A large, abstract background pattern consisting of a dense grid of small, light blue dots that curves and tapers towards the right side of the page.

Rapport d'activités 2019-2020

SOMMAIRE

Retour sur les 30 ans de l'association	7
Synthèse des séminaires 2019-2020	13
Mécanique déterministe ou incertitudes : où en est-on avec $F= M\Gamma$? Ça passe ou ça casse ? 21 février 2019	14
Blockchain pour les métiers 21 mars 2019	16
En route vers l'Exascale ! 23 mai 2019	18
L'hybridation de la matière avec le digital 13 juin 2019	20
L'IA est-elle explicable ? 17 octobre 2019	22
Révolution numérique, révolution industrielle : enjeux 4.0 21 novembre 2019	24
Un check-up de l'IA pour la santé numérique : c'est grave docteur(s) ? 27 février 2020	27
Where is the Quantum Computer Revolution in France ? Start-ups in sight 5 novembre 2020	30
La cellule nationale de veille sur les formats 4 et 10 novembre 2020	31
Bilan des années 2019-2020	34
Perspectives 2021	35
Présentation des Groupes de travail	37

L'année 2020 fut une année particulière à plus d'un titre. Comme beaucoup, la crise sanitaire a eu un impact très important sur le fonctionnement de l'Association. Si toutes les réunions et instances de l'Association (CA, AG, CPG, bureau) ont pu basculer en distanciel rapidement, la vocation principale de l'Association est l'organisation de séminaires pour échanger sur des grands thèmes touchant au numérique. Ainsi, à partir du mois de mars, il a fallu s'adapter et proposer de nouveaux formats aux adhérents afin de poursuivre l'activité d'Aristote.



Créée informellement en 1984 par l'INRIA, le CEA, EDF et le CNES, Aristote est depuis 1988 une association de loi 1901.

PENSER & INNOVER ENSEMBLE

Depuis 1988 ARISTOTE, une société savante et philotechnique, regroupe organismes de recherche, grandes écoles, entreprises, PME et start-up impliqués dans les développements et usages du numérique. ARISTOTE tisse des liens entre le monde académique et celui de l'industrie et des services au travers de veilles scientifiques et stratégiques. L'association propose des groupes de travail, qui sont des lieux d'échanges privilégiés autour du numérique, et organise des cycles de séminaires et des formations. Son Comité de Programme est un lieu de réflexion et de débats, lien indispensable entre membres, groupes de travail, auditeurs des séminaires et, plus généralement, la « communauté ARISTOTE ».

Les comptes rendus présentés en annexe ont été réalisés par Emmanuel GAVARD (Journaliste) et Jean-Daniel (Journaliste).

SÉMINAIRES & FORMATIONS

ARISTOTE organise chaque année un cycle de séminaires. Les thèmes choisis reflètent la diversité et la richesse du monde du numérique et des centres d'intérêts des membres de l'association. Les programmes privilégient des approches très ouvertes en croisant regards, cultures, recherche fondamentale et retours d'expérience. Ils apportent des éclairages nouveaux et des éléments clés de réponse aux problématiques abordées

LES GROUPES DE TRAVAIL

ARISTOTE fournit à ses adhérents la structure pour la création et le fonctionnement de groupes de travail. Ceux-ci rassemblent une communauté d'experts qui se constitue autour de sujets sur le numérique. Ce sont des lieux de rencontre, d'échanges, valorisation, de création et de transferts de compétences sur des sujets clefs pour la communauté ARISTOTE.

ARISTOTE est une société savante qui regroupe des organismes de recherche, des grandes écoles, des entreprises, des PME et des associations pour favoriser l'échange d'expériences et l'innovation dans le domaine des technologies numériques.

Les 30 ans d'une association telle qu'ARISTOTE fut l'occasion de revenir sur son passé glorieux et les faits qui ont marqué les 30 années mais également de se projeter vers l'avenir et comme l'a toujours su le faire ARISTOTE, explorer et débattre des sujets, des révolutions numériques qui vont impacter notre environnement professionnel et la société dans son ensemble.

En 2021, ses membres sont :

- Atos
- BNF Bibliothèque Nationale de France
- CEA Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
- CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
- CINES Centre Informatique National de l'enseignement supérieur
- CIRAD Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
- CNES Centre national d'études spatiales
- CNRS Centre national de la recherche scientifique

- DSI Group Conseil en management, technologies et intégration
- École Polytechnique
- EDF R&D
- GENCI Grand Equipement National de Calcul Intensif
- IFPEN IFP Energies Nouvelles
- Ifremer Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
- INRAE Institut National de la Recherche Agronomique
- MIM Monnier's Innovation Management
- MINTIKA
- ONERA Office National d'Études et Recherches Aérospatiales
- Real.Not L'informatique des notaires
- SBA Smart Building Alliance
- SIAF Service Interministériel des Archives de France
- SOLEIL Synchrotron-Soleil
- Thales
- Xirius Informatique Sécurité des Systèmes d'Information

ARISTOTE est organisée autour d'un bureau :

- Président : M. Christophe Calvin (Directeur des programmes et des partenariats publics, CEA)
- Vice-président : M. Laurent Duploux (Chef du service multimédias, BnF)
- Secrétaire : M. Philippe Wlodyka (École Polytechnique)
- Trésorier : M. Pascal Pavel (Direction Financière CEA Saclay)
- Activités scientifiques et techniques : M. Vincent Couaillier (ONERA)
- Secrétariat & Communication : Mme Katia Castor

Les administrateurs, membres du Conseil d'Administration sont :

- Christophe Calvin (CEA, Président)
- Denis Attal (Thales)
- Philippe Futersack (EDF)
- Joël Sor (Cirad)
- Laurent Duploux (BnF, Vice-Président)
- Pascal Michel (IFPEN)
- Philippe Wlodyka (Ecole Polytechnique, Secrétaire général)
- Pierre Malecki (ONERA)
- Thierry Goldmann (CNRS)
- Thierry Levoir (CNES)

RETOUR SUR LES 30 ANS DE L'ASSOCIATION

À LA CROISÉE DES RÉVOLUTIONS NUMÉRIQUES DEPUIS 30 ANS

30 ans de l'association ARISTOTE dans la Grande galerie de l'évolution du Jardin des Plantes de Paris, le 5 juin 2018

Les 30 ans d'une association telle qu'ARISTOTE furent l'occasion de revenir sur son passé glorieux et sur les faits qui ont marqué ces 3 décennies. Cette célébration a également permis de se projeter vers l'avenir et comme l'a toujours su le faire ARISTOTE, d'explorer et débattre des sujets, des révolutions numériques qui vont impacter notre environnement professionnel et la société dans son ensemble.

Ainsi la manifestation des 30 ans, le 30 juin 2018, a été organisée autour de plusieurs temps :

- L'histoire de l'Association ARISTOTE (C. Calvin, Président d'ARISTOTE)
- Les (r)évolutions à venir
 - o J-G. Ganascia, Est-ce que « 1984 » est derrière ou devant nous ?
 - o E. Klein, Causalité et Big Data
- Remise du prix ARISTOTE Roland Sénior
- Cocktail dinatoire

Le prix ARISTOTE Roland Sénior, en partenariat avec DRIM'IN Saclay et MIM, a été remis à l'équipe ENS Paris-Saclay / DSI-Group pour son projet « Smart training algorithms for green deep-learning ». Ce projet a pour



ambition de concevoir et promouvoir des algorithmes ouverts et minimisant la consommation énergétique en intelligence artificielle.

Le cadre qui a été choisi pour tenir cette manifestation était en phase avec la philosophie de l'Association et de cet événement, puisque les 30 ans se sont déroulés à la Grande Galerie de l'Evolution du Jardin des Plantes, privatisée pour l'occasion.

La manifestation, parrainée par le CEA, ATOS et B@TI-COM, a rassemblé plus de 128 participants : des personnalités de renom, la communauté ARISTOTE et ainsi d'engager une dynamique de reconnaissance dans l'Association au sein des organismes adhérents et au-delà.



Est-ce que «1984» est derrière ou devant nous ?

Jean-Gabriel Ganascia, Professeur d'informatique à la faculté des sciences de Sorbonne Université et membre senior de l'Institut Universitaire de France

Partant du principe que l'association Aristote a été créée informellement en 1984, avant de naître véritablement en 1988. Et si les fondateurs n'avaient pas mentionné l'année 1984 parce qu'elle n'avait tout simplement pas existé ? Et si elle n'a pas eu lieu, est-elle devant nous ? Peut-on douter de la réalité de cette année ? Si on peut s'interroger sur la réalité de cette année, c'est que ça fait aussi référence au titre de la célèbre dystopie de Georges Orwell, dans laquelle Big Brother utilise toutes les ressources de la technologie pour soumettre son peuple à son pouvoir total. Les visiophones en particulier, permettent, une fois placé au domicile des personnes, de savoir ce qu'ils disent, et presque ce qu'ils pensent. Tout est géré par une "administration centrale" qui arrive à analyser. Il s'interroge alors pour savoir si cette société de surveillance préfigure celle que nos nouvelles technologies sont en train de préparer. Les caméras de Steve Mann, chercheur au MIT, par exemple, posées sur la tête, avec un dispositif d'électrodes, ressemble à s'y méprendre aux dispositifs imaginés sur la couverture du livre de l'époque. Idem, les enceintes vocales Amazon Echo, ou Home de Google, sont des micros que l'on dispose chez soi, avec des outils conversationnels. La seule différence, c'est que dans 1984, c'est une obligation demandée par l'État. Aujourd'hui, vous payez pour avoir accès à cela. Mais les dispositifs imaginés dans 1984 semblent être devant nous... L'année serait-elle dans notre futur proche ?

Jean-Gabriel Ganascia revient ensuite sur un événement important de l'année 1984 - censée donc avoir eu lieu – la création du Macintosh. Selon Apple, un univers de liberté, de telle manière que 1984, ne ressemblera pas à 1984 telle que nous l'imaginons. (Ceci doit être replacé dans la crainte de l'Est, et de la Chine Maoïste, de l'époque). Mais pouvons-nous être certains que ces acteurs ne sont pas en train de recréer un monde identique ? Selon Jean-Gabriel Ganascia, s'il y a des différences entre Georges Orwell (le totalitarisme) et Apple, on observe cependant de nouvelles contraintes sur le monde. Pour les décrire, il passe par le concept de sous-vaillance. Dans la surveillance, c'est celui qui a le pouvoir qui est capable de prendre l'information et de la diffuser. Mais aujourd'hui, tout le monde peut prendre l'information et la diffuser, même celui qui est en dessous du pouvoir : d'où la sous-vaillance. La différence c'est qu'à l'époque, on était dans un état de pénurie d'information, et aujourd'hui dans un trop plein, avec des capacités de cognitions trop faibles d'ailleurs pour de telles quantités. Afin de les appréhender, on va faire appel à des organismes informationnels (Orin, ou Infog, en anglais). Et c'est donc ceux qui vont posséder ces orins, ces ponts entre le monde des humains et le monde numérique, qui détiennent le pouvoir. Ainsi, ce sont les stratégies de mise en valeur (référencement...) qui vont importer et redéfinir les rapports de pouvoir, et donc bien différencier par rapport à une société de surveillance.



En guise de conclusion, le spécialiste estime que si la crainte de l'Europe d'un "État Central" de surveillance et légitime du fait de notre histoire, il ne sert à rien de se concentrer sur le rétroviseur de l'histoire. Le 1984 de Georges Orwell est bien révolu, en revanche, un nouveau

1984, à visage multiple, avec de nombreux acteurs, pourrait survenir, tout en couleur, comme l'annonçait Apple... en 1984. Et prenant exemple sur le RGPD, s'il estime que ce règlement est positif, dans le sens où de nombreux pays européens se sont mis autour de la table, les textes de lois restent flous, pour mieux évoluer face à la jurisprudence. Et il craint donc que de petits acteurs soient pénalisés, par rapport aux mastodontes, qui pourront se défendre avec des armées d'avocats.



Le couplage entre la causalité et le Big Data

Etienne Klein, physicien, philosophe des sciences et producteur de radio.

Etienne Klein part d'un constat simple : la physique moderne, post-Galilée, s'est développée sur près de 4 siècles et sans aucune donnée. Par exemple, lorsque Galilée énonce la loi de la chute des corps dans le vide: "tout corps dans le vide chute à la même vitesse, et cette vitesse est proportionnelle à la durée de la chute", à cette époque, le vide n'a jamais été réalisé - on ne sait même pas s'il existe vraiment -, on ne sait pas mesurer la vitesse d'un corps qui tombe, et la notion de vitesse instantanée n'a pas été théorisée. Pour énoncer sa loi, Galilée a eu une démarche intellectuelle qui fait que le monde décoïncide d'avec ce qu'il nous montre, et il s'émancipe de l'observation. "Imaginons qu'un logiciel mesure toutes les vitesses de chute de tous les corps possibles, pourrait-il par induction en déduire que tous les corps tombent à la même vitesse dans le vide ?"

Idem pour les équations de la relativité générale d'Einstein en 1915. A l'époque où on ne connaît que

peu de choses de l'univers. On ne sait pas qu'il existe d'autres galaxies, que l'univers est en expansion, on ne connaît que les étoiles les planètes, les météores, et on ne sait pas pourquoi les étoiles brillent (aucune connaissance des forces nucléaires). Pourtant, Einstein trouve les bonnes équations à partir d'expériences de pensée. A son tour Etienne Klein en fait une : imaginons que l'on ait toutes les données actuelles, mais sans les équations d'Einstein. Des logiciels pourraient-ils à partir des données retrouver ces équations ?

Troisième exemple sur la mécanique quantique. Quand les physiciens se rassemblent à Bruxelles en 1927 quand ils mettent au point son formalisme et son interprétation, que sait-on de la matière ? Rien. Nous ne connaissons à l'époque que le proton, l'électron, le photon... La force nucléaire n'a pas encore été identifiée. Et 80 ans plus tard, nous n'avons vécu aucune révolution majeure : les principes de la physique quantique ont résisté à toutes les données. Idem, imaginons travailler sur toutes les données des collisionneurs de particules : un logiciel pourrait-il retrouver le modèle standard ?

Etienne Klein évoque ensuite l'article de Chris Anderson de 2008 dans *Wire*, *The end of theory*. L'idée consiste à dire que quand le réel s'offrira à nous par des nombres exclusivement, nous le comprendrons mieux que par les lois que nous lui attribuons. C'est finalement la question du statut des lois physique (immanentes ou transcendantales) qui est posé. Et cet article postule que nous n'aurons plus besoin de lois physiques, donc que cette question est obsolète : il suffira de recueillir suffisamment de données pour que le réel parle de façon intégrale.



parler des fausses corrélations, qui sont légions dans les médias (CF. Spurious correlation). Einstein avait pourtant répondu à cette question: "Aucune méthode inductive ne peut conduire aux concepts fondamentaux de la physique. L'incapacité à le comprendre est la plus grave erreur philosophique des penseurs du 19e siècle."

La question consiste donc à savoir si l'analyse de données peut retrouver des lois ? A cette question, et malgré des expériences de Harvard qui aurait permis à un logiciel naïf, de retrouver les invariants de la physique, Etienne Klein concède qu'il reste dubitatif. L'analyse des données, et même des grands nombres de données, le Big Data, repose sur l'axiome que ce qui a été, sera. Et rien n'est moins sûr.



Hommage à Roland Seneor

Bernard Monnier, ingénieur électronicien spécialisé dans l'innovation réalise ensuite un hommage au physicien français Roland Seneor, décédé le 6 avril 2016. L'association a décidé de lui dédier un prix: le prix Roland Seneor, pour faire honneur aux actions qu'il a mené durant sa vie auprès des étudiants et des jeunes entrepreneurs. Le but du prix est de valoriser les actions d'étudiants pour la transition numérique et écologique. Il revient ensuite sur la carrière de Roland Seneor.

Maurice Bernard, revient ensuite sur des anecdotes qu'il a vécu avec Roland Seneor, en dressant le paysage des thèses en France. Il revient sur ce qu'il a apporté au monde des Écoles, des universités, et surtout sur l'internationalisation des projets de recherche.

Le premier Prix Roland Seneor est ensuite remis à Christophe Denis, ingénieur-chercheur à EDF R&D pour le projet Green AI, qui vise à retravailler l'apprentissage profond afin d'en atténuer l'impact énergétique. Comme beaucoup d'acteurs de l'IA, Green IA cherche à combiner IA symbolique et IA statistique, pour établir des modèles prédictifs. Au-delà de l'outil, Green IA est une initiative collaborative visant à fédérer les acteurs français de l'IA, en se basant sur une méthode Open Source et Open Science. Le but est d'arriver à travailler en fond l'explicabilité des systèmes d'apprentissage, qui, selon Cédric Villani, met en tension les besoins d'explication et le souci d'efficacité. Afin de limiter les ressources énergétiques nécessaires au développement des outils numérique, et spécifiquement des outils à base d'apprentissage profond.



