

«Médiation Scientifique en Sciences du Numérique : il faut piger pourquoi on clique !»

«*Science outreach in computational science : let us understand what's behind our clics !*»

Pascal Guitton & Véronique Poirel & Thierry Viéville, Inria, <http://www.inria.fr>

Mots-clés: médiation scientifique ; sciences du numérique ; science et société ; informatique ; mathématiques.

Key-words : *science outreach ; computer science ; science and society ; computer science ; mathematics.*

Résumé :

La société vit une «transformation numérique» dont la portée et les conséquences sont loin d'être comprises et maîtrisées. Il est donc clair que le travail de recherche en sciences du numérique impacte fortement, en amont des grands opérateurs du numérique, cette révolution. Conscients de cette responsabilité, nous, acteurs de la médiation Inria, voulons avec nos partenaires¹ partager nos savoirs et savoir-faire pour que chacune et chacun comprenne mieux ce monde numérique qui est le nôtre aujourd'hui. Et puisse se construire sa propre opinion citoyenne sur les enjeux sociétaux liés aux technologies qui découlent de nos recherches.

Pour aller jusqu'au bout de cette démarche, au moment où côté Inria nos nouvelles orientations stratégiques se mettent en place, nous entamons une démarche de dialogue et d'écoute du plus grand nombre sur les grands domaines de recherche et d'applications sur lesquels nous travaillons. *Quels avis et questionnements le large public porte-t-il à propos de nos sciences ?* Cette initiative est une expérimentation. Mais quelque soit son aboutissement, elle sera transparente. En voici les points clés.

Summary :

Our society undergoes a "digital transformation" whose consequences are far from being understood and managed, and the research work in computational sciences strongly impacts this revolution, upstream from the huge digital commercial structures. Facing this challenge, as actors of science outreach, we, Inria members and related partners, want to share our knowledge and expertise so that each of us can understand this digital world we nowadays live in. This includes being able to build our own citizen opinion on social issues related to technology arising from such research.

To complete this process, while Inria new directions are being set up, we begin a process of dialogue and listening of a large public audience regarding the research and applications related to our work. This initiative is only at an experimental level. But whatever its outcome, it will be a transparent process and a very interesting experience.



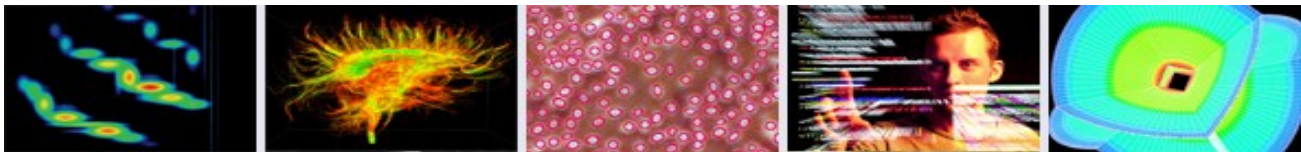
Devenir, ensemble, des citoyennes et citoyens éclairé-e-s sur le numérique.

1 Toutes nos actions de médiation se font avec des partenaires institutionnels (organismes de recherche et université, acteurs nationaux et territoriaux de la culture scientifique et technique, éducation nationale) et associatifs très impliqués dans notre discipline (maker-clubs, clubs robotiques, mouvements d'éducation populaire,...), acteurs de terrain très proches du large public avec qui nous créons des contenus, que nous faisons fonctionner ensemble concrètement.

La révolution numérique qui bouleverse notre quotidien est donc là. Il est devenu usuel d'affirmer que nos environnements ont plus évolué dans ces dernières décennies que lors des siècles précédents. Initialement centrée sur l'équipement informatique (possession d'un ordinateur, disponibilité d'une connexion réseau, puis d'un haut-débit), la notion de fracture numérique s'est progressivement déplacée vers la séparation entre « ceux qui comprennent » et le reste de la population.

