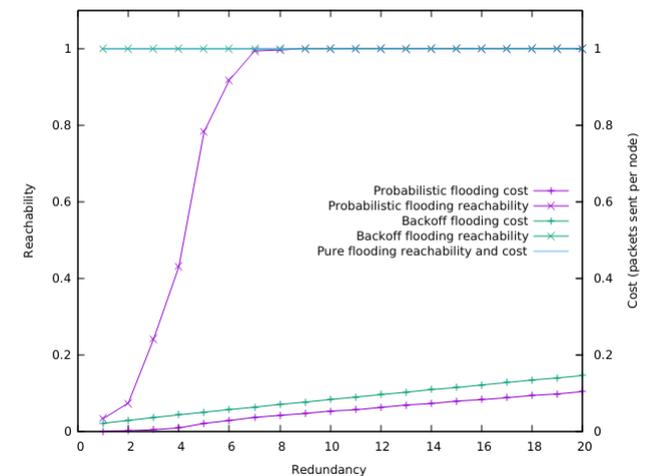
- <https://youtu.be/2pPCt0XqZLs?t=3484> jusqu'à 1:03:50 : âge des patients, durée des tests etc.
- Voir livre anglais ?



5 simulations/point



Écart de la moyenne



15 simulations par point

Approche non scientifique – harmonie (musique) des sphères

- Origine pythagoricienne : l'univers est régi par des rapports numériques harmonieux
- Loi de Titius-Bode, 1766–72, distance des planètes au Soleil :
 - Mercure 4
 - Vénus $7 = 4 + 3$
 - Terre $10 = 4 + 3 \cdot 2$
 - Mars $15 (16) = 4 + 3 \cdot 4$
 - Jupiter $52 = 4 + 3 \cdot 16$
 - Saturne $95 (100) = 4 + 3 \cdot 32$
 - plus tard : Uranus ok, Neptune + Cérès faux
- Actuellement pour les astronomes : curiosité (wikipedia Loi de ...)
- Plus d'info : wikipedia
- Conclusion : ??? (pas vraie dans notre système solaire, vraie en grande mesure dans dans d'autres systèmes planétaires ??)

Approche non scientifique – non-reproductibilité des expériences

- Mémoire de l'eau : J. Benveniste (dirigea plusieurs unités de recherches à INSERM) et quatre équipes (2 en Israël, Canada, Italie) publient en 1988 dans Nature un article décrivant qu'au contact d'un anticorps et après une forte dilution de sorte que l'anticorps n'existe plus, l'eau garderait encore les propriétés de l'anticorps, comme une « empreinte » électromagnétique
 - il a échoué de reproduire l'expérience devant un jury de la revue
 - conflit d'intérêt : deux des auteurs étaient payés par un laboratoire de médicaments homéopathiques, mais c'est chose courant en médecine
 - a toujours soutenu son idée, mort en 2004
 - https://www.youtube.com/watch?v=oLteK_JoW5Q et <https://www.youtube.com/watch?v=OhdQjf1QJ3U> – à voir à la maison pour les curieux
- La mémoire de l'eau aurait confirmé les bénéfices de l'homéopathie – médecine non conventionnelle, controversée : la substance qui en grande dose a fait mal à une personne, en très petite dose (très diluée) la guérit
 - cette dose est si petite que, selon la théorie de la chimie contemporaine il n'y aurait plus aucune molécule de la substance, comme dans la mémoire de l'eau

Analyse dans les domaines technologiques – outils/validation des résultats

- Exprimer, représenter, décrire le système :
 - formalisation mathématique : en utilisant des formules mathématiques
 - modélisation : en utilisant des modèles (algorithmes, réseaux de Petri etc.), en le simplifiant si nécessaire
- Calculer de manière précise la valeur de divers paramètres du système :
 - analyse numérique : en utilisant des formules, des algorithmes etc.
 - expérimentation : l'implémenter dans des machines réelles
 - simulation : utiliser un logiciel qui crée et gère les machines à simuler
 - émulation : une partie du système est simulée, une autre partie est réelle/expérimentation
- Les chercheurs plus théoriques utilisent 1–3, les chercheurs plutôt technologiques utilisent souvent simulation, parfois analyse numérique et expérimentation, mais rarement émulation