SYNTHÈSE DES SÉMINAIRES

2019 - 2020

SÉMINAIRE

MÉCANIQUE DÉTERMINISTE OU INCERTITUDES : OÙ EN EST-ON AVEC $F = M\Gamma$? ÇA PASSE OU ÇA CASSE ?

21 février 2019
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :
Alain Forestier (CEA)
Thiên-Hiệp Lê (ONERA)



Thien Hiep LE



Alain FORESTIER

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Becquerel
Séminaire

Jeudi 21 février 2019

**Mécanique déterministe
ou incertitudes :**

**Où en est-on avec $F = M\gamma$?
Ça passe ou ça casse ?**



Coordination scientifique :
• Alain Forestier (CEA)
• Thiên-Hiệp Lê (ONERA)



Renseignements, programme...

http://www.association-aristote.fr/doku.php/sem_meca_inser#programme

PRÉSENTATION

Nous vivons depuis des siècles avec la loi de Newton qui n'a été remise en cause que par la mécanique relativiste. Dans les usages courants, la loi de Newton conduit nos activités et pourtant le sûr n'est jamais assuré. Pourquoi ? Nous sommes incapables de prévoir avec certitude le comportement de bâtiments sous l'effet d'un séisme et, pourtant, la construction n'a jamais été aussi développée à travers le monde. Les règles de sûreté et de sécurité sont régies par notre conduite en cas incidentel ou accidentel et la prise en compte de risques maîtrisés ou non, liés aux aléas naturels et/ou liés à des interventions humaines.

Quelle part de certitude ou d'incertitude est maîtrisée aujourd'hui ? Cela sera l'objet de cette journée avec en particulier la prise en compte du séisme dans des installations nucléaires (ou pas) et du traitement de l'aléa sismique. Mais, pendant ce temps-là, les équipes scientifiques spatiales sont capables de nous faire rêver sur les sondes ou rovers envoyés sur Mars avec précision, ces derniers fonctionnant depuis deux ans avec une régularité exemplaire. Et tout ceci grâce à la loi de Newton.

Le but de cette journée est de faire partager quelques éléments de la vie d'aujourd'hui qui nous sont habituels, régis par les lois de la Mécanique avec certitude et/ou incertitude maîtrisée.

INTERVENANTS



PROGRAMME

9h00-9h15	<i>Introduction de la journée</i>	Alain FORESTIER Thien Hiep LE	CEA ONERA
EXPOSÉS GÉNÉRAUX			
9h15-10h30	Usage de la simulation dans la prédiction des risques telluriques	Evelyne FOESTER	CEA
10h30-11h15	« Les séismes : catastrophes imprévisibles aux conséquences incertaines ? »	Jean-François SEMBLAT	ENSTA Paris Tech
SESSION ÉNERGIE			
11h30-12h05	Estimation de la fragilité des structures et équipements sous séisme	Cyril FEAU	CEA/DEN
12h05-12h40	Les avancées autour de l'utilisation du Machine Learning en mécanique des structures		EDF / R&D
13h30-14h45	« Comment va-t-on sur Mars et qu'y fait-on ? »	Eric LORIGNY	CNES
SESSION AÉRONAUTIQUE			
15h00-15h40	Quantification des incertitudes de modèle	Paola CINNELLA	ENSAM Paris Tech
15h40-16h20	Haute-précision, maîtrise des erreurs et incertitudes en CFD	Vincent COUAILLER	ONERA
16h20-17h00	Un cadre mathématique pour la certification sous incertitudes	Eric SAVIN	ONERA
17h00-17h40	Uncertainty Management & Quantification for Aircraft Industry	Gilbert ROGÉ	D-A
17h40-18h00	<i>Conclusion</i>		

SÉMINAIRE

BLOCKCHAIN POUR LES MÉTIERS

21 mars 2019
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :
Jean-Michel Batto (Eiffage Energie Systèmes)
David Menga (EDFlab)



Jean-Michel BATTTO



David MENGA

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Faurre

Blockchain pour les métiers

Judi 21 mars 2019



Coordination scientifique :

- Jean-Michel BATTTO (Eiffage Energie Systèmes)
- David MENGA (EDFlab)

EIFFAGE



Partenaire : **CAPTRONIC**

Renseignements, programme...
www.association-aristote.fr



Blockchain
pour les métiers

PRÉSENTATION

La disruption induite par la blockchain nécessite une prise de conscience et une réaction rapide. Le rôle de l'association Aristote est de vous aider à mesurer les enjeux et à vous aider à vous positionner pour ne pas subir la révolution que va créer la blockchain. Alors que l'Internet a permis à chacun de se connecter à toutes les sources de savoir et de divertissement, la blockchain va donner la quasi-gratuité à la confiance dans les services et les outils.

L'association Aristote, dans sa lecture de l'avant-garde du numérique, pose un diagnostic sans appel sur le futur de la confiance : il se fera avec la blockchain et avec un coût maîtrisé. Le matin, le séminaire montrera comment la blockchain transforme les métiers et redonne du pouvoir aux consommateurs, en permettant une allocation efficace et éco-responsable de ressources physiques et numériques via un usage avisé des cryptomonnaies et de la théorie des jeux. L'après-midi, nous verrons comment la blockchain revisite le financement des entreprises et rend possibles les transformations à venir. Et nous questionnerons enfin les limites de la technologie en termes de scalabilité éco-responsable et de sécurité des cryptoactifs. En un mot, nous sommes à moins de cinq ans de l'impact majeur de la blockchain dans notre économie.

INTERVENANTS



Arthur BREITMAN



David MENGA



Diane RICHEBOURG



François STEPHAN



Jean-Baptiste FRAYSSE



Jean-Michel BATTO



Jérôme LEFEBVRE



Nicolas MERLE



Pascal URIEN



Sébastien DUPONT-ROSETA



Stefan VOLPI



Vidal CHRIQUI



Vincent DE MONTALIVET



Xavier DALLOZ

PROGRAMME

9h15-9h30	Introduction de la journée	Jean-Michel BATTO David MENGA	Eiffage Energie Systèmes EDF Lab
9h30-10h15	Blockchain, quelle économie ?	Xavier DALLOZ	Consultant
10h15-10h45	Cas d'usage pratiques de la Blockchain appliqués aux domaines de l'Assurance et de la Banque	Jérôme LEFEBVRE	Stratumn
11h15-11h45	L'impact d'un protocole de réservation pair à pair sur l'économie en ligne	Vidal CHRIQUI	BTU Protocol
11h45-12h15	Blockchain pour la transparence dans l'Agroalimentaire	Stefano VOLPI	Connected Food
12h15-12h45	Blockchain pour lutter contre la pollution digitale		
14h00-14h45	Le cadre réglementaire des ICO	Diane RICHEBOURG	DS Avocats
14h45-15h15	Blockchain pour l'énergie	Jean-Baptiste FRAYSSE	Blocktricity
15h15-15h45	Une blockchain éco-responsable	Sébastien DUPONT-ROSETA	Uniris
16h15-16h45	Des smart contracts sécurisés par conception	Arthur BREITMAN	Dynamic Ledger Solutions
16h45-17h15	La sécurité des cryptowallets	Pascal URIEN	Ethertrust
17h15-17h45	Panel "Quel avenir pour blockchain ?"	Mickaël CAMPION	Data Solutions & Innovation Corporation (US) – une filiale de DSI Group (FR)
	"Qu'apporte la blockchain dans les pays émergents ?"	François STÉPHAN	Sales & Innovation de BeBond
	Nous créons et opérons votre blockchain	Nicolas MERLE	Chain-Ops
17h45-18h00	Conclusion	Jean-Michel BATTO David MENGA	Eiffage Energie Systèmes EDF Lab

SÉMINAIRE

EN ROUTE VERS L'EXASCALE !

23 mai 2019
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :
Christophe Calvin (CEA)
Thierry Goldmann (CNRS/IDRIS)



Christophe CALVIN



Thierry GOLDMANN

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Becquerel

En route vers l'Exascale !

Jeudi 23 mai 2019



Séminaire
En route vers l'Exascale !

Coordination scientifique :
• Thierry GOLDMANN (CNRS/IDRIS)
• Christophe CALVIN (CEA)



Renseignements, programme...
www.association-aristote.fr



En route vers
l'Exascale !

PRÉSENTATION

La course à la puissance des différentes nations est une constante historique qui a muté aux travers des époques. Le XXIème a clairement vu le monde basculer vers une bataille mondiale pour le numérique (Internet, IA, BigData, Exascale ...). Un des « graals » de cette course est l'exascale, soit un milliard de milliards, que cela soit en termes d'opérations flottantes (simple, double ou demi-précision) ou en termes de capacité de stockage.

La date fatidique se rapproche (2020, 2021 pour les plus proches) et il est plus que temps pour ARISTOTE de faire le point sur cette révolution à venir.

Depuis maintenant 10 ans, de nombreuses communautés se sont penchées sur le problème, au départ la communauté historique du calcul scientifique, puis celle du big data et de l'IA et enfin les sphères politico-économiques, l'exascale devenant un enjeu stratégique et de souveraineté.

Ces années ont permis d'éclaircir la cible de l'exascale, qui n'est plus uniquement focalisée sur le calcul arithmétique en virgule flottante, et nous nous proposons à travers ce séminaire de faire un point sur un certain nombre de sujets, tant du point de vue stratégique (à l'échelle européenne et nationale), que des solutions matérielles qui pourraient être mises en œuvre et surtout l'état des lieux du point de vue de la programmation de telles machines et les enjeux sur les usages et les applications.

INTERVENANTS



François BODIN



Christophe CALVIN



Joeffrey LEGAUX



Thierry GOLDMANN



Laurent CROUZET



Marc DURANTON



Pierre KESTENER



Pierre-François LAVALLEE



Raymond NAMYST



Stéphane REQUENA



Thomas DUBOS



Vincent COUAILLIER

PROGRAMME

9h15-9h30	<i>Introduction de la journée</i>	Thierry GOLDMAN Christophe CALVIN	CNRS - IDRIS CEA
9h30-10h00	Politique Nationale et Européenne du HPC	Laurent CROUZET	MESRI
10h00-10h30	Un panorama international des initiatives Exascales	Stéphane RÉQUÉNA Christophe CALVIN	GENCI Président Aristote
11h00-11h30	Panorama des paradigmes de parallélisation pour les architectures Exascales	Pierre-François LAVALLEE	CNRS
11h30-12h00	Les modèles de programmation associés à la portabilité de performance - Evaluation de la bibliothèque C++/Kokkos	Pierre KESTENER	CEA - Maison de la Simulation
13h30-14h00	Programmation à base de tâches : quels défis pour le passage à l'Exascale ?	Raymond NAMYST	LABRI
14h00-14h45	« Quelques directions pour les architectures après l'Exascale ? »	Marc DURANTON	CEA
15h15-15h45	Du capteur au supercalculateur, pour une meilleure compréhension de la qualité de l'air	François BODIN	IRISA
15h45-16h15	Portage sur GPU d'un code Fortran HPC grâce à OpenACC	Joeffrey LÉGAUX	CERFACS
16h15-16h45	Modélisation numérique du climat sur architectures haute performance : quelques succès et défis à l'IPSL	Thomas DUBOS	X/IPSL
16h45-17h15	Modélisation de la turbulence et intelligence artificielle	Vincent COUAILLIER	ONERA
17h15-17h30	<i>Conclusion</i>	Thierry GOLDMAN Christophe CALVIN	CNRS - IDRIS CEA

SÉMINAIRE

L'HYBRIDATION DE LA MATIÈRE AVEC LE DIGITAL

13 juin 2019
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :
Christine Browaeys (T3Nel)
Bernard Monnier (MIM)



Christine BROWAYES



Bernard MONNIER

Ecole Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Becquerel

« L'hybridation de la matière avec le digital »

Jeudi 13 juin 2019



Coordination scientifique :

- Christine Browaeys (T3Nel)
- Bernard Monnier (MIM)

T3Nel

MIM
Member
Innovation
Management



Renseignements, programme...
<https://www.association-aristote.fr/hybridation-de-la-matiere-avec-le-digital/>

PRÉSENTATION

Monde de la matière et monde digital, où nous conduit leur évolution commune ? Aujourd'hui, les matériaux sont complexes (hybrides, fonctionnels, intelligents), souvent prédéterminés par une combinaison d'informations numériques. Avec la connectique, ils déploient leur action au-delà de leurs limites physiques, et mixent matières et services immatériels (numériques).

Dans le même temps, nous sommes immergés dans un monde digital de plus en plus prégnant où les humains, les objets et les données interagissent entre eux dans le même espace-temps. De nouveaux concepts hybrides prennent place comme le cyborg, la réalité augmentée, les processus virtuels, tandis que le traitement de l'information reste inévitablement attaché à l'univers physique et à ses lois.

On assiste donc à une hybridation du matériel et du digital qui s'enchevêtrent dans les mêmes processus. Cette journée se veut interdisciplinaire, à la croisée des recherches scientifiques ou artistiques dans des domaines où le digital et le matériel ne sont pas séparés. Le numérique permet d'ailleurs de tisser plus facilement des passerelles entre les champs d'observation.

INTERVENANTS



Alessandro VICARI



Bruno BACHIMONT



Judith NICOGOSSIAN



Barthélémy



Christine BROWAYES



Marie-Julie CATOIR-BRISSON



Valérie GOURANTON



Xianyi ZENG



Sultra



Xavier BOUJU



Bernard MONNIER

PROGRAMME

9h30-9h45	<i>Introduction de la journée</i>	<i>Christine BROWAEYS Bernard MONNIER</i>	<i>T3Nel MIM</i>
	La matérialité du numérique, une réalité technologique	<i>Bruno BACHIMONT</i>	<i>Directeur de la recherche et de la valorisation de la faculté des sciences et ingénierie de Sorbonne Université</i>
	Ce que peut la matière : quelques éléments de réflexion à l'échelle du nanomètre	<i>Xavier BOUJU</i>	<i>Directeur de recherche au CEMES-CNRS à Toulouse</i>
	Interactions humain / textile / environnement à l'ère digitale	<i>Xianyi ZENG</i>	<i>Directeur de la Recherche et du laboratoire GEMTEX à l'ENSAIT</i>
	De la techno-critique de l'informatique ubiquitaire à l'innovation sociale et numérique : vers une éthique créative des technologies	<i>Marie-Julie CATOIR-BRISSON</i>	<i>Maître de conférences en design et communication à l'Université de Nîmes</i>
	Entre corps humain et corps bâti : le rôle du traitement pariétal dans l'espace architectural	<i>Alessandro VICARI</i>	<i>Architecte. Chargé de cours, Séminaire Design, à l'École Polytechnique, Saclay</i>
	L'interaction avec des objets hybrides numériques pour le patrimoine culturel	<i>Valérie GOURANTON</i>	<i>Maître de Conférences, INSA Rennes, IRISA-Inria</i>
	Une exploration des élémentaires-composites : écriture numérique et matière imageante associée	<i>Sultra & Barthélémy</i>	<i>Artistes, chercheurs (hybridations matières/ digital)</i>
	Le « Phygital » : entre corps biologique et corps digital	<i>Judith NICOGOSSIAN</i>	<i>Anthropobiologiste à l'Institut des Neurosciences de Grenoble</i>
16h30-16h45	<i>Conclusion</i>		

SÉMINAIRE

L'IA EST-ELLE EXPLICABLE ?

17 octobre 2019
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :

Christophe DENIS (LIP6/Sorbonne Université)

Jean LATIERE

Julia PETRELLUZZI (Doctorante en Droit
et intelligence artificielle)

Avec la présence d'Etienne Klein



Christophe DENIS



Jean LATIERE



Julia PETRELLUZZI



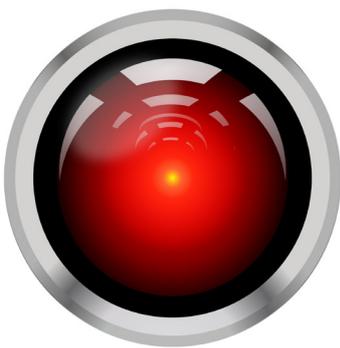
Etienne KLEIN

Ecole Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre ARAGO

L'IA est-elle explicable ?