Il paraît ainsi crucial d'accompagner chaque citoyenne et citoyen, collègues Inria inclus, dans sa compréhension des changements importants que connaissent nos sociétés avec le numérique en l'aidant à se construire, au-delà des informations et explications adaptées, une *culture scientifique*. Malheureusement, cette construction est difficile puisque le grand public n'a pas acquis ces rudiments dans notre système éducatif français, qui a oublié d'intégrer ce domaine pourtant fondamental aujourd'hui dans ses programmes. Gageons qu'avec l'introduction croissante d'éléments des Sciences du numérique dans notre enseignement (comme par exemple le démarrage à la rentrée 2012 d'une spécialité en Terminale S), la situation évoluera positivement dans les années à venir. En attendant cette modification majeure, il est donc nécessaire de prendre en compte cette réalité et pour cela, il est bien entendu indispensable d'écouter la parole de nos interlocuteurs afin d'adapter notre discours et de trouver "les mots pour le dire". Cette démarche implique de notre part une vraie formation à la médiation scientifique.

L'hypothèse est qu'une meilleure compréhension des mécanismes de cette révolution numérique permettra une meilleure implication / prise de décision dans la vie tant individuelle que collective. Que comprendre les fondements de l'informatique et des mathématiques associées va permettre de mieux maîtriser les technologies qui en découlent et de devenir non pas uniquement des utilisateurs à qui on impose des logiciels, mais des citoyennes et citoyens qui maîtrisent, choisissent, adaptent, construisent les objets numériques qui leur conviennent.



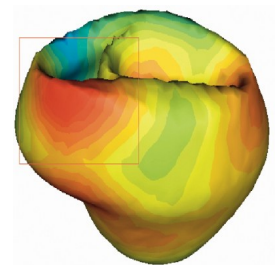
Commencer par comprendre les enjeux sociétaux des sciences du numérique.

En se fondant sur la politique scientifique Inria et sans prétendre à l'exhaustivité, regardons dans quelle mesure les sciences du numérique peuvent être utiles à l'humain, la société et la connaissance, dans trois secteurs. Clairement, nous savons combien, de Hiroshima aux vaccins, la science n'est en soi ni génératrice du pire ou du meilleur, mais bien de ce que nous en faisons. En d'autres termes, une découverte scientifique peut conduire à une innovation technologique qui deviendra dans certains cas source de progrès pour la société.

De la compréhension du vivant à la santé et au bien-être : Dans le domaine de la santé, un bel exemple est l'optimisation du geste chirurgical où le praticien peut utiliser une reconstruction 3D à partir d'un scanner ou d'une IRM du patient pour préparer son opération en la simulant autant de fois que nécessaire au niveau numérique. Cette pratique garantit que, quand il opérera le malade réel, il le fera dans de meilleures conditions. Formation des chirurgiens, opérations adaptées à chaque patient, mais aussi, dans certaines mesures, réduction des coûts de santé sont obtenues ici.

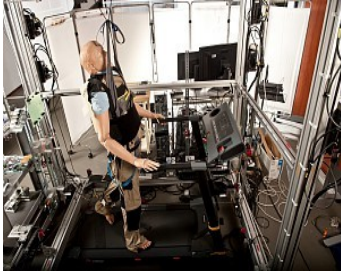
Plus généralement, l'imagerie médicale et les méthodes d'analyse de masses de données permettent de faire avancer santé et amélioration de la compréhension du vivant. Ce sont par exemple des modèles informatiques de traitement de chaînes de caractères qui ont permis de décoder la chaîne de symboles que représente le génôme humain. Ou la compréhension du cerveau, qui avance en confrontant aux observations expérimentales l'idée qu'il se comporte comme un système qui traite de l'information, et s'interface avec son environnement à travers ses propres dispositifs d'entrées/sorties. Nous sommes donc dans un univers scientifique où les sciences de la vie et les sciences du numérique s'inter-pénètrent complètement.