Formalisation

- On représente mathématiquement le système, sans le réduire
- But :
 - pouvoir appliquer par la suite des algorithmes, théorèmes etc.
 - ou tout simplement pour le décrire de manière non ambiguë
 - ou pour mieux l'appréhender
- Exemples :
 - dans 40 ans j'aurai le double de mon âge actuel ; quel est mon âge ?
 - le niveau de lumière extérieure dans une chambre en fonction de la dimension de la fenêtre – le graphique de la fonction lumière(surface) dit tout
 - mon article de Mechatronics ou bien la construction de tous les RULs via communication 4-conn : prouver que l'algorithme va finir (converge)

Modélisation

- On exprime un système par des modèles, sans le réduire (si système simple) ou en le simplifiant (si système complexe)
- Exemples de modèles : schémas, réseaux de Petri, algorithmes, files d'attente, automates cellulaires, voire formules mathématiques si simplification etc.
- Exemples sans réduction du système :
 - théorème des 4 couleurs : peut-on colorier toute carte avec 4 couleurs ?
Modélisé par un graphe
 - le problème du dîner des philosophes : une certaine solution mène-t-elle à interblocage ? Modélisé par un réseau de Pétri
- Exemples avec simplification du système (donc n'est plus 100% réel) :
 - files d'attente : notation de Kendall, lois, voir wikipedia Théorie des files d'attente (fichier pdf sauvegardé)
 - modélisation de l'univers (trop complexe, donc on le simplifie), de la météo (la température dans un cube est identique), d'un avion (méthodes des éléments finis – triangles)

Analyse numérique

- On calcule numériquement des paramètres du système, en s'appuyant sur une formalisation ou une modélisation
- Exemples :
 - VAAL/DCCP (page 3) : paquets reçus par le récepteur dans chaque cas
 - NME : nombre de bits 1 envoyés ou octets perdus sur le réseau
- Peut être fait à la main ou, si trop laborieux, grâce à un programme (matlab/octave etc. ou fait maison)

Expérimentation

- On conçoit et on utilise le système en réalité
- Exemple avec les expérimentations VAAL en DCCP (The computer journal, page 9 et suiv.) :
 - réseau
 - fichiers vidéo
 - programmes émetteur et récepteur
 - résultats (graphiques) générés à partir des paquets reçus par le récepteur
- Avantages : résultats réels
- Désavantages : difficile à mettre en place, coûts énormes parfois, résultats non reproductibles, capte une partie de la réalité seulement (l'environnement utilisé pour les mesures)

Simulation

- On imite tout le système dans un logiciel
 - en plus de l'analyse numérique, on utilise un langage (if, for etc.) pour générer les données
- Exemple de l'effondrement d'Internet dans NS2 :
 - fichier collapse.tcl
 - fichier exec.sh
 - fichier résultat out.nam
 - visualisation nam out.nam
- D'autres simulateurs existent : NS3, OPNET, ...
- Avantages : facilité (fonctionne sur une machine), flexibilité (communication entre 1000 voitures, un algorithme déployé sur Internet), reproductibilité des résultats
- Désavantages : peut être différente de la réalité

Émulation

- Substituer un élément de matériel par un logiciel (mélange de simulation et expérimentation)
- Exemple : NS3 permet de créer un réseau fictif (réseau simulé), et utiliser les algorithmes du noyau Linux (donc appeler le code réel de la machine, machine réelle)
- Par rapport à la simulation :
 - avantages : plus proche de la réalité
 - désavantages : plus compliqué à utiliser, non reproductible

Analyse dans les domaines de la santé/médecine – outils pour ...