Un coup d'œil furtif dans la boîte
noire des algorithmes de l'IA

Jeuudi 17 octobre 2019



Coordination scientifique :

- Christophe DENIS (LIP6/Sorbonne Université)
- Jean LATIERE
- Julia PETRELLUZZI (Doctorante en Droit et intelligence artificielle)



Renseignements, programme...
<https://www.association-aristote.fr/ia-est-elle-explicable/>

PRÉSENTATION

Depuis 2010, l'Intelligence Artificielle basée sur des techniques d'apprentissage machine a produit des résultats impressionnants, principalement dans les domaines de la reconnaissance des formes et du traitement du langage naturel. L'avantage opérationnel de l'utilisation des méthodes d'apprentissage automatique est reconnu, mais est entravé par le manque de compréhension de leurs mécanismes, à l'origine des problèmes opérationnels, juridiques et éthiques. Cela affecte grandement l'acceptabilité des outils d'intelligence artificielle, qui dépend en grande partie de la capacité des ingénieurs, des décideurs et des utilisateurs à en comprendre le sens et les propriétés des résultats.

En outre, la délégation croissante de prise de décision offerte par les outils d'intelligence artificielle rivalise avec les règles de gestion éprouvées des systèmes experts certifiés. Sans recherche d'explicabilité, l'apprentissage automatique peut donc être considéré comme un colosse aux pieds d'argile.

Le séminaire Aristote du 15 décembre 2018 « L'IA : un buzzword du moment, ou une avancée majeure pour le futur ? » a abordé la thématique de l'explicabilité. Ce prochain séminaire du 17 octobre 2019 sera consacré entièrement à la thématique essentielle de l'acceptabilité de l'IA. Il détaille d'un point de vue scientifique les enjeux de l'explicabilité de l'apprentissage machine et ses implications dans les domaines de la santé et de la justice.

INTERVENANTS



PROGRAMME

9h00-9h15	<i>Introduction de la journée</i>	Christophe CALVIN	ARISTOTE
9h15-9h45	L'IA va-t-elle modifier la notion d'explication ?	Alexei GRINBAUM	CEA IRFU
9h45-10h15	« Épistémologie des modèles et demandes d'explicabilité pour l'apprentissage machine »	Franck VARENNE Christophe DENIS	Université de Rouen Sorbonne Université
10h30-11h00	Explicabilité et éthique d'applications IA dans le domaine médical	Christophe DENIS Judith NICOGOSSIAN	Sorbonne Université Anthropologue
11h10-11h30	Apprentissage artificiel et interprétabilité pour la médecine de précision	Jean-Daniel ZUCKER	IRD
11h30-12h00	Interprétation d'images médicales : quelques travaux vers l'explicabilité	Céline HUDELLOT	Centrale Supélec
12h00-12h30	L'explicabilité, LA clé pour le déploiement d'IAs dans l'entreprise	Cloderic MARS	Craft-ai
DEEP LEARNING & IMAGERIE MÉDICALE		Issam IBNOUHSEIN	Quantmetry
14h00-14h30	Les limites des algorithmes de Deep Learning dans le domaine de l'imagerie médicale		
EMPATHIE, CONSCIENCE ET CRÉATIVITÉ DE L'IA		Serge TISSERON	Académie des Technologies
14h30-15h30	Les interactions de l'Intelligence artificielle avec son environnement, ses implications sociales et juridiques	Raja CHATILA Alain BENSOUSSAN	Sorbonne Université Cabinet Lexing Alain Bensoussan
	L'empathie à l'ère des machines parlantes	Serge TISSERON	Académie des Technologies
	Pourquoi l'IA ne peut avoir ni empathie, ni créativité ni conscience	Raja CHATILA	Sorbonne Université
ENJEUX ET DEFIS DU DÉPLOIEMENT DE L'IA DANS LA SANTÉ			
15h45-16h50	Intelligence artificielle et santé : quelle éthique dans son usage et quel partage des responsabilités	Delphine JAJAAR David GRUSON Dr Jacques LUCAS	Cabinet Jaafar Groupe Jouve Conseil National de l'Ordre des Médecins
	Un huron aux pays des algorithmes	Delphine JAJAAR	Cabinet Jaafar
	Les médecins à l'épreuve de l'IA en santé	Dr Jacques LUCAS	Conseil National de l'Ordre des Médecins
16h50-17h20	L'IA sera-t-elle capable de faire des « expériences de pensée » ?	Etienne KLEIN	CEA

SÉMINAIRE

RÉVOLUTION NUMÉRIQUE, RÉVOLUTION INDUSTRIELLE : ENJEUX 4.0 ?

21 novembre 2019
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :
Sonia Kiroff (MIM)
Bernard Monnier (MIM)



Bernard MONNIER



Sonia KIROFF

Ecole Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre BECQUEREL

Révolution numérique, révolution industrielle : enjeux 4.0 ?

Judi 21 novembre 2019



Coordination scientifique :

- Sonia KIROFF (MIM)
- Bernard MONNIER (MIM)

MIM Monnier
Innovation
Management



Renseignements, programme...
[https://www.association-aristote.fr/
revolution-numerique-revolution-industrielle-enjeux-4-0](https://www.association-aristote.fr/revolution-numerique-revolution-industrielle-enjeux-4-0)

PRÉSENTATION

La Révolution du numérique n'est plus annoncée, elle est bel et bien installée dans le monde industriel !...

Elle pousse les industriels à repenser leurs process de fabrication et à travailler sur l'agilité de leurs outils : automatisation, data, simulation, partenariat collaboration homme-machine, machine-machine sont les nouveaux piliers de l'industrie de demain.

La France est loin d'être absente de cette révolution. Elle a su se faire une place et s'ancrer à l'Europe au travers de liens stratégiques privilégiés avec nos voisins allemands notamment. Les technos hardware et software se sont mariées pour aboutir à des innovations remarquables, mais quels sont les retours très concrets, les impacts pour le business demain ?

Pour tenter de répondre à ces questions, nous nous appuyons sur des exemples de démarches déployées par des territoires (comme le Plateau de Saclay) ou des alliances (comme l'Alliance Franco-Allemande), pour démontrer cette progression ainsi que sur les témoignages des acteurs principaux depuis le monde académique, la recherche, l'éducation, à celui des grands comptes en passant par les PME et les startups.

Toutes les organisations seront mobilisées pour vous présenter ce qu'est devenue l'industrie et ce qu'elle deviendra dans la mouvance de ce que l'on appelle aujourd'hui l'Industrie 4.0 : une usine, nouveau monde d'objets qui parlent aux objets mais dans laquelle l'homme garde une place de choix...

INTERVENANTS



Eric PREVOST



Antoine LASNIER



Arnaud LEGRAND



Arnaud TUPINIER



Bruno GRANDJEAN



Grégoire FERRE



Estelle ISSA



Catherine SANJEU



Gewnaël GUILLEMOT



Jean-Marc CHATELANAZ



Mikaël CAMPION



Laurent MISMACQUE



Joël DE ROSNAY



Bernard MONNIER



Jordane RICHTER



Nathalie PUIGSERVER



Olivier RIBOUD



Paul-Guilhem MEUNIER



Pierre-Marie GAILLOT



Rémi LISSAJOUX



Sylvie BANCEL-LEGENDRE



Sophie DEYGAS



Sonia KIROFF



Valentina IVANOVA



Yoël OUAKNIN

PROGRAMME

9h05-9h25	La transformation des entreprises vers l'Industrie du Futur : repères clés	Pierre-Marie GAILLOT	CETIM
9h25-9h45	L'industrie 4.0 : le mythe et son utilité	Vincent CHARLET	La Fabrique de l'industrie
9h45-10h25	Keynote : De l'IA à l'intelligence humaine augmentée : impact sur l'entreprise du futur	Joel de ROSNAY	Scientifique, Ecrivain, Prospectiviste, Docteur ès Sciences, Conseiller du Président Universcience, Président exécutif de Biotics International
11h00-11h30	Présentation du Rapport « Plateformes d'accélération vers l'industrie du futur » remis au Premier ministre	Bruno GRANDJEAN	L'Alliance industrie du futur
11h30-11h40	L'accélérateur technologique franco-allemand de l'Industrie 4.0	Paul-Guillem MEUNIER	Académie franco-allemande
11h40-12h35	PITCHS PME STARTUP		
	Le territoire accélérateur de l'industrie 4.0	Estelle ISSA	Agence de développement Essonne
	La Réalité Virtuelle et la conception Industrielle : anticiper et optimiser !	Antoine LASNIER Jordane RICHTER	LIGHT & SHADOWS
	Logistique 4.0 : une solution IOT de localisation indoor/outdoor couplée à de l'IA	Mikaël CAMPION	DSI Global Services
	Simuler l'usine du Futur : de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique	Dr Catherine SANJEU	Armélio
	Utilisation de la blockchain dans l'IoT industrielle	André LEGENDRE	KALIMA
	Produire moins, vendre mieux avec l'industrie 4.0	Pierre de CHANVILLE	TEKYN
	Révolution industrielle - IA explicable, un enjeu majeur du 4.0	Yoel OUAKNIN	Craft.ai
	Energie 4.0 : l'intelligence artificielle au service d'une usine plus sobre en ressources	Arnaud LEGRAND	ENERGIENCY
	Cap vers l'industrie 4.0, éclairez collectivement vos réflexions et orientations stratégiques	Arnaud TUPINIER	Esprits Collaboratifs
14h00-14h50	PRÉSENTATIONS DES GRANDS COMPTES		
	Enjeux de l'Industrie du Futur	Grégorio AMEYUGO Valentina IVANOVA	CEA - LIST
	Exposé Dassault Systemes Airbus : Envol réussi grâce à la transformation numérique	Olivier LETEURTRE Sylvie BANCEL- LEGENBRE	Dassault Systemes Airbus France
	Exposé Thales Digital et 4ième révolution industrielle	Romain PROVOST Eric PREVOST	Thales Oracle
15h10-16h00	PRÉSENTATIONS DES GRANDS COMPTES		
	Industrie 4.0 : comment démarrer ?	Rémi LISSAJOUX	IBM
	Siemens et son écosystème pour une approche digitale à 360°	Laurent MISMACQUE	Siemens France
	Programme Full Track & Trace	Jean-Marc CHATELANAZ	Groupe Renault
	Faurecia's Industry 4.0 Journey	Grégoire FERRE	FAURECIA
	Production de Cosmétiques personnalisés en point de vente	Sophie DEYGAS	L'Oréal
16h40-17h00	PRÉSENTATIONS DES ORGANISMES DE FORMATION		
	L'INDUSTREET, Campus de L'Industrie du futur, une opportunité pour les entreprises et pour l'insertion des jeunes	Olivier RIBOUD	TOTAL
	Enseigner l'industrie du futur	Gwénaél GUILLEMOT	Institut de la Réindustrialisation
17h15-17h30	Avocat 4.0 ?	Me Nathalie PUIGSERVER	P3B Avocats
17h30-17h45	Médicament, corps digital et futur du soin : un rêve de l'industrie 4.0 de la santé pour demain ?	Dr Judith NICOGOSIAN	Anthropologue, Directeur Scientifique chez Lucine

SÉMINAIRE

UN CHECK-UP DE L'IA POUR LA SANTÉ NUMÉRIQUE, C'EST GRAVE DOCTEUR(S) ?

27 février 2020
À l'école Polytechnique

Coordination scientifique :

Judith Nicogossian (Anthropologue)
Christophe Calvin (CEA)
Christophe Denis (LIP6/Sorbonne Université)



Christophe DENIS



Judith NICOGSIAN

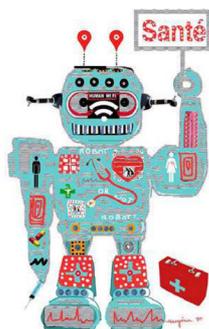


Christophe CALVIN

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre ARAGO

Un check-up de l'IA
pour la santé numérique,
c'est grave docteur(s) ?

Judi 27 février 2020



Coordination scientifique :

- Judith Nicogossian (Anthropologue)
- Christophe Calvin (CEA)
- Christophe Denis (LIP6/Sorbonne Université)



Renseignements, programme...
<https://www.association-aristote.fr/un-check-up-de-lia-pour-la-sante-numerique-cest-grave-docteurs>



PRÉSENTATION

En avril 2018, la FDA (Food and Drug Administration) donne le coup d'envoi de la compétitivité internationale de l'usage de l'IA diagnostique en santé en autorisant une IA à poser un diagnostic dans le domaine de la rétinopathie diabétique, en l'absence de la présence d'un expert humain. Cette décision soulève beaucoup de questions sur (i) les potentialités de l'outil, et notamment, la perspective de devoir repenser la formation en santé en intégrant le tiers technologique autonome dans la relation médecin-malade, et à la lumière des connaissances sur le facteur humain.

De même, (ii) la question de l'efficacité et des limitations d'une IA diagnostique se pose, d'un point de vue technique, mais également éthique et juridique, notamment, celle stratégique de la question de la souveraineté des données de santé.

Enfin (iii) nous interrogeons l'IA diagnostique en santé à portée civilisationnelle. S'agit-il d'une innovation disruptive ou d'une (simple) perspective incrémentale ? Quelle est la posture à adopter, entre fantasme et intérêt ? Car finalement, cet IA diagnostique, au mieux, ne devrait-elle pas intégrer à la programmation les valeurs et les besoins réels des patients en respect d'une alliance thérapeutique nécessaire à la relation de soin ?

Cette journée fait suite à trois séminaires déjà organisés autour de l'IA et/ou de la santé :

Le séminaire du 31 mars 2017, « Médecine exponentielle, vie exponentielle » dont le sujet principal concernait l'apport du numérique au sens large pour la médecine d'aujourd'hui et de demain.

Le séminaire Aristote du 15 décembre 2018 « L'IA : un buzzword du moment, ou une avancée majeure pour le futur ? » a abordé la thématique de l'explicabilité.

Le séminaire du 17 octobre 2019 consacré à la thématique de l'acceptabilité de l'IA, qui a détaillé d'un point de vue scientifique les enjeux de l'explicabilité de l'apprentissage machine et ses implications dans les domaines de la santé et de la justice.

INTERVENANTS



Christophe DENIS



Judith NICOGOSSIAN



Nicolas PONS



Guy VALLANCIEN



Loïc ETIENNE



Pierre-Arnaud GOURRAUD



Bénédicte POUMAREDE



Nicolas PIVERT



Christophe CALVIN



Alexandre TEMPLIER



Antoine TESNIERE



Audrey CHAVAS



Alain LEGENDRE



Edouard KLEINPETER



Frédéric LANDRAGIN



Bénédicte BEVIERE-BOYER



Amine LOUATI



Arthur ANDRE



Bénédicte BEVIERE-BOYER



Denis CAROMEL

PROGRAMME

9h00-9h15	<i>Introduction de la journée</i>	Christophe CALVIN	Prés. Association Aristote, CEA
9h15-10h00	Keynote	Guy VALLANCIEN	Chirurgien, universitaire,
10h00-10h15	Débat avec la salle		Membre de l'Académie Nationale de médecine Fondateur et Président CHAM
LES POTENTIALITÉS			
10h30-11h00	« La clinique des données »	Pierre Antoine GOURRAUD	Professeur des universités, Praticien hospitalier (CHU Nantes)
11h00-11h30	« Le numérique au service de la maîtrise et de l'optimisation des rayonnements ionisants en santé »	Bénédicte POUMARÈDE	Resp PF DOSEO
11h30-12h15	<i>Table ronde :</i> A la lumière de l'IA : Faut-il revoir la formation en santé ? & Comment intégrer les connaissances au sujet du Facteur humain	Christophe DENIS Audrey CHAVAS Arthur ANDRÉ Bruno PATIN Nicolas PIVERT Antoine TESNIÈRE	Modérateur Safety & Resource Management Neurochirurgien Dassault Dir groupe Vasculaire et Cardiaque du groupe Medtronic iLumens
LES LIMITATIONS			
13h15-13h35	L'éthique de l'éthique de l'Intelligence Artificielle	Christophe DENIS	Sorbonne Université, LIP6
13h35-13h55	MetaGenoPolis INRAE Plateform, Machine Learning & ActiveEon Orchestration On-Prem and On-Clouds	Nicolas PONS Sebastien FROMENTIN Denis CAROMEL Amine LOUATI	INRA ActiveEon
13h55-14h15	Exploitation des données numériques des patients et recours systématique aux GAFAM	Alexandre TEMPLIER	QUINTEN - Trusted AI for growth
14h15-14h35	Le défi d'un écosystème juridique adapté aux spécificités du numérique en santé	Bénédicte BÉVIÈRE-BOYER	Maître de conf Paris 8 Droit privé et sciences criminelles
14h35-14h55	Vision juridique des limitations/freins de l'IA pour la santé – aspects souveraineté	Alain LEGENDRE	Avocat
14h55-15h25	Débat avec la salle		
PORTÉE CIVILISATIONNELLE			
15h45-16h15	Qu'est-ce que l'IA pour le diagnostique ? Comment l'inscrire dans la relation médecin-patient ?	Loïc ETIENNE	Président Medvir
16h15-16h45	Phygitel : l'impact en santé des dispositifs du numérique sur le vivant	Judith NICOGOSSIAN	Anthropologue
16h45-17h15	<i>Table ronde :</i> "Perspectives incrémentales ou disruptives" ?	Audray CHAVAS Loïc ETIENNE Frédéric LANDRAGIN Edouard KLEINPETER	Modératrice Président Medvir CNRS Laboratoire LATTICE Informaticien GREThA Université de Bordeaux
17h15-17h45	Entretien	Stuart PLUEN CALVO Raphaël GRANIER DE CASSAGNAC	Directeur du recueil de nouvelles "Demain la santé" (Éditions La Volte) Chercheur en physique des particules et auteur de science fiction

WEBINAIRE

WHERE IS THE QUANTUM COMPUTER REVOLUTION IN FRANCE ? : START-UPS IN SIGHT

5 novembre 2020
En ligne

Coordination scientifique :
Elvira Shishenina (QuantX)
Christophe Calvin (CEA)
David Menga (EDF)



Elvira SHISHENINA



David MENGA



Christophe CALVIN

Webinaire en anglais

Where is the quantum
computer revolution in France ? :
start-ups in sight

Jeudi 05 novembre 2020



Coordination scientifique :

- Elvira Shishenina (QuantX)
- Christophe Calvin (CEA)
- David Menga (EdF)



Renseignements, programme...
<https://www.association-aristote.fr/ou-en-est-la-revolution-de-lordinateur-quantique-en-france-les-start-ups-en-vue/>

PRÉSENTATION

How to produce a quantum computer, what are the most promising technologies to perform useful calculations with precision, what can be done now with these technologies ?