Dans le domaine du handicap, de nombreuses pistes de recherche sont explorées comme par exemple celle qui consiste à mesurer l'activité sur un nerf pour tenter de compenser une paralysie en



Simulation électrique (électrocardiogramme) et mécanique (imagerie ultrasons ou IRM) de l'onde électrique dans le muscle cardiaque, avec simulation de pathologie.

reconnectant électroniquement le muscle paralysé. Ou offrir des interfaces vers le Web et d'autres applications Internet à des personnes qui par malheur ne peuvent plus bouger en capturant puis en transformant l'activité électrique de leur cerveau en ordres simples compréhensibles par un système logiciel. Il est essentiel de se mettre totalement au service de ces patients et de développer ce qui les aide vraiment de la façon dont ils pensent avoir besoin d'être assistés. C'est cette vision que portent, par exemple, les chercheurs qui développent des composants robotiques pour l'aide au maintien à domicile.

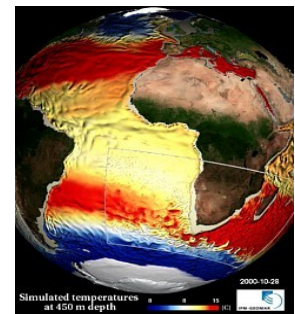


Mannequin sur une plateforme robotique expérimentale de rééducation assistée de la marche à domicile.

Effectuer des travaux théoriques en amont de ces sujets est un régal intellectuel. Et que ces travaux aboutissent aussi à aider nos con-citoyennes et citoyens offre une satisfaction toute aussi profonde. Mais ce sont des recherches très impactantes et il est essentiel de se mettre à l'écoute de la société sur de tels sujets, et d'apporter la matière aux indispensables débats. Une illustration est le fait que la création d'entités naturelles augmentées numériquement (prothèses robotiques, outils numériques qui augmentent notre cognition, etc..) crée le risque de générer des fantasmes et de faire discuter sans fin de faux problèmes, à l'instar de vraies questions telles que :

- Quel coût financier et sociétal, collectif et individuel sont induits par de telles technologies ?
- Quelle éducation devient nécessaire, pour s'approprier ces objets bioniques ?
- Que se passe-t-il lorsque les circonstances nous en privent ?

Des problématiques environnementales, ressources, développement : De même qu'un bon choix du rapport de vitesse dans une voiture permet de limiter le régime du moteur, de même peut-on confier au calcul le soin d'ajuster au mieux tous les paramètres qui gouvernent nos consommations énergétiques domestiques ou automobiles. Cette démarche d'optimisation s'applique évidemment aux centrales énergétiques elles-mêmes, mais il est aussi de nouveaux combustibles bio, comme ceux produits par des micro-algues, qui sont trop fins pour être produits autrement que contrôlés en permanence par des calculs très sophistiqués. Et quel que soit notre avis sur l'énergie nucléaire, elle est là, et la gestion durable de ces déchets représente un défi auquel il faut s'attaquer, avec tout ce que la science peut apporter.



Etude par simulation numérique multirésolution des transferts de masses d'eau de l'océan Indien vers l'océan Atlantique, dans le contexte du changement climatique global.

La crise climatique, et la sur-consommation des ressources naturelles ne fait plus aucun doute objectif, et la chance doit permettre que cette prise de conscience collective arrive à temps, offrant quelques décennies pour garder en héritage ce problème circonscrit. Pour y aider, modéliser et simuler cet impact permet d'expérimenter numériquement les solutions pour distinguer les vraies bonnes idées des leurres. Plus globalement, les problèmes de l'accès à l'eau et à la nourriture, ainsi que celui des risques naturels dont la prédiction a l'importance que l'on sait, font également l'objet de recherches numériques.

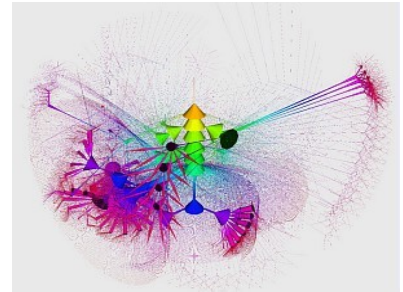


Mesures de consommation d'une carte de calcul permettant une optimisation du code logiciel.