- Science inexacte, car trop complexe
 - le cerveau a 100 mild. neurones et 100 000 mild. connexions (synapses)
- La question est si un traitement est bénéfique ou non pour un certain « paramètre » qu'on peut mesurer
- Pour valider une idée, on utilise (beaucoup) l'expérimentation avec la statistique
- Exemples : essai randomisé contrôlé, étude parallèle, étude crossover, ...
- Deviser des protocoles de validation de traitements

Études basiques/folklore

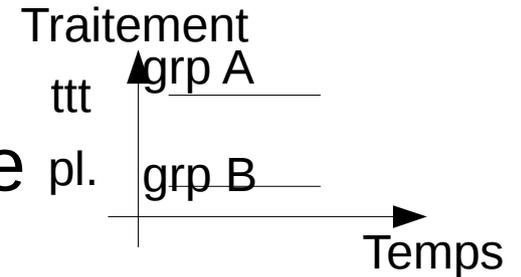
- Madame X : le vin est très bon pour les douleurs d'estomac, car il y a quelques jours j'en ai bu et ma douleur a disparu
- Monsieur Y : on l'a trompé en lui disant que le médecin ne lui avait plus mis la sonde JJ (entre rein et vessie), et il disait à tous qu'il se sentait beaucoup mieux :o)
- Idée meilleure : donner plusieurs fois le même ttt à la personne ; problème : on ne peut pas généraliser, car les personnes n'ont pas la même sensibilité à un ttt => utiliser plusieurs personnes
- Donner à 10 personnes le ttt et voir s'il a été bénéfique ; problème : effet placebo => utiliser deux groupes, voir la suite (étude parallèle)

Essai randomisé contrôlé (RCT)

- C'est le *gold standard* (qui fait la référence pour valider un fait)
- Randomisé = l'affectation des patients aux groupes ou aux ttt est vraiment aléatoire
 - tous les patients doivent être éligibles
- Contrôlé (avec témoin) = on compare ceux qui reçoivent le ttt avec ceux qui reçoivent le placebo ; la **seule** différence de « gestion » entre les deux groupes étant le ttt (ou le non ttt)
- Si possible, un RCT doit être fait en aveugle : les patients et/ou les soignants et/ou ceux les évaluateurs ne savent pas quelle intervention le patient a reçue
- Plusieurs types de RCT : étude parallèle, étude croisée etc.

RCT : étude parallèle

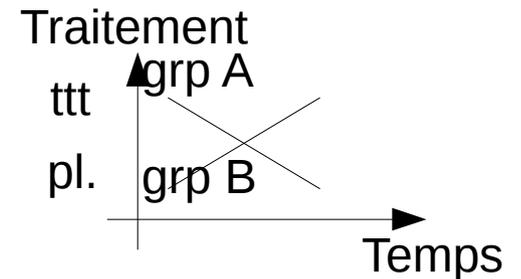
- Le plus utilisé des RCT (wikipedia RCT#Classifications)
- On divise l'ensemble de sujets en deux : A et B
- A reçoit le ttt, B reçoit placebo
- À la fin, on mesure la valeur moyenne de la réponse dans A et dans B
- C'est grâce à cette méthode qu'on a découvert que 85% des cancer de poumons sont dus au tabagisme de long terme (??? à vérifier)
- Désavantages :
 - variabilité intra-sujet (la réponse au ttt change dans le temps pour le même sujet)



RCT : étude crossover (croisée)

wikipedia Plan d'étude croisé

- Groupe A reçoit ttt, ensuite placebo, alors que groupe B reçoit placebo, ensuite ttt, et on mesure la variable de réponse après les deux périodes
 - prendre en considération les patients perdus aussi
- Avantages :
 - le sujet est lui-même le contrôle (témoin, par rapport à qui on mesure)
 - efficacité statistique meilleure que l'étude parallèle, donc moins de sujets sont nécessaires
- Utilisée aussi en psychologie, éducation, science pharmaceutique