With the Quandela unit photon sources
With the rubidium atoms magnetically confined and cooled to 30 μ K by a Pasqal Doppler laser
With the spin of Diamfab NV centers
With carbon nanotubes from C12 Quantum Electronics and Alice & Bob's error-correcting technology

PROGRAMME

- **Pierre DESJARDINS**
CEO & co-founder at C12 Quantum Electronics
- **Constantin DALYAC**
R&D Quantum Software Engineer at PASQAL
- **Gauthier CHICOT**
CEO & founder at DiamFab
- **Théau PERONNIN**
CEO & co-founder at Alice & Bob
- **Shane MANSFIELD**
Head of Quantum Algorithms at Quandela

WEBINAIRE

LA CELLULE NATIONALE DE VEILLE SUR LES FORMATS

4 et 10 novembre 2020
En ligne

Coordination scientifique :
Lorène Bechard
Mélanie Rebours

PRÉSENTATION

Constituée sous l'égide de l'association Aristote et plus précisément du groupe PIN (Préservation de l'Information Numérique), la cellule Formats est née en 2019, d'une volonté de créer un espace national de réflexion et d'échanges sur la problématique des formats de fichiers. Elle regroupe plus d'une dizaine d'institutions publiques, en majorité d'envergure nationale : BnF, CINES, Archives nationales, SIAF, Huma-Num, Ministère des affaires étrangères, Ministère des armées, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, INA, programme VITAM, CEA, département de la Moselle, ainsi que des acteurs du secteur privé : Mintika, ou des experts invités.

Depuis un an, leurs travaux se sont organisés autour de quatre axes : constituer une base de connaissances sur les formats et les expertises, recenser les outils existants, réfléchir aux stratégies de conservation, et travailler sur le partage des ressources pour s'inscrire dans une échelle internationale.

A l'occasion du premier anniversaire de la cellule, ses membres souhaitent vous présenter les premiers livrables issus de leurs réflexions communes.

La séance inaugurale, qui s'est tenue le 4 novembre 2020, est l'occasion de présenter la cellule, ses enjeux et ses dynamiques actuelles. La seconde séance, du 10 novembre, est revenu sur les axes de travail en détaillant les livrables réalisés : l'annuaire des expertises, le recensement et la méthodologie d'analyse des formats dans diverses institutions, les traductions effectuées, et l'enrichissement de Wikidata avec la classification COPTR.

Webinaire PIN-Formats

**Webinaires de présentation
de la Cellule Nationale
de Veille sur les Formats ?**

**Mercredi 4 et
Mardi 10 novembre 2020**



Coordination scientifique :



Renseignements, programme...
<https://www.association-aristote.fr/webinaires-de-presentation-de-la-cellule-pin-formats/>



BILAN

& PERSPECTIVES

BILAN DES ANNÉES 2019-2020

Le cycle des séminaires de l'année 2019, au nombre de six, poursuit la politique d'ouverture de l'Association sur l'ensemble des sujets de société touchés par le numérique : la blockchain, l'exascale, le digital et la matière, l'IA explicable, l'industrie 4.0 ou encore les incertitudes en mécanique déterministe. 2019 a été une année riche pour le groupe PIN (Pérennisation de l'Information Numérique) avec une session plénière, une formation mais également la mise en place d'une cellule de veille sur les formats en lien avec le programme interministériel d'archivage numérique VITAM. Le succès grandissant des activités du groupe PIN montre non seulement l'intérêt autour de la problématique de la pérennisation de l'information numérique que la reconnaissance d'ARISTOTE et de PIN sur cette thématique.

Les six séminaires rencontrent un vif succès avec en moyenne plus de 60 participants et un comité de programme, le CPG, toujours très actif et qui propose des thèmes toujours aussi variés et d'actualité. Il faut le souligner une nouvelle fois, la dynamique d'ARISTOTE n'est rendue possible que par l'investissement de ses membres et la volonté et la passion qui animent la communauté et notamment les porteurs des séminaires.

L'année 2020 est une année particulière à plus d'un titre. Comme beaucoup, la crise sanitaire a eu un impact très important sur le fonctionnement de l'Association. Si toutes les réunions et instances de l'Association (CA, AG, CPG, bureau) ont pu basculer en distanciel rapidement, la vocation principale de l'Association est l'organisation de séminaires pour échanger sur des grands thèmes touchant au numérique. Ainsi, à partir du mois de mars, il a fallu s'adapter et proposer de nouveaux formats aux adhérents afin de poursuivre l'activité d'Aristote.

Début 2020, nous avons pu organiser un séminaire en présentiel fin février à l'École Polytechnique (« UN CHECK-UP DE L'IA POUR LA SANTÉ NUMÉRIQUE, C'EST GRAVE DOCTEUR(S) ? ») qui faisait suite à un 1er séminaire sur le numérique en santé en 2017 et deux autres séminaires autour de l'Intelligence Artificielle. Le programme scientifique du reste de l'année a dû être revu pour tenir compte des conditions sanitaires. Outre les aspects logistiques, avec l'acquisition d'une solution digitale pour l'organisation de webinaires, c'est le format des séminaires qu'il a fallu revoir profondément. En effet, si un séminaire peut durer toute une journée et ainsi aborder toutes les facettes d'un sujet, il n'en est pas de même pour les webinaires où il est difficile de capter l'attention au-delà de 2 heures. Nous avons donc opté pour un format constitué d'une série de webinaires courts traitant d'un même thème. Ainsi le séminaire initialement prévu sur les technologies quantiques s'est transformé en une série de 3 webinaires : le premier en novembre 2020 en collaboration avec l'Association QuantX (« WHERE IS THE QUANTUM COMPUTER EVOLUTION IN FRANCE ? : START-UPS IN SIGHT»), Suivi d'un deuxième début 2021 en collaboration avec QuantX et SYSTEMATIC (« QUANTUM INTERNET »). Ce cycle se terminera fin 2021 pour aborder le troisième pilier des technologies quantiques : les capteurs.

Ces webinaires ont connu un vif succès puisqu'ils ont rassemblé plus d'une centaine de participants en direct et nous ont rassuré sur la transformation numérique de notre nouveau format de séminaire : même si la forme a changé, l'intérêt des « Aristotiens » fut toujours présent.

Je disais en introduction que l'année 2020 fut particulière à plus d'un titre. Le 2ème évènement marquant de 2020 fut très certainement l'accroissement de l'activité du Groupe de Travail PIN (Pérennisation de l'Information Numérique) avec la création d'une cellule dédiée à un travail de fond sur les formats d'archivage : « La cellule nationale de veille sur les formats ». Le GT PIN et la cellule ont été très actifs tout au long de l'année de 2020 avec l'organisation de deux webinaires rassemblant plus de 100 participants à chaque fois, webinaires dédiés à la présentation de la cellule.

Cette très forte activité du GT PIN a également permis d'attirer de nouveaux adhérents à l'Association et de développer largement l'action d'ARISTOTE dans le domaine de la pérennisation de l'information numérique, positionnant ainsi l'Association via la GT PIN comme un acteur national d'importance sur le sujet.

PERSPECTIVES 2021

L'année 2021 se poursuit sur la lancée de 2020. Malheureusement, l'Association n'a pas repris son rythme de croisière et nous poursuivons nos efforts pour continuer notre activité. L'organisation de webinaires lancée avec succès l'an passé va se poursuivre avec comme objectif de faire des webinaires introductifs à différents sujets que nous pourrions traiter, soit sous forme d'une série de webinaires, soit comme nous l'espérons en présentiel dès que les conditions sanitaires le permettront.

Les idées de séminaires ne manquent pas avec des sujets tous plus passionnants les uns que les autres : systèmes complexes, le cerveau face au numérique, la finance réinventée, la transition numérique et énergétique, science et conscience, le management des organisations face au numérique, le facteur humain ... Une année ne suffira pas à les traiter tous. Ce grand nombre de thèmes est une nouvelle preuve de la vitalité de l'Association et de ses membres actifs.

Nous travaillons donc, forts de l'expérience de l'an passé et pour préparer au mieux l'avenir à multiplier les formats : les webinaires que nous avons mis en place du fait des contraintes sanitaires sont un succès, nous comptons les poursuivre en complément de nos traditionnels séminaires en présentiel.

Nous avons également commencé à travailler sur la mise en place d'une programmation scientifique pluriannuelle que nous comptons enrichir à l'aide de propositions de thèmes issus de nos adhérents. L'idée étant d'avoir une plus grande visibilité, de mieux tenir compte des priorités de nos adhérents et de renforcer la participation de la communauté ARISTOTE.

Nous retrouvons ainsi les grands thèmes liés au numérique d'aujourd'hui et de demain (sciences du numérique, nouveaux concepts et nouvelles technologies, maîtrise de la complexité, les technologies du numérique dans un monde globalisé, nouvelles utilisations des technologies numériques, la main d'œuvre à distance ...) et qui serviront de base à un appel à contribution.

*Christophe CALVIN
Président d'ARISTOTE
(Juin 2021)*

PRÉSENTATION

DES GROUPES DE TRAVAIL

GROUPE PIN

LES FORMATIONS

FORMATION SEPTEMBRE 2019

PÉRENNISATION ET COMMUNICATION DE L'INFORMATION NUMÉRIQUE

Depuis plus de quinze ans, l'équipe pilote du groupe Pérennisation des Informations Numériques (PIN) propose une formation sur la pérennisation et la communication de l'information sous forme numérique. Cette formation réunit chaque année une dizaine à une vingtaine de stagiaires qui désirent se former sur ces problématiques. Elle est conçue par un groupe d'experts, professionnels en charge de la pérennisation d'information numérique dans des contextes variés (archives et bibliothèque nationale, organismes scientifiques, entreprises...). Au sein de l'association Aristote, ces professionnels partagent, pour certains depuis 20 ans, leurs expériences et leur savoir-faire dans le groupe PIN.

Par cette formation, le groupe PIN propose à tous les professionnels confrontés à la question de la pérennisation des données numériques : informaticiens, documentalistes, gestionnaires ou administratifs, etc., des solutions fondées sur des expériences concrètes.

La session 2019 s'est déroulée du 9 au 13 septembre à l'IDRIS-CNRS (Campus Universitaire d'Orsay) pour la deuxième fois. Elle a permis de former 12 stagiaires.

En 2020, les conditions sanitaires liées à la pandémie nous ont contraint d'annuler la session. Une session est prévue en 2021 du 13 au 17 septembre.

LES RÉUNIONS PLÉNIÈRES PASSÉES

2020 a clos un cycle sur l'archivage des Données de Recherche qui s'est déroulé sur 2 ans (2019-2020); tous les aspects y ont été abordés depuis la conception (plan de gestion, formats...) jusqu'à des solutions mises en œuvre par certaines institutions. Ce cycle s'inscrit dans une démarche nationale d'ouverture des données publiques (Etatlab, sciences Ouverte) et de Big Data.

PRÉSENTATION D'UNE SOLUTION DEVENUE INCONTOURNABLE DANS LE PAYSAGE ARCHIVISTIQUE FRANÇAIS : VITAM

Le programme Vitam (Valeurs immatérielles transmises aux archives pour mémoire) est un projet porté par trois ministères : Ministère de l'Europe et des affaires étrangères (MEAE), Ministère de la Culture (MC) et le ministère des Armées (MA) qui ont mutualisé leurs efforts pour répondre ensemble à l'enjeu de l'archivage numérique tout au long de leur cycle de vie.

Le programme a été lancé officiellement le 9 mars 2015 sous le pilotage de la direction interministérielle du numérique et du système d'information et de communication de l'État (DINSIC) et du Comité interministériel aux Archives de France (CIAF).

Le programme Vitam a 3 objectifs :

- La réalisation de la solution logicielle libre Vitam d'archivage numérique permettant la prise en charge, la conservation et la consultation sécurisée de très gros volumes d'archives numériques définitives, intermédiaires, voire courantes ;
- La mise en place de plate-formes d'archivage utilisant la solution logicielle Vitam, dans chacun des trois ministères, via les projets ministériels : Saphir (MEAE), Adamant (MC/Archives nationales) et Archipel (MA) ;
- La diffusion et la réutilisation la plus large de la solution logicielle Vitam, en favorisant et fédérant l'ensemble des actions de soutien financier, de sensibilisation et d'accompagnement en matière d'archivage numérique au-delà des trois ministères porteurs du programme, via les partenariats et le projet Ad-Essor (MC/Service interministériel des Archives de France).

VITAM est rapidement devenu une solution incontournable dans le paysage archiviste français. Deux réunions plénières, les 5 février et 13 juin 2019, lui ont été consacrées. Une première réunion a été consacrée à la présentation des projets des porteurs : Archipel, Adamant et Saphir. Une seconde a été l'occasion de dresser un état des lieux (avant/après Vitam) et présenter d'autres projets d'utilisation de la solution logicielle.

Ces présentations s'inscrivent, également, dans une volonté du groupe de proposer à chaque plénière une présentation de plateforme opérationnelle, publique ou commerciale.

LES FORMATS DE FICHER ET PLAN DE GESTION DE DONNÉES

Cette réunion, qui a eu lieu le mardi 26 novembre 2019, s'est concentrée plus particulièrement sur les formats de fichier et plan de gestion de données. Avec une première présentation des activités et des premiers résultats de la cellule de veille sur les formats, elle a permis de traiter un retour d'expérience, l'actualité sur les images en 3D en première partie de réunion.

La seconde partie a été consacrée aux plans de gestion de données avec une présentation des concepts, les bonnes pratiques FAIR et d'un cas d'utilisation.

TRI D'ARCHIVAGE

Initialement prévue le 9 mars 2020, cette réunion a été annulée à cause des premières mesures sanitaires prises alors et par conséquent de l'incertitude de pouvoir maintenir la réunion.

Elle devait considérer la question des solutions de tri d'archives - notamment le « vrac » bureautique - avant versement dans un système d'archivage électronique (SAE). Il s'agissait de traiter de la préparation de paquet de versement au travers de la présentation des logiciels : Archifiltre, Octave, Resip.

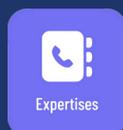
LES CELLULES FORMATS

La cellule nationale de réflexion et d'échanges sur la problématique des formats de fichiers est née en 2019 de la difficulté des institutions en charge de la préservation de données à appréhender les questions autour de la lisibilité des fichiers numériques.

Constituée sous l'égide du groupe PIN, elle regroupe plus d'une dizaine d'institutions publiques dont la pérennisation numérique est une part importante de l'activité ou qui ont des besoins importants pour la préservation de leur patrimoine numérique ainsi que des acteurs du secteur privé ou des experts invités.

Les objectifs de cette cellule sont multiples et ambitieux : mutualiser les savoir-faire et expertises sur les formats de fichiers, produire des recommandations concrètes et diffusables afin de servir d'aide à la décision dans la mise en place des politiques de préservation des établissements, diffuser de l'information, mutualiser la veille, contribuer et influencer sur les outils, être un relais entre l'échelon national et l'échelon international.