Et de commencer à balayer dans notre propre jardin ! Le matériel informatique devient maintenant une source prépondérante de consommation d'énergie. Il faut en priorité minimiser celle-ci, y compris dans la façon même de programmer nos logiciels : cela rallonge la durée de charge des batteries, mais surtout préserve notre unique planète. Les problématiques usuelles liées au développement durable s'appliquent évidemment à l'industrie informatique et c'est aussi le domaine le plus proche de nos travaux, donc celui sur lequel nous pouvons le plus facilement commencer à agir. Nous faisons aussi l'hypothèse que cela pourra avoir un effet levier sur les secteurs en aval de l'industrie du numérique.

Le débat sur une science idyllique ou diabolique au service du «progrès Infini» est ainsi dépassé. Nous préférons juste rappeler que la dimension de «service public» du travail scientifique est une priorité.

Éducation et société : Avec plus de deux heures par jour en moyenne passées sur Internet, les jeunes vivent dans un espace qu'il ne faut pas laisser incompris. Les entreprises commerciales, du reste, en font déjà un sujet d'étude ciblé sur leurs objectifs. Mais il est d'autres enjeux (étude de risques nouveaux, émergence de comportements collectifs inédits...) qui nécessitent des études publiques liées à des objectifs sociétaux.



Calcul et visualisation de graphes de très grande taille, par exemple liés à des interactions sur un réseau social.

Et c'est aussi un espace d'invention où de nouvelles activités, de nouveaux métiers, vont apparaître, donc un espace de croissance, si nous savons y aider. Un point-clé est que le droit usuel lié aux biens et aux personnes ne se décline pas de manière immédiate dans un espace numérique. Ainsi, un bien numérique se réplique sans quasiment aucun coût, donc toute sa valeur est dans le capital lié à sa création, pas dans le coût marginal de sa production, ce qui bouscule les règles commerciales à appliquer. Un autre point majeur est qu'il faut considérer qu'il n'y a pas de données privées sur de grandes régions du Web (ex: réseaux sociaux) donc que le droit en la matière doit être revu. Les chercheurs ont alors un devoir d'expertise à mettre au service des décideurs afin que ceux-ci soient en mesure de légiférer en connaissance de cause.



Présentation de fondements de l'informatique à travers une approche ludique au cours d'une action de médiation scientifique devant des élèves.

Au-delà de ces aspects, on peut dire qu'il n'y aura que deux sortes de personnes : ceux qui utiliseront, donc subiront les outils numériques, et ceux qui sauront les maîtriser, les adapter, etc. Une éducation des jeunes et tout au long de la vie aux usages et aux fondements du numérique est donc la seule solution pour que citoyennes et citoyens soient éclairés sur ces sujets. Une telle éducation ne se fait pas uniquement par le passage de savoirs, mais aussi de savoir-faire, avec des outils numériques qui eux-mêmes bouleversent l'éducation dans son ensemble.

Les sciences du numérique se mettent donc au plus près de ceux dont c'est le métier d'enseigner. Et que plus personne ne se trompe, on parle d'aider à enseigner :

- 1/ les technologies et sciences numériques, c'est-à-dire le fait qu'au 21^e siècle toutes les sciences sont devenues plus ou moins numériques . . . et . . .
- 2/ pour aider à enseigner les sciences du numérique, c'est-à-dire les mathématiques et informatiques, qui sont le fondement du point 1/, de même que savoir lire et écrire précède l'apprentissage des autres humanités.

Aller à la découverte de quelques facettes de science.

Prenons une grenouille. Et une mouche qui passe devant la grenouille. Voilà la grenouille qui va gober la mouche. Mais ce qui est «scientifiquement» stupéfiant c'est que la mouche est plus rapide que la grenouille ! La grenouille ne va donc pas gober la mouche là où elle la voit (elle la manquerait), mais là où elle sera à la fin du mouvement de la grenouille : détection du mouvement de la mouche, prédiction de la position de la mouche dans le futur, auto-calibration de la grenouille qui sait quelle est la lenteur de sa langue par rapport à la mouche . . . Que de calculs pour tout cela ! Mais il y a *plus stupéfiant* encore. Si d'aucun ramasse un petit caillou de la même taille que la mouche et le lance devant la grenouille . . . alors . . . et bien alors la grenouille ne peut que gober le caillou avec le même entrain que si c'était une mouche 😊. Car aussi performant et bien adapté à sa survie que soit son petit système nerveux, il s'avère qu'il reste . . . un stupide mécanisme, totalement dénué de pensée. Exactement comme un ordinateur ou un robot, qui calculent de manière fabuleusement rapide et performante mais restent totalement dénués de pensée.