4. Rédaction des articles

- Regarder mes articles et les classer
- Classification :
 - analyse d'un petit domaine : taxonomy, low-weight comparison
 - création / nouvelle idée : la grande majorité
 - découverte : évolution du chemin optimum, effet des mouvements des nanocapteurs

Organisation d'un article

- (env. 10 lignes) résumé
- (10–20%) introduction ("what does the reader need to know to appreciate my work") : 1 par. présentation du domaine, 1 par. le sous-domaine spécifique, 1 par. les contributions de l'article, 1 par. l'organisation de l'article
- (10%) état de l'art – présenter le travail des autres, les concurrents
- (40–60%) présentation de l'idée + résultats ||ou|| analyse du domaine
- (env. 10 lignes) conclusions – ce qu'il faut retenir de l'article (quel est le message) + travaux futurs
- Bibliographie

Outils de rédaction

- LaTeX (créé par un chercheur)
 - qualité professionnelle du document (mise en page, positionnement des figures, formules mathématiques, ...), fiable
- Word
 - visuel (WYSIWYG), facile à utiliser, mise en page personnalisée très facile

LaTeX

Fichier doc.tex source :

```
\documentclass[a5paper]{article}

\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[french]{babel}
\usepackage{url,graphicx}

\begin{document}
\tableofcontents

\section{Un}
\begin{itemize}
\item La figure \ref{gnu} présente le logo de
  GNU, défenseur des logiciels libres.
\item Une URL bien coupée :
  \url{http://eugen.dedu.free.fr/research.html}.
\end{itemize}

\begin{figure}
\centering\includegraphics[scale=.25]{gnu}
\caption{Le logo de GNU, présentant un gnou
  (sorte d'antilope).}
\label{gnu}
\end{figure}

\subsection{Trois}
Un nouveau paragraphe commence après une
ligne vide ; il est aligné en fonction de la
langue. % est-ce sûr... ?

La surface d'un cercle est  $\pi \frac{d^2}{4}$ .
\end{document}
```

pdflatex doc.tex



Fichier doc.pdf généré :



FIGURE 1 – Le logo de GNU, présentant un gnou (sorte d'antilope).

Table des matières

1	Un	1
1.1	Trois	1

1 Un

- La figure 1 présente le logo de GNU, défenseur des logiciels libres.
- Une URL bien coupée : <http://eugen.dedu.free.fr/research.html>.

1.1 Trois

Un nouveau paragraphe commence après une ligne vide ; il est aligné en fonction de la langue.
La surface d'un cercle est $\pi \frac{d^2}{4}$.

LaTeX – présenter lentement en TP

- Formules hors texte
- \sim , --
- `\footnote{...}`
- Tableaux
 - tous les tableaux et figures doivent être référencés dans le texte !
- Bibliographie :
 - tp.bib avec 3 exemples : journal, conférence, site Web
 - `\cite{yao16}`
 - pdflatex, bibtex, pdflatex*2

L'équation suivante donne la somme :

```
\begin{equation}
\sum_{i=0}^n i = \frac{n(n+1)}{2}
\end{equation}
```

Le tableau `\ref{notes}` présente...

```
\begin{table}
\begin{tabular}{ll}
Nom & Note\\
E. Dedu & 17\\
N. Vaillant & 13
\end{tabular}
\caption{Notes du module.}
\label{notes}
\end{table}
```

5. Publication de l'article

- Secret (industriel) : on souhaite ne pas publier l'idée, par ex. Coca-Cola
 - les ingrédients sont connus, le secret est pour le procédé de fabrication
- Brevet (*patent*) : si on est premier, licence exclusive pendant 20 ans (elle sera libre après), mais elle sera publiée dans 1 an et demi, par ex. GIF
 - but : permettre à l'inventeur de fructifier financièrement son idée
 - c'est payant
 - rarement utilisé par les chercheurs du public, assez utilisé par ceux des entreprises
- Publication : on souhaite la rendre publique (et libre de droit)
 - on publie sur Internet – aucun chercheur ne le regarde, car non reviewé (« tout et n'importe quoi »)
 - deux catégories où on publie ses articles reviewés : journaux et conférences
 - [google scholar](#) recherche dans les articles scientifiques (même si non publiés)