Quatre axes de travail ont été identifiés et ont donné naissance à quatre sous-groupes de travail :



IDENTIFICATION DES PERSPECTIVES

L'objectif de ce sous-groupe est de constituer et maintenir un annuaire des expertises sur les différents formats, qui puisse consolider en priorité l'expertise française. Il a aussi vocation à identifier les expertises internationales.

En 2020, un premier annuaire des expertises publiques françaises a été établi. Il est structuré selon la classification établie par COPTR (Community Owned digital Preservation Tool Registry) en lien direct avec le périmètre de la cellule et en cohérence avec les travaux du sous-groupe « Outils et corpus ». Il est présenté par organisme plutôt que par personne, afin d'assurer la stabilité des contacts.



OUTILS ET CORPUS DE TESTS

L'objectif de ce sous-groupe est d'une part de recenser des corpus de fichiers pouvant être réutilisés et d'autre part d'élaborer un registre sur les différents outils qui servent de près ou de loin à la préservation numérique.

En 2019 et 2020, le sous-groupe a proposé un premier recensement des corpus réutilisables. De plus, il a initié cette classification des outils en se basant sur le registre COPTR, via un référencement dans wikidata, afin d'apporter visibilité, enrichissement participatif, description multilingue et capitalisation des apports venant d'autres communautés.



STRATÉGIES DE CONSERVATION ET CONNAISSANCE DES FORMATS

L'objectif de ce sous-groupe est de proposer une méthodologie pour recenser les formats existants dans les institutions de conservation, et de synthétiser les informations disponibles sur certains formats afin de mieux comprendre comment il est possible de les conserver sur le long terme.

Les premiers travaux ont porté sur l'élaboration d'une grille de recensement des formats et la définition de critères de pérennité des formats, grâce à une synthèse des travaux de grandes institutions de conservation en France et à l'étranger.



TRADUCTION

L'objectif de ce sous-groupe est de traduire en français la documentation de référence et, à terme, de proposer des traductions des ressources de référence produites en France. Deux ressources internationales ont été traduites en 2019-2020 et mise à disposition de la communauté.

Les travaux et livrables réalisés par la cellule format sont accessibles sur une page web dédiée sur le site web d'Aristote : <https://www.association-aristote.fr/cellule-format/>

La cellule ainsi que ses premières réalisations ont fait l'objet de deux webinaires en novembre 2020 qui ont rassemblé chacun plus de 200 participants.

PERSPECTIVES

PIN - LES 20 ANS !

En 2020, le groupe de travail sur la pérennisation de l'information numérique dit groupe PIN avait 20 ans. En effet, ce groupe est né suite à la réunion du 28 août 2000 organisée à l'initiative de Claude Huc (CNES) afin de présenter le modèle OAIS à plusieurs institutions, incluant notamment le CEA, la BnF, la Direction des Archives de France, concernées par la problématique de préservation du patrimoine numérique culturel ou scientifique. Porté par Claude Huc (aujourd'hui membre d'honneur de l'association Aristote), il est rejoint par Françoise Banat-Berger (SIAF) pour co-coordonner les actions du groupe PIN ; notamment les 3 à 4 réunions plénières sur des sujets aussi variés que la problématique des formats, le stockage ou les impacts sur les organisations. Avec Laurent Duploux (BnF) qui rejoint le groupe en 2004, ils rédigent un ouvrage *L'archivage numérique à long terme les débuts de la maturité ?* (Paru à la Documentation française en 2009).

L'association Aristote a souhaité célébrer cet événement par l'organisation d'un séminaire rétrospectif et prospectif qui aura lieu au grand auditorium de la BnF le 2 décembre 2021, intitulé « LES DONNÉES NUMÉRIQUES, UNE ESPÈCE EN VOIE D'EXTINCTION ? » Rétrospectif par les interventions d'Olivier Rouchon (CINES) qui retracera les évolutions des technologies et des savoir-faire sous le prisme des 20 ans de réunions thématiques sur la préservation numérique du groupe PIN, et de Céline Guyon (AAF) qui reviendra sur la transformation des pratiques de l'archivage électronique de la carte perforée aux données. Ce séminaire sera également prospectif par la présentation de travaux sur l'émulation des documents interactifs ou l'utilisation de l'ADN pour le stockage de données. Enfin, une table ronde animée par Nicolas Larrousse (Huma-Num) clôturera ce séminaire. Elle réunira des personnalités comme Bruno Bachimont (philosophe et informaticien, enseignant-chercheur à l'université de technologie de Compiègne, spécialisé dans les domaines de la logique, de l'informatique documentaire et la philosophie du numérique), Emmanuelle Bermès (Adjointe scientifique et technique au Directeur des services et des réseaux – BNF), Ugo Bienvenu (réalisateur et dessinateur français, auteur de Préférence système), Roberto di Cosmo (Directeur de l'initiative Software Heritage, membre de l'Institut de Recherche en Informatique Fondamentale, directeur de Initiative de Recherche et Innovation sur le Logiciel Libre).

ANNEXES

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Becquerel

Séminaire

Jeudi 21 février 2019

Mécanique déterministe ou incertitudes :

Où en est-on avec $F = My$? Ça passe ou ça casse ?



Rover Curiosity sur Mars en action depuis 2 ans



Pont de Gènes après l'accident de l'été 2018

Coordination scientifique :

- Alain Forestier (CEA)
- Thiên-Hiêp Lê (ONERA)



Renseignements, programme...

http://www.association-aristote.fr/doku.php/sem_meca_inser#programme

aristote

À la croisée des révolutions numériques

MÉCANIQUE DÉTERMINISTE OU INCERTITUDES : OÙ EN EST-ON AVEC $F= M\Gamma$? ÇA PASSE OU ÇA CASSE ?

Séminaire Aristote,
21 février 2019 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Alain Forestier (CEA) et Thiên-Hiêp Lê (ONERA)

INTRODUCTION

Alain Forestier, CEA

Alain Forestier, qui a organisé ce séminaire Aristote avec Thiên-Hiêp Lê (ONERA), introduit la journée. Il lit quelques passages d'un document de C. Marchal (X 58) sur Henri Poincaré et la mécanique déterministe. Pour ce mathématicien, avec les mêmes conditions initiales et les mêmes conditions aux limites, on doit arriver au même résultat. La mécanique céleste en est le parfait exemple avec la découverte de Neptune en 1846. C'est généralement le cas pour des modèles utilisant les équations différentielles. Mais il note que la stabilité d'un phénomène est essentielle dans la détermination d'un phénomène déterministe. La sensibilité aux conditions initiales apparaît très souvent. La théorie cinétique des gaz utilise des éléments statistiques, tant le nombre d'Avogadro est grand. Le déterminisme classique est aujourd'hui mélangé au hasard. Que sait-on faire dans la mécanique déterministe en liaison avec les incertitudes ? C'est le sujet du séminaire d'aujourd'hui.

USAGE DE LA SIMULATION DANS LA PREDICTION DES RISQUES TELLURIQUES

Evelyne Foerster, CEA

Evelyne Foerster, directrice de l'Institut SEISM, un groupement d'intérêt scientifique créé par le CEA, EDF, l'Ecole Centrale Paris, l'Ecole Normale Supérieure de Cachan et le CNRS, fait une introduction à la mécanique déterministe tandis que les intervenants ultérieurs appuieront sur les incertitudes, dans les mouvements de terrains, induits ou non par les séismes.

Elle pose la question des conséquences des risques telluriques sur les bâtiments et les infrastructures. L'enjeu est d'anticiper ces conséquences pour éviter les pertes économiques et surtout humaines. Le séisme d'Hokkaido (2018) a créé de nombreuses perturbations sur les terrains et certains séismes sont sources de tsunamis qu'il faut évaluer. Sur les sites industriels comme une centrale nucléaire (Niigata, 2007), les accélérations dépassent l'estimation à cause d'amplification locale que l'on n'avait pas prévue.

Il faut donc évaluer et quantifier les processus générateurs de l'aléa à toutes les échelles et anticiper les conséquences potentielles. Les simulations sont nécessaires pour quantifier les processus à toutes les étapes. On a besoin d'une approche intégrée avec les observations et les modèles physiques. Il faut une base de données historiques des événements pour évaluer l'aléa et la vulnérabilité.

Pour un séisme, il faut connaître la source, modéliser la propagation même à très large échelle afin de comprendre ce qui peut arriver sur les sites cibles. Il faut aussi connaître les

effets de sites et les effets sol-structure. Ensuite les chercheurs s'intéressent à la vulnérabilité des ouvrages. Comme c'est une approche intégrée, il faut des compétences en science de la Terre, en ingénierie, en mathématiques appliquées et en informatique scientifique. C'est ce que fait Evelyne Foerster à l'institut SEISM.

Elle revient sur les calculs sismiques physiquement réalistes qui nécessitent des méthodes de dynamique transitoire 3D et de la précision pour discrétiser les longueurs d'ondes afin de calculer les signaux qui se propagent dans les milieux traversés. Pour optimiser les simulations, il faut de la parallélisation et des méthodes de modélisation avancées comme les métamodèles ou la réduction de modèle. Elle vante la méthode des éléments spectraux, qui selon elle, a beaucoup d'avantages. Elle est facile à paralléliser, est plus rapide que la méthode des éléments finis et donne aussi une meilleure précision. En revanche, elle n'est pas adaptée aux géométries complexes et il est difficile d'introduire des discontinuités comme les failles. Elle n'est donc utilisée que pour la propagation d'ondes.

Evelyne Foerster montre alors des exemples de simulation à large échelle afin d'en montrer les limites. Le premier exemple est le scénario sismique sur la région de Pointe-à-Pitre (Guadeloupe). La simulation avec la méthode des éléments spectraux a tenu compte de la faille du Gosier qui peut générer des séismes jusqu'à une magnitude de 6 environ et affecter la ville de Pointe-à-Pitre. Le bloc de 40 km par 30 km par 30 km comportait 8,2 millions d'hexaèdres. La durée du séisme était fixée à 30 secondes avec 120 000 pas de temps avec une fréquence maximale de 5 Hz, ce qui était limitant. Elle disposait d'un modèle géologique 3D détaillé local et a comparé un modèle 1D au modèle 3D. Le 1D, qui souvent utilisé en pratique, ne voit pas les réflexions de surface et sous-estime les dommages possibles.

Dans un autre projet (Sinaps) sur la centrale nucléaire de Kashiwasaki Kariwa (Japon), lors du séisme de juillet 2007, l'institut SEISM a pu simuler toute la chaîne en prenant en compte les nombreuses répliques avec la méthode des éléments spectraux sur une boîte de 91 km x 83 km x 82 km et une fréquence maximale de 5 Hz. Le modèle régional a été couplé avec un modèle géologique local avec des hypothèses sur la présence éventuelle d'un plissement de terrain sous la centrale. La simulation montre que l'impact de ces plissements n'est pas négligeable et qu'ils sont mieux représentatifs de la réalité.

Enfin, un dernier exemple est pris dans la région de Nice (sources en mer ou dans l'arrière-pays). La méthode des éléments finis n'est pas adaptée à l'impact sur les infrastructures

(fréquence maximale 1 Hz). Pour les glissements de terrains, Evelyne Foerster indique les simulations effectuées sur celui de Corniglio dans le Piémont italien (séisme octobre 1996, pluies intenses en novembre 1996). Elle a regardé comment la prise des comptes des hautes fréquences reproduit mieux les dégâts occasionnés et a modélisé le glissement avec des simulations statiques viscoélastiques avec la méthode des éléments finis ou avec l'approche St Venant (modèle de friction de Coulomb à la base de la couche fluide avec prise en compte de l'évolution de la pression interstitielle). Cette dernière est plus proche de ce qui a été observé.

LES SEISMES : CATASTROPHES IMPREVISIBLES AUX CONSEQUENCES INCERTAINES ?

Jean-François Semblat, ENSTA-ParisTech

Il est encore question de séismes avec Jean-François Semblat, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ParisTech) à Palaiseau (Essonne). Il montre la répartition des séismes autour du Globe en notant qu'ils sont d'autant plus rares qu'ils sont intenses. Ainsi, entre 1973 et 2012, il n'y eut que deux séismes de magnitude 9. Celui de Tohoku (mars 2011) se situait en mer, ce qui génère des incertitudes sur les mesures de l'épicentre. La variabilité spatiale de l'accélération est grande. Elle était de 2,7 G en face du séisme. Peut-on prévoir de tels événements, comme le font les météorologues, se demande-t-il ? Avec le système GPS on peut détecter les mouvements lents en surface mais pas en profondeur. Tant que l'on n'aura pas cela, on ne sera pas capable de prévoir les tremblements de terre. Il faut des radars géologiques pour voir l'état des contraintes et savoir caractériser les failles. C'est un milieu solide avec des liquides interstitiels. Sur le Globe, on voit des zones de concentration à plus de 100 km de profondeur. Ce sont les limites de plaques. À l'intérieur des continents, c'est plus aléatoire. Les séismes peuvent aussi se suivre temporellement comme le montre la faille nord-anatolienne dont les séismes se déplacent d'est en ouest depuis 1939 et se rapproche d'Istanbul.

Une autre question est l'identification des sources. L'épicentre du séisme de Sumatra a été déduit de par les ondes reçues par les sismographes répartis sur le territoire japonais. La loi de Gutenberg-Richter montre qu'il y a 10 fois moins de séismes de magnitude 7 que de magnitude 6. Cela se vérifie. On a besoin d'étudier les séismes passés. Pour le séisme de 1887 en Ligurie, on a des cartographies des destructions, ce qui permet de remonter aux mouvements des sols et à la source

du séisme. Mais il y a évidemment des incertitudes.

Il y en a aussi dans la propagation des ondes, car les structures géologiques en surface interviennent. Sur les rochers l'amplitude est faible alors qu'elle est forte sur des sédiments. C'est ce que montre la région de Grenoble. En profondeur, les mesures sur le forage de Montbonnot montrent aussi les effets des structures géologiques. Les Japonais ont beaucoup de stations géologiques ce qui permet de nombreuses observations en surface et en profondeur. Les modélisations dépendent de la quantité de données et permettent de représenter la propagation en 2D ou en 3D. Mais faut-il un modèle simple ou complexe ?

À Volvi (Grèce), deux modèles ont été utilisés. Avec la méthode des éléments de frontière selon les fréquences, le modèle simplifié donne des amplifications de 3 à 0,6 Hz et de 10 à 0,8 Hz et 1 Hz. Avec le modèle complet, on a une forte amplification à basse fréquence dans les parties profondes et aussi plus forte que le modèle simplifié sur les bords. L'incertitude est moindre mais exige plus de données. L'amplification est due au contraste de sévérité et la propagation des ondes est piégée à l'intérieur du bassin. On l'observe en 2D comme en 3D. Sur les infrastructures, faut-il une approche forfaitaire ou probabiliste ? La réglementation se base sur des « événements moyens » (exemple : moyenne de 9 séismes européens entre 0,048 G et 0,348 G). On peut ajouter les effets de sites selon la classe du type de sol (rocher, sable très dense, sable dense, sable lâche, alluvions, etc.) pour augmenter les niveaux d'accélération. Cela donne des profils de vitesses différents en fonction de la profondeur. Le niveau d'incertitude est donc grand. L'approche probabiliste, qui se développe depuis quelques années, est plus compliquée. Il faut combiner les distances possibles de séismes, les magnitudes, les amplitudes des ondes et cela sur tous les sites possibles, afin d'avoir une probabilité d'un effet. La secousse sismique atteint les fondations des structures, l'interface sol-fondations et les structures elles-mêmes.

Les modèles raisonnent par macro-éléments pour caractériser l'état des contraintes. Pour des structures plus étendues comme des ponts ou des barrages, cette méthode n'est plus valable. « Modulate », un nouveau projet ANR, vient d'être lancé sur le sujet. Pour terminer, Jean-François Semblat trace quelques perspectives, comme l'étude des effets induits (liquéfaction des sols comme à Niigata au Japon) et l'injection possible d'éléments pour transformer la nature des sols. Des travaux sont aussi menés sur la complexité à échelle urbaine avec l'effet des constructions. Il est possible d'imaginer des villes anti-sismiques.

ESTIMATION DE LA FRAGILITE DES STRUCTURES ET EQUIPEMENTS SOUS SEISME

Cyril Feau, CEA/DEN/EMSI

Cyril Feau est ingénieur de recherche au service d'études mécaniques et thermiques du CEA. Le contexte de son exposé est l'étude des structures avec des spectres de réponses d'oscillateurs linéaires amorties. Ce sont des études probabilistes de sûreté afin d'évaluer la fréquence d'occurrence d'événements redoutés et leurs conséquences. Ces études comportent la construction de la courbe d'aléa sismique, l'établissement des arbres de défaillances, la construction de courbes de fragilité sismique pour enfin calculer la probabilité de survenue des événements.