Qui est le plus «intelligent» ?
(création Odile Lausekcer)

Cette modeste anecdote nous enseigne quatre choses :

1. Penser en terme de *système* : pour comprendre comment fonctionne une grenouille nous la considérons

comme un mécanisme avec des entrées (ici : visuelles) des sorties (ici : son mouvement) liées à un état interne (ici: sa faim, etc..) et un «algorithme²» qui en fonction des entrées et de son état interne va engendrer des sorties (ici: vers la mouche). Une telle vision est réductrice, mais fructueuse : on peut décrire son fonctionnement, le simuler numériquement (ex: créer une petite grenouille numérique dans un jeu vidéo), prédire son comportement (ici: qu'elle va gober un caillou) et vérifier expérimentalement si la prédiction est vérifiée (ici : . . non ! Ne le faites pas : grâce à la théorie, nous savons déjà que ça marcherait alors . . évitons d'embêter inutilement les grenouilles).

2. Se focaliser sur les *données* : autrement dit le traitement de l'information. Là encore, c'est restrictif : tout ce qui n'est pas dans les données (ex: que la grenouille soit mignonne) n'existe pas et sera totalement ignoré. On ne travaille donc qu'avec un reflet numérique du système (ici: les données relatives à la grenouille et à la mouche). Mais grâce à cela, on peut analyser très rigoureusement et complètement ce reflet qui, s'il est assez plausible, rendra bien compte de la réalité.

3. Travailler au niveau des *interfaces* : dans la narration de notre anecdote, ce qui se passe à l'intérieur de la grenouille est finalement mis de côté au profit de la manière dont elle interagit avec son environnement. Souhaite-t-on, au contraire, connaître ce qui se passe à l'intérieur du système nerveux de la grenouille ? C'est une autre question, à étudier à une autre échelle. Par exemple étudier ce qui se passe dans son oeil, au niveau de la population de neurones de sa rétine. À cette fin, le niveau de description du neurone devra être schématisé afin de se focaliser sur la façon dont les neurones interagissent. À chaque échelle ce sont les interfaces qui comptent.

4. De la notion de *modèle* : La description sous forme d'équations numériques et/ou de mécanismes algorithmiques¹ de la relation entre les données en entrée et sortie constitue un modèle du fonctionnement dynamique du système étudié. Ce modèle "remplace" la réalité dont on a mesuré quelques données. Grâce à cette formalisation, on peut étudier mathématiquement et informatiquement le reflet numérique système pour comprendre, décrire et contrôler ou optimiser la réalité représentée ici.

Bien entendu, cette méthode n'est pas nouvelle mais avec l'émergence des sciences du numérique cette façon de voir les choses constitue une révolution comme l'explique bien un chercheur en informatique et philosophe³.

Pour une démarche expérimentale de médiation scientifique.

Alors ? Les quelques lignes précédentes vous ont-elles paru accessibles ou absconces ? Intéressantes ou ennuyeuses ? Utiles ou inappropriées ? En tout cas faire de la médiation scientifique c'est «ça». Concrètement nous créons des contenus originaux, partageables (documents, animations interactives, démonstrations, films, objets matériels ou numériques) et menons des actions de terrain pour diffuser ces contenus (choix d'objectifs, assemblage des moyens, organisation de l'action, évaluation du résultat). Ces actions de diffusion⁴ sont variées, de la fête de la science aux conférences ouvertes que nous offrons aux lieux qui accueillent nos congrès, en passant par quelque établissement scolaire, médiathèque, plateau radio ou télé, site web, participation à un film ou la rédaction d'un article sur [li\(nterstices](#) ou dans une autre revue ou journal... Elles sont duales, entre des actions à très large audience, et des rencontres personnelles entre le public (ou une personne) et le chercheur, rencontres qui peuvent faire que des « étincelles s'allumeront dans les yeux ».