Revue/journaux et conférences

- Conférences – on présente une idée qui est prometteuse ; permet de :
 - présenter son article devant d'autres chercheurs (15') et de répondre à leurs questions (5')
 - rencontrer d'autres chercheurs et nouer des contacts – les relations ont une très grande importance pour son rayonnement scientifique : projets et publications communes, invitations dans des jurys
 - => un chercheur est amené à voyager à l'international 1–4 fois par an
 - les conférences accordent le *Best paper award* à 1–3 de ses meilleurs articles
- Revue (journal) – on présente une idée mature et bien prouvée
- En informatique, on peut publier 1–2 articles de conférence, qu'on rassemble ensuite dans un article plus mature de revue
- En informatique, les conférences sont sélectives, alors que dans d'autres domaines (physique, chimie, médecine ??) elles publient « tout et n'importe quoi », donc pas prises en compte

Journaux et conférences – réputation

- Pour revues :
 - impact factor = nombre moyen de citations de chaque article dans des revues dans les deux années précédentes
 - *Nature* et *Sciences* : IF=40, resp. 30 (le plus grand)
 - SJR prend en compte aussi QUI cite, et prend l'index SCOPUS
 - problème : IF très variable selon les disciplines, articles variables dans une même revue
 - une solution : quartiles : scimagojr
 - index ISI recense 11000 revues
- Pour conférences :
 - classements : Pologne, Brésil, core d'Australie
 - core : A*, A, B, C, non classées
 - taux de sélection = nombre d'articles acceptés sur le nombre total soumis
 - une bonne conférence en informatique a par ex. 30%
- Toutes les métriques sont critiquées
- Éditeurs connus en informatique : ACM, IEEE, Elsevier, Springer

A. Review

- Tout article est reviewé par des chercheurs (*peer reviewing*) avant d'être accepté en conférence ou revue
- Simple (reviewers inconnus par les auteurs), double blind (+ auteurs inconnus par les reviewers)
 - en informatique : généralement simple, parfois double, car souvent facile à identifier les auteurs
- Évalué sur plusieurs critères, avec des notes pour : originalité de l'idée, qualité de l'analyse, pertinence dans la conférence/journal, présentation (mise en forme, compréhension/pédagogie, grammaire), recommandation globale
 - s'ajoutent des commentaires sur l'article
 - plus critères de base : nombre de pages, copier-coller de max 10 lignes (entre guillemets et avec référence après), toutes les sections y sont
- Exemples de reviews de mes articles :
 - reviews légers : voir fichiers ICM et UIC
 - reviews sérieux : voir fichiers MTAP*

B. Encadrement doctoral

- Un chercheur encadre entre 0 et 6 doctorants en général
- Suivre un doctorant :
 - discuter avec lui 1h–8h par semaine
 - lui donner des idées sur lesquelles travailler
 - analyser ses résultats
 - corriger ses idées, les articles et présentations qu'il rédige
 - soutenance de thèse après 3–4 ans
- Post-doctorant : en attendant un poste de chercheur, pour renforcer son expérience
- M2 recherche (en V : stage en laboratoire) : travaille sur une seule idée, un sujet très précis, soutenance après 4–6 mois

C. Obtention de contrats

- But : travailler sur une idée en recevant du financement pour des doctorants, du matériel et/ou des déplacements à des conférences, mais pas pour augmenter son salaire (en France) !
- Exemple : le CG de la Région de FC finance 5 projets de 150 k€ sur trois ans
 - rédaction du dossier après discussion avec responsable d'équipe
 - rédaction d'1 page pour COS, qui l'analyse
 - classé par le CDD du département
 - classé par le CODIR de l'institut et proposé à la Région
 - les 10 premiers sont auditionnés par 1–2 responsables de la Région, et 5 financés
- Exemple de mon projet : 2 départements, DISC et AS2M :
 - 1 doctorant (90 k€)
 - matériel (60 k€ : table anti-vibration 20 k€, blocs de communication 20 k€, MEMS, ...)
 - fonctionnement (6 k€ : déplacement conférences, étudiants M2, ...)