La courbe de fragilité sismique dépend de variables aléatoires qui modélisent les incertitudes épistémiques et les incertitudes aléatoires. C'est une courbe croissante mais pas nécessairement monotone. Ces courbes sont utilisées pour l'aléa sismique mais aussi pour le vent ou autres sollicitations des structures. En pratique, il faut enrichir les bases de données des signaux réels et réduire le temps de calcul des modèles mécaniques souvent prohibitifs.

Cyril Feau donne un exemple d'un scénario sismique pris dans la base de données européenne. Il a récupéré 97 signaux réels. La modélisation s'oriente vers des processus stochastiques non gaussiens. Il n'y a pas de consensus sur la meilleure méthode à utiliser que ce soit la représentation de Karhunen-Loève, le modèle de bruit blanc filtré ou la méthode Monte Carlo pour lesquels Cyril Feau montre des exemples. Le générateur est très influent sur l'activité sismique. Le modèle de bruit blanc enrichit mieux l'ensemble des signaux réels, mais la précision dépend de l'indicateur choisi (PGA, S (6,7 Hz)). Avec son équipe, Cyril Feau a proposé une autre méthode utilisant des critères d'optimalité parus dans la littérature (efficacité, praticité, compétence, suffisance, comptabilité avec l'aléa).

La méthode est du Machine Learning, un méta-modèle qui permet de définir un indicateur « proficient ». C'est basé sur des SVMs, une technique d'apprentissage supervisé destinée à résoudre des problèmes de classification ou de régression dont le nombre de variables détermine les dimensions de l'espace. Ils ont testé la méthode sur 20 cas. Globalement dans R4, c'est déjà relativement correct. En conclusion, Cyril Feau note que les SVMs couplés à un algorithme d'apprentissage actif permettent d'estimer à la fois un indicateur de nocivité des signaux sismiques et des courbes de fragilité.

COMMENT VA-T-ON SUR MARS ET QU'Y FAIT-ON ?

Eric Lorigny, CNES

Éric Lorigny travaille à Toulouse sur le robot martien Curiosity, présent sur Mars. Mars est une petite planète (3400 km de diamètre contre 6400 km pour la Terre). La gravité y est de 0,37 et sa durée du jour est de 24h39. Elle fait le tour du Soleil en 687 jours terrestres en moyenne à 220 millions de kilomètres du Soleil. Il y fait froid (0°C le jour, -120°C la nuit). La pression atmosphérique est faible (0,006 bar). Cette atmosphère est très ténue et composée à 95% de dioxyde de carbone. Elle possède deux lunes, Deimos, le plus petite et la plus lointaine, sans doute le reste d'un impact, et Phobos, plus proche et qui se rapproche de Mars sur laquelle est devrait tomber dans 11 millions d'années.

Mars est née, comme la Terre, il y a 4,56 milliards d'années. Les deux planètes se sont formées très chaudes, mais du fait du choc qui a créé la Lune, Mars a pris de l'avance pour faire émerger la vie. Il y a 3,8 milliards d'années il devait y avoir de l'eau liquide. Mais comme la vie sur Terre a mis 3 milliards d'années pour passer des bactéries aux êtres multicellulaires, il est peu probable que la vie, si elle y est apparue, se soit beaucoup développée.

Opportunity, qui est aujourd'hui déclaré mort, est un des robots présents sur Mars. Reste Curiosity. Aller sur Mars demande de savoir où atterrir (on devrait dire amarsir). Les couches d'argile du Gale Crater étaient intéressantes, car leur étude indique l'évolution de l'eau sur la planète. Le site d'atterrissage a été choisi par les ingénieurs sur un terrain plat, mais près des sites intéressants les scientifiques.

Il faut 255 jours pour arriver sur Mars en faisant une demi-ellipse. Mais comme Mars orbite à 23 km/sec, il faut au moins aller à cette vitesse et freiner à l'arrivée de 5,8 km/sec, ce qui implique de dissiper 67 milliards de joules en moins de 7 mn dans une atmosphère 150 fois moins dense que l'atmosphère terrestre. Le tout en automatique. Cette descente fut pensée par un jeune homme de 22 ans à qui la Nasa confia le travail après qu'il a évoqué les différentes manœuvres nécessaires.

Curiosity est un robot géologue avec un laser français (ChemCam), des caméras, des détecteurs chimiques et des outils de forage et de récupération d'échantillons. Il est descendu par parachute (20 m de diamètre) testé dans une soufflerie, un bouclier thermique, par l'action des rétrofusées et des cordes pour le faire atterrir en douceur.

Cela fait maintenant 2374 jours martiens que Curiosity a atterri. Les premiers jours ont servi aux tests (instruments, consistance du sol), puis les instruments ont commencé à travailler et

découvert que la surface était oxydée mais que l'intérieur était réduit. Parfait pour la vie, même si on n'en a pas trouvé de trace.

QUANTIFICATION DES INCERTITUDES DE MODELES EN MECANIQUE DES FLUIDES

Paola Cinnella, ENSAM Paris-Tech

Paola Cinnella est professeure au laboratoire de dynamique des fluides (DynFluid) de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM). La turbulence est un problème pour les aérodynamiciens. Elle est intrinsèque à tout écoulement qui dépasse un certain indice. La question est d'évaluer les incertitudes concernant la modélisation de la turbulence. Celle-ci s'étudie par les équations NavierStokes (Reynolds Average Navier-Stokes ou RANS) qui contiennent toute l'information nécessaire. Mais, en simulant ces équations, on arrive très vite à des divergences chaotiques. On peut résoudre des échelles plus ou moins grandes (DNS), mais plus l'échelle est grande, plus le coût est important et les incertitudes s'ajoutent.

La modélisation des RANS nécessite de définir une moyenne (facile si l'écoulement est stationnaire, difficile pour certains écoulements). On peut se cantonner aux écoulements stationnaires. Les incertitudes sont détectables par un jugement d'expert. L'incertitude se réduit alors à celle du tenseur de Reynolds, ce qui nécessite un modèle de la turbulence. Parmi les modèles, il y a les Eddy viscosity models, les Reynolds stress transport models ou les modèles algébriques, plus simples. Mais chaque paramètre doit être défini et lui-même modélisé. Il y a donc un double niveau d'incertitude.

Il y a toute une zoologie des modèles de turbulence, mais depuis la fin des années 1990, il y a une stagnation des modèles RANS, car chacun équipe utilise son propre modèle qu'elle connaît bien. Les coefficients sont calibrés sur des écoulements canoniques (turbulence isotrope, couches mince, etc.). Un exemple significatif est la modélisation d'un écoulement autour d'un profil d'aile. Chaque modèle donne des résultats différents. En changeant un seul coefficient, les résultats deviennent complètement différents. Il faut améliorer les 15 modèles RANS, non pas pour une meilleure correction, mais en termes de fiabilité. Il faut savoir où sont les fautes et les quantifier.

Deux approches sont possibles. La structure du modèle n'est pas modifiée et on regarde les incertitudes paramétriques. Dans l'approche directe, on établit des distributions de probabilité des coefficients et avec du Monte Carlo ou du polynôme de chaos, on récupère une distribution sur une série de coefficients

choisis, mais il faut connaître la distribution des paramètres qui ne sont pas eux-mêmes mesurables. En revanche, on peut mesurer des quantités d'intérêt comme la vitesse et faire une approche probabiliste inverse. C'est par exemple l'inférence bayésienne, qui est bien adaptée pour des données bruitées. Cela donne une distribution des coefficients de clôture de la turbulence, qu'on peut réintégrer dans le modèle.

Paola Cinnella donne un exemple dans le cas d'un écoulement de plaque plate. Avec les équations de Navier-Stokes dans le cas de couches limites, elle utilise une base de données expérimentales (Coles et Hirst, 1968) et un modèle k-epsilon. Le but est d'inférer sur les coefficients du modèle. Elle définit une fonction gaussienne de vraisemblance en définissant que chaque valeur du coefficient est égale à la sortie du modèle plus ou moins une erreur. Avec un code à couches limites qui tourne très vite, elle peut tester différents valeurs et obtenir une distribution d'équilibre. Cela montre que les coefficients dépendent beaucoup du cas présenté et qu'il y a des incertitudes structurelles, ce qui est plus difficile à modéliser que les incertitudes paramétriques. Il s'agit de prendre plusieurs modèles et d'en faire une moyenne pondérée par la probabilité de véracité des modèles suivant les observations. Cela peut se faire de manière déterministe ou stochastique.

Avec quelques exemples de résultats, Paola Cinnella montre que chaque modèle peut être meilleur que les autres sur un écoulement spécifique et mauvais ailleurs. Mais on peut savoir à quelle distance il est des autres modèles, ce qui donne ainsi des valeurs d'incertitudes. Mais on peut se demander si on peut changer le tenseur de Reynolds lui-même, bref changer le modèle de l'intérieur. Cela peut se faire en s'appuyant sur du Machine Learning, mais cela ne donne pas la valeur de l'incertitude. C'est pourtant la tendance actuelle.

HAUTE PRECISION, MAITRISE DES ERREURS ET INCERTITUDES EN CFD

Vincent Couaillier, ONERA

Vincent Couaillier, de l'ONERA, fait un état de l'art de ce qu'on peut faire en CFD. La plupart des codes fonctionnent bien pour des écoulements nominaux et le design des composants en aéronautique. De nombreux défis sont à relever. Ils reposent sur l'expertise de l'utilisateur final. Il faut améliorer les modèles ou les incertitudes qui leur sont associées. La CFD doit passer à un système expert. Mais les données sont soit certaines mais incomplètes, soit incertaines et le code de calcul fait des approximations. Pourtant, la simulation numérique s'est

améliorée en précision, efficacité et robustesse, sans compter la production de données massives.

Vincent Couaillier revient sur la turbulence. L'échelle de Kolmogorov implique un très grand nombre de simulations DNS car le nombre de simulations est égal à $Re^3/4$. Pour un Re de 106, il faut 3. 10¹³ simulations. C'est pour cela qu'on utilise le modèle RANS afin de faire des moyennes, ou des méthodes LES en filtrant les données, ou en hybridant RANS et LES. Il donne un exemple sur l'écoulement autour d'un tri-corps en prenant des équations de Navier-Stokes dans le cas stationnaire, puis non-stationnaire. L'erreur peut être estimée par l'expérience, par l'écart à une solution convergée, mais aussi par la précision machine. L'erreur peut aussi être liée au manque de résolution spatio-temporelle du calcul.

Et en LES il faut savoir à quoi se comparer : à la DNS ou DNS filtrée ? Le débat est vif. L'amélioration des schémas numériques est en route. On voit qu'on augmentant le nombre de degrés de liberté, on améliore le maillage et le résultat. Ce qui montre la validité du modèle. Sur un cylindre à $Re = 40$ (en deçà de l'apparition de la non-stationnarité), on converge effectivement vers la même solution. Mais même avec des Re 17 beaucoup plus élevé, un ensemble de modèles à valeurs différentes peut ramener à un modèle moyen stationnaire. Mais il faut alors évaluer l'écart du modèle moyen à la réalité, c'est-à-dire évaluer l'incertitude.

Vincent Couaillier donne plusieurs exemples sur lesquels l'ONERA travaille. Il y a aussi les polynômes de chaos qui permettent d'avoir la propagation d'incertitudes des données d'entrées sur des données de sorties. L'ONERA travaille aussi sur le Machine Learning. Dans un premier temps, ils font de l'assimilation de données en introduisant une fonction spécifique qu'ils cherchent à améliorer par réseaux de neurones. Cette fonction peut être calibrée par de nombreux cas de calcul.

Vincent Couaillier termine par décrire ce qu'il faudrait pour modéliser la turbulence par DNS : des moyens de calcul bien supérieur à ce qui existe aujourd'hui, beaucoup de mémoire, un saut qualitatif dans les algorithmes.

UN CADRE MATHÉMATIQUE POUR LA CERTIFICATION ROBUSTE SOUS INCERTITUDES

Eric Savin, ONERA

Éric Savin présente un exposé inspiré de nombreux auteurs. Le point de départ est un projet européen où les gens voulaient évaluer les incertitudes. Mais on ne connaît pas les lois de

probabilités des erreurs, même si on connaît la moyenne. Cela vaut-il le coup de prendre en compte beaucoup de données aléatoires ? Il donne l'exemple d'une fonction qui dépend de ces variables. Si celles-ci sont indépendantes, l'inégalité de McDiarmid dit que l'éloignement de la fonction à la moyenne est bornée. Cela est appliqué au coefficient de traînée par exemple.

Si la fonction est juste une simple moyenne des variables aléatoires, la borne est en $\exp(-d)$. Plus on prend en compte de variables aléatoires, moins on s'éloigne de la moyenne. Faire de la certification, c'est dire que la probabilité de dépasser une valeur nominale est inférieure à une certaine limite. L'industrie du nucléaire l'utilise. Si on veut certifier deux conditions à la fois, on peut aussi définir une inégalité de McDiarmid. Pour certifier avec un minimum de tests, on construit un modèle grossier lié à la fonction de certification et on lui applique l'inégalité de McDiarmid, pour avoir les marges de variations de la fonction. Mais cela introduit une différence entre le modèle et la fonction qu'il faudra gérer, mais qu'on espère très faible.

Une deuxième étape dans la certification est la quantification de l'incertitude optimale. On s'intéresse alors aux bornes de tous les paramètres compte tenu de la quantité d'intérêt, des erreurs épistémiques, des variables cachées, etc. Un théorème mathématique dit que cet ensemble quasi infini de paramètres peut être ramené à un nombre fini et obtenir la probabilité de la borne optimale. Il donne l'exemple de la perforation d'une plaque par une balle de fusil avec une fonction de certification connue ou inconnue. Cela donne une approche certes approximative du résultat, mais très peu coûteuse en temps de calcul.

GESTION DES INCERTITUDES ET QUANTIFICATIONS DANS L'INDUSTRIE AERONAUTIQUE

Gilbert Rogé, Dassault-Aviation

Gilbert Rogé, de Dassault-Aviation, invite à réfléchir, comme les sages dit-il, sur les incertitudes. Dans son métier d'avionneur, les incertitudes c'est prendre en compte tout ce qui fait qu'un avion sera bien conforme quant à ses spécificités annoncées (et vendues). De la conception à la production en série, ces incertitudes vont se modifier. Leurs mesures concernent la mécanique des fluides, les essais de modèles réduits en soufflerie et les essais en vol.

Les incertitudes de mécanique des fluides concernent la géométrie de l'avion, les discontinuités des détails, la perméabilité, le vieillissement des matériaux. Les maquettes en

soufflerie sont perturbées par leur support, par les murs de la soufflerie par la pression et la température qui n'est pas la même qu'en vol. Les incertitudes en vol concernent l'exemplarité du premier vol, la consommation, la déformation aéro-élastique des ailes, la précision des instruments de mesures, mais aussi les différences entre cet avion d'essai et les avions de série.

On part donc d'un calcul CFD pour arriver à un avion en vol. Mais il faut faire attention : les précisions demandées par les ingénieurs se répercutent sur le coût de la fabrication de l'avion. Pour quantifier ces incertitudes, le projet européen Umrda sur un Falcon a pris en compte la conception des ailes à différentes sections, ce qui permet de calculer la portance, la pression et la traînée. Le design peut être robuste même par rapport à la modification de certains paramètres (cambrement de la voilure par exemple).

Le prix de l'incertitude est un delta dans le rayon d'action d'un avion ou dans la consommation de kérosène, ce qui peut représenter près de un million de dollars sur la vie d'un avion. Ce n'est pas rien.



École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Faure

Blockchain pour les métiers

Jeudi 21 mars 2019



Coordination scientifique :

- Jean-Michel BATTO (Eiffage Energie Systèmes)
- David MENGA (EDFlab)



Partenaire:



Renseignements, programme...
www.association-aristote.fr



Blockchain
pour les métiers

ARISTOTE

À la croisée des révolutions numériques

BLOCKCHAIN POUR LES MÉTIERS

Séminaire Aristote,
21 mars 2019 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Jean-Michel Batto (Eiffage Energie Systèmes) et David Menga (EDFlab)

INTRODUCTION

Jean-Michel Batto (Eiffage Energie Systèmes) et David Menga (EDFlab)

« Avec cette journée de séminaire, vous allez comprendre pourquoi, demain, vous ne pourrez pas échapper à la révolution induite par la technologie blockchain. » Jean-Michel Batto donne le ton. Il ne sera plus jamais abandonné de la journée.