Le but est donc triple : éducatif (mise en place de l'enseignement d'Informatique et Sciences du Numérique (ISN)), citoyen (démocratiser savoir et savoir-faire), participatif (développer nos contenus avec les curieux de sciences). Cette diffusion de l'information scientifique regroupe ainsi les actions à destination de publics sortant du cercle professionnel habituel des chercheurs : enfants et jeunes, curieux de la science, grand public, décideurs politiques et partenaires sociaux-économiques. La médiation fait intervenir le chercheur, source du contenu scientifique. Pour démultiplier le message scientifique, il travaille avec des relais et des médiateurs, avec qui il est co-auteur du contenu et du discours qui véhiculent ce contenu.

² Un algorithme, c'est tout simplement une façon de décrire dans ses moindres détails comment procéder pour faire quelque chose. Il se trouve que beaucoup d'actions mécaniques, toutes probablement, se prêtent bien à une telle décortication. Le but est d'évacuer la pensée du calcul, afin de le rendre exécutable par un ordinateur ou une machine numérique.

³ [Pour une deuxième révolution galiléenne](#) ? Gilles Dowek (2010), Colloquium Polaris, Paris.

⁴ On parle ici de [vulgarisation](#) (i.e. «*popular science*») et science participative (i.e. «*science outreach*»).



Bref, c'est un service public: partir des vrais besoins du public pour offrir une réponse à son questionnement. Et nous avons axé notre action sur deux priorités :

- l'introduction de l'enseignement de l'informatique et sciences du numérique au lycée, qui n'est pas abordé⁵ ici,
- le partage citoyen de notre recherche que nous avons essayé d'illustrer⁶.

Pour en savoir plus :

<http://interstices.info>

Inria Médiation scientifique en sciences du numérique

<http://www.inria.fr/mecsci>

mecsci-contact@inria.fr

Objectifs

Aider à maîtriser et s'approprier la société numérique

éducatif

Contribuer et aider à former les enseignants à l'ISN dès le secondaire

citoyen

Démocratiser les savoirs et outils du numérique au-delà des usages

participatif

Développer des ateliers attractifs et communautaires de création de contenu

Scolaires

Grand public

Curieux de sciences



L'informatique, ce n'est pas que pour les jeunes. Son apprentissage peut se faire à tous les âges de la vie. D'ailleurs, cette science n'est pas si jeune puisque le premier ordinateur a vu le jour dans les années 30. (extrait de la BD "debuggons les préjugés" Inria Paris-Rocq. & Sydo).

⁵ Voir <https://wiki.inria.fr/sciencinfolycee> et http://interstices.info/jcms/new_47531/ressources-pour-les-lyceens

⁶ Toutes les illustrations et leurs légendes sont issues de la photothèque Inria <http://phototheque.inria.fr>



Quelques films et vidéos:

Avis de recherche, Le cheminement du travail de recherche scientifique: un docu-fiction qui présente le cheminement du travail de recherche scientifique ; de la définition d'une problématique jusqu'à la publication d'un article scientifique, *niveau fin de lycée*.



Pourquoi tu cherches ? L'histoire de l'informatique en 5 volets : un petit condensé de l'histoire de l'informatique et du numérique sous forme d'un docu-fiction présentant les principaux personnages incarnant cette épopée, *niveau collègue début de lycée*.



Matière première. Des sciences derrière l'informatique : l'informatique et les réseaux sont devenus des évidences quotidiennes, mais derrière se tient le monde de la recherche et des sciences, *niveau lycée*.



Les nouvelles technologies : révolution culturelle et cognitives. Réfléchir aux sciences du numérique: Les nouvelles technologies nous ont condamnés à devenir intelligents postule Michel Serres, *niveau fin de lycée*.



Voir aussi la [vidéothèque Inria](#), et le canal [science-participative](#) avec de nombreux autres films comme («[défis numériques](#)», «[Je peux voir les mots que tu dis !](#)», «[le déséquilibre de l'apprentissage](#)», etc).