Obtention de contrats (2)

- Il existe beaucoup de financeurs : Mairie, Région, État, UE, ..., mais aussi entreprises privées
- Projets nationaux (ANR) : 150–300 k€
- Projets européens ou internationaux : 400–2000 k€
 - 2–10 partenaires
 - y associer au moins une entreprise aussi
- Exemples de méga-projets :
 - projet génome humain, 16 partenaires, 3 mild. \$, 1990–2003 ([wikipedia](#))
 - Human brain project, simuler le cerveau humain sur des superordinateurs pour mieux comprendre comment il fonctionne, 2013–2023, financé par l'UE, 1 mild. €, 113 partenaires
 - Brain initiative, « mapper » (gérer ?) l'activité de chaque neurone, USA, 2013–2023, 3 mild. \$

D. Organisation de manifestations scientifiques – accueil

- Logistique d'accueil des participants : salles, impression du programme, repas, visite des lieux, accueil des participants, leur enregistrement à la conférence, ...
- Exemples de conférences organisées par des membres d'OMNI :
 - HPCC 2014 (High Performance Computing and Communications), à Paris, 3 journées, 200 ? participants
 - IPIN 2013 (Indoor Positioning and Indoor Navigation), à Montbéliard, 4 journées, 400 participants

Organisation de manifestations scientifiques – partie technique

- Logistique de la partie technique : promouvoir la conférence, mettre en place le site de soumission des articles, trouver les reviewers (par ex. 50), décider les articles acceptés basé sur les reviews, informer les auteurs de la décision de leur article
- Exemples de conférences organisées par des membres d'OMNI :
 - 2017, general chair et program chair, 14th IEEE Conference on Advanced and Trusted Computing (ATC), 4–8/08, San Francisco Bay Area, USA
 - 2014, HPCC (High Performance Computing and Communications), Paris, 3 journées, 200 ? participants

E. Être membre de jurys : thèse, évaluation de laboratoires

- Le jury d'une soutenance de thèse :
~5 membres, dont 2 rapporteurs
- Laboratoire : ~3 membres

F. Responsabilités scientifiques sur le plan local

- Responsable d'équipe : 3–20 chercheurs
- Directeur de laboratoire ou d'institut : 30–600 chercheurs
- Beaucoup de travail administratif :
 - rédiger des rapports sur l'équipe/laboratoire
 - faire des lettres de recommandation pour les collègues
 - assister à diverses réunions
 - ...
- Grand poids sur l'utilisation du financement

Évaluation/réputation des chercheurs

- Pas de méthodologie précise
- Évaluation par les pairs
- À l'international, ce qui est visible ce sont les publications, par ex. [mon profil google scholar](#), et ce qui compte :o) est le rayonnement (être connu, avoir des contacts)
- En local, un dossier est fait, qui contient tout : le financement obtenu, les publications etc.

Reproches faites à la recherche

- Les articles scientifiques ne sont pas applicables à la vie réelle, car les hypothèses prises ne sont pas réalistes (par ex. la modélisation et les formules sont trop simplistes)
- Beaucoup d'articles sont cités très peu (par ex. 5 fois)

Conclusions

- La recherche s'attaque aux plus difficiles problèmes de point de vue intellectuel, et le chercheur fait partie de l'élite intellectuelle
- Un chercheur est quelqu'un qui réfléchit
- Il lit et rédige énormément
- La recherche est assez difficilement quantifiable
- Le petit Nicolas en thèse :
<http://www.lix.polytechnique.fr/Labo/Arnaud.Dartois/these/PetitNicolas-2.pdf>