La technologie blockchain va, c'est une certitude, modifier de fond en comble nos comportements de tous les jours. Ce sera vrai dans la vie courante mais aussi dans celle des entreprises. C'est un changement net de paradigme qui s'opère sous nos yeux. « La blockchain est une technologie fondatrice, et l'heure n'est plus à se poser des questions technologiques, mais bien, désormais, de savoir comment appliquer cette technologie dans les différents métiers, au quotidien », avance David Menga. Tout cela pour dire que la blockchain, c'est très concret et, comme se plaît à la démontrer David Menga en sortant quelques magazines de son sac, c'est déjà dans l'actualité. « Prenons quelques magazines, s'amuse-t-il, joignant le geste à la parole. Regardez La Recherche, en une : Qu'est-ce que la blockchain et comment ça marche ? Un autre exemple avec le dernier numéro de L'Informaticien. En une, toujours : Blockchain, les grands éditeurs débarquent en force. La blockchain est partout, vous le voyez et, au travers de cette journée de séminaire, nous allons entrer encore plus dans le détail de ses applications les plus concrètes et les plus utiles aux métiers. »

Mais un mot, avant cela, sur ce qu'est la blockchain : il s'agit d'une technologie de stockage et de transmission

d'informations sans organe de contrôle, qui a été créée en 2008 avec la cryptomonnaie Bitcoin. En dix ans, bien sûr, la technologie a fait du chemin et s'est largement émancipée d'une seule application liée aux cryptomonnaies.

Pour faire simple, une blockchain peut se concevoir comme une gigantesque base de données, sécurisée et infalsifiable. Infalsifiable dans le sens où tout ce qui y est écrit est ensuite impossible à effacer. La traçabilité est donc inhérente à son fonctionnement, et le caractère décentralisé de la blockchain, couplé avec sa sécurité et sa transparence, promet des applications bien plus larges que le seul domaine monétaire.

Alors que l'Internet a permis à chacun de se connecter à toutes les sources de savoir et de divertissement, la blockchain va donner la quasi-gratuité à la confiance dans les services et les outils.

BLOCKCHAIN, QUELLE ECONOMIE ?

Xavier Dalloz, consultant

« Mon métier est d'imaginer ce que sera le monde dans les dix prochaines années. Je fais cela depuis 1976. Et si les technologies changent, l'état d'esprit est toujours le même, malheureusement : il est de se dire que ça ne marchera jamais. Je peux vous faire une liste impressionnante en la matière, il en va toujours ainsi... Et pourtant ! Tous les dix ans, une innovation majeure, une innovation de rupture, vient bouleverser les champs d'actions de nos vies. Et la blockchain vient s'insérer dans cette liste. Dans dix ans, je vous le dis, on ne se posera même pas la question : la blockchain sera partout. »

C'est peu de dire que Xavier Dalloz croit en la révolution de la blockchain. Elle est, à ses yeux, partie intégrante, de la dernière révolution technologique décennale en cours, depuis 2014. A savoir celle de l'IoM, pour Internet of me, cette manière nouvelle de concevoir les choses, où ce qui compte, c'est désormais la qualité des interactions permises et générées. Cette nouvelle manière d'appréhender les choses s'inscrit donc pleinement dans la longue liste des innovations majeures qui, tous les dix ans, viennent balayer le monde ancien :

1944 : le premier ordinateur

1954 : le premier mainframe

1964 : le premier mini-ordinateur

1974 : le premier micro-ordinateur

1984 : MacIntosh

1994 : le web

2004 : la RSE

2014 : l'avènement de l'Internet of me avec les smart contracts. La création de valeur est dans la qualité des interactions.

A chaque fois, face à de tels changements de paradigmes, la question qui se pose est toujours celle de la confiance. Car, enfin, si à chaque fois la réaction première est de se dire que cela ne marchera jamais – alors que si, évidemment, non seulement ça marche, mais cela s'impose à nous, de gré ou de force – ce n'est pas uniquement par atavisme. C'est par manque de confiance.

La confiance... Tel est donc le mot clé. Et c'est là, justement, qu'est à rechercher la grande vertu de la blockchain. C'est dans son ADN même. La sécurité des transactions effectuées est assurée par un réseau d'ordinateurs qui valident et certifient la transaction avant de l'inscrire de manière définitive dans un bloc. Une fois enregistrée, cette transaction devient infalsifiable et facilement vérifiable. Il s'agit donc d'un réseau distribué au sein duquel les transactions s'effectuent en pair à pair (P2P).

Plus besoin, en d'autres termes, de l'intervention d'un tiers de confiance (notaire, banque, État, plateforme d'intermédiation de type Uber, AirBnB, etc.) pour valider ou certifier la transaction. Cette fonction d'intermédiaire, avec la blockchain, n'a plus lieu d'être puisque tout est tout l'objet d'un consensus : le fait qu'une transaction soit acceptée ou rejetée est le fruit d'un consensus distribué et non d'une institution centralisée.

Et lorsque l'on parle de transactions, attention, cela va bien sûr bien au-delà d'une simple opération de paiement ou d'enregistrement. Cela va jusqu'à des instructions beaucoup plus complexes : on parle alors de contrats. Et puisque ces contrats sont publiés sur une blockchain pour qu'ils s'exécutent automatiquement sous certaines conditions, on parle alors de « Smart Contracts ». Un exemple ? Vous avez une voiture, vous n'en avez pas payé les traites... elle ne démarrera pas !

Les enjeux sont donc colossaux. Tous les acteurs impliqués dans l'intermédiation sont concernés : les banques, les assureurs, les notaires, les avocats, etc. C'est bien, finalement, un marché de plusieurs milliers de milliards de dollars qu'il faut réinventer ! Bill Gates disait : « We need banking but we don't need bank ». C'est exactement cela qui se joue. La manière de faire des affaires change du tout au tout. Nous allons vers la destruction massive des tiers de confiance.

En clair, il s'agit de rompre avec le passé pour construire un avenir nouveau. Nous sommes dans un monde massivement interconnecté, ce qui vient directement influencer la chaîne de production de valeurs. L'objectif, in fine, est de faire passer cette création de valeurs des équipements, des biens, comme c'est le cas aujourd'hui, vers les services. C'est en cela que nous sommes pleinement dans l'ère de l'Internet of me, avec un consommateur-citoyen qui se trouve désormais au cœur de tout le système. Un système, donc, basé sur des interactions multiples et décentralisées. Dans ce contexte, la place et le rôle des entreprises changent. Ce qu'elles doivent être, désormais, ce sont des plateformes : le monde ne peut plus se décrire autrement que comme un ensemble de réseaux imbriqués les uns avec les autres, les uns dans les autres. Le tout dans une logique de communication entre pairs, entre égaux, opposée à l'organisation centralisée, pyramidale, qui est celle de la majorité des entreprises et des administrations.

La clé est donc la décentralisation globale et complète de tout. Cela pose quand même un problème, à tout le moins une question. Celle de savoir comment mesurer la valeur, malgré tout. C'est tout l'enjeu de la PEC, pour productivité des échanges collaboratifs. C'est cet indicateur, nouveau, qui va être la clé de voûte de cette nouvelle manière de faire du business.

CAS D'USAGES PRATIQUES DE LA BLOCKCHAIN INTER-ENTREPRISES

Jérôme Lefebvre, Stratumn

Nous sommes encore à l'âge de pierre dans de trop nombreux secteurs d'activité. On s'échange des mails pour mettre en place des protocoles d'accord, on utilise des outils manuels pour finaliser les choses, on a recours à des intermédiaires de confiance... C'est mauvais pour l'entreprise qui gaspille du temps, donc de l'argent. Heureusement, toutes ces incohérences et ces procédures d'arrière-garde vont disparaître avec la blockchain.

Garantir la confiance, la sécurité et la confidentialité, le tout dans une transparence totale, voilà l'enjeu primordial de tout le système. Et voilà, surtout, toute la raison d'être de Stratumn, qui a remporté le prix de la Fintech de l'année, décerné par le pôle de compétitivité Finance Innovation. La start-up a développé une technologie qui couple blockchain et cryptographie afin d'assurer la confidentialité des données et la sécurité des échanges. La solution mise au point par Stratumn propose de digitaliser la collecte de données grâce à des interfaces (API) sécurisées qui viennent se connecter aux différents systèmes d'information, puis de rendre le processus traçable par plusieurs entités.

Pour résumer, le protocole de Stratumn promet à tous les participants d'avoir confiance dans un processus commun en enregistrant de manière immuable qui a fait quoi, quand, où et comment. La blockchain est utilisée pour établir un horodatage précis de chacune des étapes. L'idée sous-jacente ? Permettre de créer du revenu additionnel et générer une baisse des coûts. A la clé, une nouvelle manière de revoir l'organisation des entreprises et la manière de travailler. Un exemple : 65% des responsables Achats se disent sans visibilité sur leurs fournisseurs de rang 2... Cela ne peut pas plus durer. Cette opacité est, en plus, génératrice de risques. Dans la grande distribution, on estime ainsi à 9 milliards de dollars le coût annuel de la fraude fournisseurs. Ce n'est pas tenable, et Stratumn offre la possibilité de restaurer et de garantir cette confiance qui fait trop souvent défaut.

Très concrètement, tel client, qui avait besoin de pouvoir disposer d'une traçabilité complète de sa matière première depuis l'Inde jusqu'aux Etats-Unis a pu, grâce à Stratumn, générer 2% de revenus additionnels. Et ce sur ces contrats de plusieurs millions d'euros. Tel autre, Thales pour ne pas le nommer, et cette fois sur un chantier de construction à Dubaï, était quant à lui confronté à un problème de traçabilité de tous les documents relatifs à la sécurité des opérations menées. Ce

qui était fastidieux et coûteux devient, grâce à la blockchain et à Stratumn, beaucoup plus simple. Donc moins cher : 43% de réduction de coûts au final.

L'IMPACT D'UN PROTOCLE DE RESERVATION PAIR-A-PAIR SUR L'ECONOMIE

Vidal Chriqui, BTU Protocol

Les plateformes de réservation telles qu'on les connaît, de type Booking ? Il est possible, désormais, de parfaitement s'en passer. Ou comment, en somme, comme il existe un circuit-court appliqué aux produits alimentaires, directement via le producteur, il est désormais loisible d'appliquer ces mêmes vertus aux secteurs du tourisme et de la réservation en ligne. C'est ce que permet BTU Protocol, en s'appuyant sur la blockchain afin de s'attaquer au marché de la réservation en ligne. L'objectif est de se passer des centrales de réservations, qui jouent un rôle d'intermédiaire sur ce marché. En clair, vous tenez un blog spécialisé dans le voyage, jusqu'ici vous renvoyez vers les plateformes de réservations classiques quand vous parlez de tel ou tel hôtel. Avec BTU Protocol, vous pouvez directement proposer la chambre d'hôtel depuis votre site. Appliqué à un comité d'entreprises, bien sûr, les volumes seront encore plus grands. Et comme, évidemment, pour que chacun y trouve son intérêt, il convient d'y avoir une gratification, l'idée est de renverser le partage de la valeur. Exit les intermédiaires ! Celui qui, directement, joue ce rôle, se voit récompensé en gagnant des BTU. Pour le client final, celui qui réserve la chambre, la transaction se fait de manière traditionnelle, en monnaie sonnante et trébuchante.

Le système propose ainsi des logiciels dédiés qu'un apporteur d'affaires pourra intégrer directement sur son site. Sur la blockchain (ici Ethereum) le système se charge de répertorier les offres de réservation disponibles de manière transparente et accessible à tous. Le module de réservation se contente de récupérer ces données et d'indiquer sur la blockchain quelles réservations ont été confirmées, afin de permettre à tous de bénéficier de données à jour. La particularité de BTU est de ne pas vouloir proposer une plateforme unique et centralisée, mais de proposer des modules qui pourront être intégrés par les blogueurs, sites de recommandations ou autre qui redirigent les utilisateurs. Ainsi, se crée un canal de distribution nouveau, ouvert et fluide, permettant à n'importe qui, en pleine confiance, de se faire « agence de voyage ».

BLOCKCHAIN POUR LA TRANSPARENCE DANS L'AGROALIMENTAIRE

Stefano Volpi, Connecting Food

Connecting Food, c'est un italien et une anglaise qui, ensemble, se sont réunis pour créer une entreprise française... Mais pas n'importe quelle entreprise. Une entreprise se donnant pour mission, grâce à la blockchain, de permettre à un secteur d'ordinaire aussi opaque que l'agro-alimentaire de jouer la carte de la saine transparence. Un enjeu clé si l'on a en tête cette statistique : si, en 2017, seulement 44% des Américains déclaraient avoir confiance en leur alimentation, cette proportion, déjà basse, est tombée à 31% en 2018.

Le leitmotiv de l'entreprise ? Apporter une solution de traçabilité sur l'ensemble de la filière, lot par lot, grâce à la blockchain. Aujourd'hui, cette traçabilité existe, mais seulement de manière « dormante » : en cas de problème, les industriels sont capables de remonter la chaîne et, in fine, de procéder au retrait des produits. L'ennui est que cela prend du temps et ne se fait donc qu'a posteriori.

La blockchain permet un contrôle en temps réel, et cela change tout. Concrètement, Connecting Food repose sur une idée simple : savoir ce que l'on mange réellement. Pas en faisant confiance aux promesses parfois floues des emballages, mais en auditant de manière automatique et sûre chaque étape de l'approvisionnement et de la production, en s'assurant que tous les critères du cahier des charges sont respectés. Et ce via la blockchain. Un produit est donc dorénavant « tracé » depuis la production de la matière première jusqu'à la distribution au client final. En temps réel, et à chaque étape, il est également possible de contrôler la conformité de la production avec les critères du cahier des charges défini. L'interface Connecting Food détecte instantanément les produits non-conformes ou les erreurs de production, permettant ainsi d'éviter les rappels consommateurs, toujours désastreux pour l'image de la marque ou du distributeur. Enfin, à l'autre bout du spectre, le consommateur, lui, via une application, peut en scannant les QR-Codes ou les Gencodes, obtenir toutes les informations qu'il voudrait, en pleine transparence : origine des ingrédients, lieux de production et de transformation, mode d'élevage, rémunération des producteurs, etc.

BLOCKCHAIN POUR LUTTER CONTRE LA POLLUTION DIGITALE

Vincent de Montalivet, Digital For the Planet

Comment la blockchain peut-elle lutter contre la pollution digitale ? Vaste question, mais cruciale. « Notre vocation est de sensibiliser à l'écologie digitale », explique Vincent de Montalivet. Elle est, aussi, de conseiller les entreprises pour les aider à réduire leur impact carbone. Pour ce faire, un écolabel a été créé, Digital for the Planet, afin de certifier la diminution des impacts digitaux décidés par les entreprises. Vingt-cinq entreprises et villes font déjà confiance à Digital for the Planet. L'enjeu est colossal. Il faut avoir en tête ce que représente la pollution numérique : c'est, déjà, l'équivalent de l'impact de l'aviation civile, pour donner une idée. C'est énorme. Et donc, si pour préserver l'environnement vous avez déjà décidé de ne plus prendre l'avion, il vous faudrait, pour bien faire, cesser désormais d'être connecté pour être en parfait accord avec cette décision...

Chaque heure, dans le monde, plus de 10 milliards de mails sont envoyés. Un acte qui n'est bien sûr pas neutre : envoyer des mails, stocker des données, regarder des vidéos en streaming, autant d'activités courantes qui ne sont pas neutres pour l'environnement. Ainsi, via les informations distillées par Digital for the Planet, nous apprenons qu'une requête Google, c'est à peu près 7 grammes de CO₂ émis dans l'atmosphère. Taper l'URL du site directement dans la barre d'adresse consomme beaucoup moins. Ou alors mettre les adresses récurrentes dans ses Favoris, pour éviter ces recherches à chaque fois. Autre bonne pratique à mettre en place : fermer les onglets ouverts quand ils ne servent plus : chaque page se recharge en effet plusieurs fois dans la journée, ce qui multiplie à chaque fois la requête initiale, et donc l'émission de ces 7 grammes de CO₂.

Envoyer un simple mail émet ainsi 17 à 22 grammes de CO₂. Pour rendre tout cela plus concret, il faut avoir en tête que l'envoi de trente-trois courriels d'1 Mo à deux destinataires par jour et par personne génère ainsi des émissions équivalentes à 180 kg de CO₂ par an. Cela correspond à plus de 1000 km parcourus en voiture.

Le digital, c'est déjà 16% de la consommation électrique en France. Et c'est sans parler, encore, des problématiques liées à la fabrication : en matière d'énergie consommée, produire un gramme de smartphone, c'est une consommation 80 fois plus importante qu'un gramme pour une voiture. C'est sans parler, aussi, des problématiques liées à la fin de vie de nos appareils électriques : cela représente 55 millions de tonnes de déchets

par an.

Si l'on sonde la population, alors les résultats sont éloquentes : 77% des personnes n'ont pas conscience de ces impacts, allant parfois jusqu'à même ignorer ce que peut être la pollution numérique. Mais, une fois qu'on leur explique, alors elles sont 91% à dire qu'il convient de se pencher sérieusement sur ces questions. C'est là une proportion encourageante.

Mais ceci posée, reste une question : en quoi la blockchain peut-elle aider ? Simple. Dans ce travail d'accompagnement vers les bonnes pratiques digitales, et dans les techniques de certification, cela permet des approches globales et instantanées, vérifiables en temps réel et non plus sujettes au bon vouloir des participants.

LE CADRE REGLEMENTAIRE DES ICO'S

Diane Richebourg, DS Avocats

Les ICO's, pour initial coin offerings, sont des levées de fonds en cryptoactifs. Elles consistent, pour une entreprise, à émettre des jetons (tokens) numériques, fondés sur la blockchain. Avec le projet de loi Pacte actuellement en discussion au Parlement, ces ICO's pourront désormais bénéficier d'une certification délivrée par l'Autorité des marchés financiers (AMF). Une manière, donc, de réglementer ce système des ICO's et ce même si ce visa ainsi délivré restera toutefois optionnel.

Ces ICO's se sont multipliés, notamment en 2017, avant que le rythme ne se ralentisse aujourd'hui, du fait des nombreuses arnaques constatées. D'où, d'ailleurs, cette loi Pacte pour leur donner un cadre juridique. Ce qui devrait donc permettre à ces ICO's de connaître à nouveau un net regain sitôt ce projet de loi Pacte promulgué.

Mais ce projet de loi Pacte, justement, que dit-il ? Il entend définir les choses dont on parle. C'est ainsi que :

- Un jeton se définit comme étant « tout bien incorporel représentant, sous forme numérique, un ou plusieurs droits pouvant être émis, inscrits, conservés ou transférés au moyen d'un dispositif d'enregistrement électronique partagé permettant d'identifier, directement ou indirectement, le propriétaire dudit bien. »

- Un actif numérique se définit comme : « Toute représentation numérique d'une valeur qui n'est pas émise ou garantie par une banque centrale ou par une autorité publique, qui n'est pas nécessairement attachée à une monnaie ayant cours légal et qui ne possède pas le statut juridique d'une monnaie, mais qui est acceptée par des personnes physiques ou morales comme un moyen d'échange et qui peut être

transférée, stockée ou échangée électroniquement. »

- Une ICO : « Une offre au public de jetons consiste à proposer au public, sous quelque forme que ce soit, de souscrire à ces jetons. » Ne constitue en revanche pas une offre au public de jetons l'offre de jetons ouverte à la souscription par un nombre limité de personnes, fixé par le règlement général de l'Autorité des marchés financiers, agissant pour compte propre. »

Les définitions étant posées, d'autres questions restent en suspens. Par exemple, ce projet de loi Pacte crée-t-il un droit au compte ? La réponse, en fait, est loin d'être évidente. « Les établissements de crédit mettent en place des règles objectives, non discriminatoires et proportionnées pour régir l'accès des émetteurs de jetons ayant obtenu le visa [de l'AMF], des prestataires [enregistrés ou ayant obtenu l'agrément] aux services de comptes de dépôt et de paiement qu'ils tiennent. Cet accès est suffisamment étendu pour permettre à ces personnes de recourir à ces services de manière efficace et sans entraves. » Voilà pour ce que dit le projet de loi.

Dans les faits, voilà un droit au compte qui n'en est pas vraiment un, la disposition n'étant pas, en l'état, assez contraignante à l'égard des banques. Reste à voir, maintenant, quelles seront les conditions d'application de cette disposition, lesquelles seront précisées par voie de décret. En septembre 2019 si tout va bien. Cela viendra en tout cas poser le cadre réglementaire en France. Mais qu'en est-il ailleurs ? L'approche américaine diffère largement de l'approche française qui, elle-même, diffère des approches initiées ailleurs en Europe... Diane Richebourg nous dresse un état de lieux très complet (et très juridique) de la situation. Mais ces aspects juridiques, pour abscons qu'ils paraissent et sont, n'en sont que plus importants. Ils définissent ce que sera le « territoire de jeu » demain.

BLOCKCHAIN POUR L'ENERGIE

Jean-Baptiste Fraysse, Blocktricity

L'ambition de Blocktricity est de créer une blockchain pour la distribution d'énergie, en se servant des outils de partage de l'information induits par la blockchain pour aider à la gestion d'un bien commun : l'énergie. Pour dire les choses autrement, la plateforme Blocktricity permet de créer une place de marché pour produits dérivés, où l'on vend et achète l'énergie, le tout couplé à des algorithmes qui font ensuite se rencontrer, de manière idéale, l'offre et la demande.

L'intérêt majeur réside dans la capacité de faire circuler les informations au bon moment, et ainsi faciliter l'échange et la

vente d'électricité, dans la plus parfaite des transparences, tant vis-à-vis de l'origine que du prix de l'électricité. Autre bénéficiaire : celui de pouvoir organiser une vente d'énergie adaptée à la production et à la consommation locales.

Une application concrète est à venir dans le petit village de Vieux, dans le département du Tarn : 94 foyers du centre-bourg vont pouvoir bénéficier de la solution mise en place par Blocktricity. Cela va représenter 120 habitants, avec des installations photovoltaïques et des bornes pour véhicules électriques. L'idée va être de voir, in situ, comment tout cela s'organise et se vit. Un cadre d'expérimentation « en réel » pour prouver que cela marche et que ces vertus du circuit-court, pour faire simple, appliquées à l'énergie, sont viables grâce à la blockchain.

UNE BLOCKCHAIN ECO-RESPONSABLE

Sébastien Dupont-Roasetta, Uniris

Avec l'ensemble des présentations précédentes, nous prenons conscience de l'immensité de ce que la blockchain rend possible. Il nous faut maintenant nous pencher non sur ses limites, mais sur ses risques. Et voir, surtout, comment les contourner. Sébastien Dupont-Roasetta, de chez Uniris, apporte un premier élément de réponse. L'idée forte d'Uniris est de proposer un service d'authentification biométrique infalsifiable. Par quelle magie ? Simple : il s'agit de s'identifier avec ses empreintes digitales. Il suffisait d'y penser.

Uniris, c'est ainsi d'abord une authentification universelle et inviolable avec laquelle il ne sera plus jamais nécessaire de retenir aucun login ou mot de passe. Uniris, c'est aussi un service qui permet de ne plus craindre une quelconque usurpation d'identité ou violation de la vie privée. Et ce pour une bonne raison puisqu'Uniris est capable de reconnaître chaque personne et de générer ses clés à partir de ses propres données biométriques. En clair : un simple doigt suffit pour se connecter à un site web, pour ouvrir les portes de sa maison ou de sa voiture, etc.

On le voit, les vertus de la blockchain sont immenses. Mais, car il y a un mais, si ses possibilités sont magiques, pas sa consommation d'énergie, qui s'avère bien trop importante. Juste un chiffre pour s'en convaincre : Bitcoin consomme 38,7 milliards de Kw/an pour seulement 93 millions de transactions. Cela représente 414 Kw par transaction. C'est beaucoup. La technologie est géniale, mais cela ne peut pas continuer comme ça.

DES « SMART CONTRACTS » PAR CONCEPTION

Arthur Breitman, Tezos

Tezos est une cryptomonnaie et une plateforme de contrats intelligents de troisième génération construite autour de trois idées maitresses : pérennité, sécurité et décentralisation. Pas besoin de « fork » avec Tezos. La plate-forme reste compétitive en suivant les meilleures avancées technologiques, sans avoir à causer de chaos pour ses utilisateurs. Les participants ont de la visibilité et de l'influence sur la direction technique du projet. Concernant les Smart Contracts, l'histoire des cryptoactifs nous a montré jusqu'à présent que si des montants importants d'actifs de valeur sont détenus dans un système, des hackers essaieront de trouver, et trouveront éventuellement, des vulnérabilités qui leur permettront de mettre la main sur ces valeurs. Afin d'anticiper cela, l'équipe de Tezos a pris la décision de construire son protocole en Ocaml, un langage axé sur la sécurité en facilitant les opérations de vérifications formelles, une technique permettant de prouver mathématiquement l'exactitude de programmes informatiques.

LA SECURITE DES CRYPTOWALLETS

Pascal Urien, Ethertrust

Créée en 2007, par Telecom ParisTech et l'Université Paris 6, Ethertrust est une start-up française qui développe des solutions de cartes à puce pour améliorer la sécurité web et simplifier les accès aux applications pour l'utilisateur final. Elle s'appuie pour ses services sur les technologies de cryptologie et de certification numérique. Elle développe des logiciels qui s'insèrent dans les puces que les objets connectés et les serveurs peuvent reconnaître sans problème. Sécuriser est un enjeu de taille alors que les piratages prennent toujours plus d'ampleur. Ethertrust, avec son crypto-terminal, permet de s'affranchir de tous ces risques préjudiciables.

PANEL : QUEL AVENIR POUR BLOCKCHAIN ?

Animé par Mickael Campion (CEO de Data Solutions & Innovations Corporation, filiale de DSI Group), avec Nicolas Merle (Chain-Ops), François Stéphan (Be-Bound) et Xavier Dalloz (consultant)

François Stéphan, de la start-up Be-Bound, présente tout ce que la blockchain peut apporter aux pays émergents. La réponse ? Beaucoup. Comme autrefois avec le téléphone mobile qui a permis au continent africain entier de « zapper » la case téléphone fixe, la blockchain peut aider les pays émergents à

franchir un cap nouveau, directement.

La question est de savoir comment. La blockchain peut permettre de s'affranchir des problématiques actuelles en matière de paiement par exemple. Prenons un cas concret, aux applications potentielles colossales : celui des transferts d'argent entre pays. La blockchain peut permettre de se passer, demain, des tiers de confiance. Ici, des tiers de confiance nommé Western Union et consorts, en l'occurrence. Avec la blockchain, il est possible de se passer de ce type d'intermédiaires, aux commissions très élevées, et donc de concevoir un système plus économe et plus rapide.

Pour expliquer plus en détail ce qu'est Be-Bound : les fondateurs de Be-Bound se sont demandé pourquoi un appel peut être passé de n'importe où, alors que l'accès aux mails est, lui, limité à certaines zones ? Si un SMS peut être envoyé, pourquoi pas un mail ? À partir de ces questions, une technologie a été développée qui rassemble les réseaux existants de GSM à la 4G et apporte une connectivité constante partout, pour tous. L'objectif ? Participer à réduire la fracture mobile digitale.

Nicolas Merle, pour Chain-Ops, vient présenter quant à lui la solution Chain-Ops, qui se veut être le premier opérateur de réseaux blockchain pour les entreprises. Experte dans le développement de réseaux blockchain, la société Chain-Ops aide les entreprises à réaliser leur projet blockchain, depuis l'idée initiale jusqu'à la concrétisation finale.

CONCLUSION

David Menga, EDF Lab

Cette journée de séminaire prouve à quel point nous sommes au début de quelque chose qui va venir bouleverser notre quotidien. « Ce n'est que le début, explique David Menga. Ce que nous voyons aujourd'hui, c'est le tout début d'une phase d'industrialisation des moteurs de la blockchain. Quand ils tourneront à plein régime, vous le verrez, ce sera encore autre chose. »

La blockchain sera au centre des modèles économiques des entreprises. Des entreprises plus agiles, décentralisées, en réseau, et entièrement tournées vers le consommateur. Nous entrons dans une ère d'industrialisation. Les technologies blockchain permettent d'apporter des réponses concrètes à des attentes consommateur ayant trait, in fine, au problème majeur de la confiance. Le tout en alliant intérêt personnel et bi



École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Becquerel

En route vers l'Exascale !

Jeudi 23 mai 2019



Coordination scientifique :

- Thierry GOLDMANN (CNRS/IDRIS)
- Christophe CALVIN (CEA)



Renseignements, programme...
www.association-aristote.fr



En route vers
l'Exascale !

aristote

À la croisée des révolutions numériques

EN ROUTE POUR L'EXASCALE !

Séminaire Aristote,
23 mai 2019 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Thierry Goldmann (CNRS - IDRIS) et Christophe Calvin (CEA)

INTRODUCTION

Thierry Goldmann (CNRS - IDRIS) Christophe Calvin (CEA)

L'échéance est proche. Le monde basculera bientôt dans l'ère de l'exascale. Un monde « exa », c'est un monde en milliard de milliard. « Exa » est le préfixe du système international d'unités qui représente 10^{18} . Donc un trillion, en échelle longue. Il provient du grec « six » car il vaut 1000^6 .

Que l'on parle des projets scientifiques européens, chinois, américains ou japonais, l'échéance est toute proche ! Les supercalculateurs vont voir le jour, approchant ou dépassant les 1000 pétaflops, donc l'exaflop. Soit plus d'un milliard de milliards de calculs par seconde... Et si sur le papier c'est envoutant, dans la réalité, cela va changer énormément de choses pour le monde de la recherche, et de l'informatique de manière générale. « Il est plus que temps de faire le point sur les enjeux du monde exascale dans le milieu de l'informatique », estime Christophe Calvin, président d'Aristote et responsable du secteur simulation numérique et Calcul Intensif au CEA. C'est ainsi qu'est né l'idée de ce séminaire, coorganisé avec Thierry Goldmann du CNRS et en charge de l'assistance à la visualisation des données à l'IDRIS.

L'arrivée de l'échelle « exascale » va remettre en cause de nombreux paradigme informatique, dans la manière de coder, de construire les algorithmes et de penser les univers applicatifs (les projets pour lesquels on se sert des supercalculateurs) et de penser les projets de recherche. « Ces avancées vont poser plusieurs défis: des défis technologiques, des défis

économiques, organisationnels et scientifiques. Le but est de les pas-ser en revue dans cette journée de conférences. Nous avons notamment, et je tiens à le remercier, la chance d'avoir avec nous Laurent Cruzet, du ministère de la recherche, qui travaille sur EuroHPC, et nous dira les dernières avancées du projet. »

Comme à chaque fois la conférence Aristote sera entrecoupée de questions et d'échanges. Le but est de produire un discours vivant. D'interagir avec l'auditoire, et de ne surtout pas se limiter à de simples présentations.

POLITIQUE NATIONALE ET EUROPEENNE DU HPC

Laurent Cruzet (MESRI)

L'Union Européenne est à l'aube de gigantesques projets pour le monde de l'exascale. Laurent Cruzet, Deputy Director of the Mathematics, Physics, Nanotechnology and ICT Department Scientific Advisor for HPC and Digital Infrastructures et membre du service pour la stratégie de recherche et de l'innovation au sein du Ministère de l'éducation supérieure, de la recherche et de l'innovation, revient sur l'état des lieux du projet.

En 2016, les pays européens ont lancé un vaste chantier : le Digital Single Market in Europe. Le but est de doter le vieux continent de toutes les structures adéquates dans le monde du digital, afin de ne pas dépendre des marchés américains et asiatiques. Le projet vise à créer une infrastructure de dimension mondiale pour stocker et gérer la données, d'établir

des connexions à haut débit pour transporter toutes ces data, et des structures informatiques de haute performance pour travailler sur ces données. C'est dans cette troisième directive que s'inscrit le projet EuroHPC. Son objectif ? Monter au moins deux superstructures qui atteindront l'exascale, et plusieurs petites, de l'ordre du pétaflop.

Pour construire ces supercalculateurs sur le vieux continent, la Commission Européenne, les Etats Membres et des entreprises privées ont constitué une gigantesque Joint Venture, avec des modes d'organisation complexes entre les pays pour voter (excepté Malte, Chypre et le Royaume-Uni, simples observateurs).

Il faut retenir que le total des fonds levés dépasse le milliard d'euros investis. Comment ? Pour tous les projets, chaque fois que les États membres investissent, la Commission Européenne s'est engagée à mettre au pot la même somme, dans une limite de 486 millions d'euros, financé dans le plan Horizon2020. Ainsi, le budget total public s'élève à 486×2 soit 976 millions d'euros, auquel il faut ajouter 422 millions d'euros issus des entreprises privées.

Qui pour les héberger ?

Parmi les grandes décisions actuelles, la Joint Venture est en train de choisir quels sont les pays qui accueilleront les supercalculateurs. A ce jour, on peut retenir plusieurs choses : la France et l'Allemagne ne se sont pas présentées car ces deux pays espèrent héberger un supercalculateur encore plus puissant, en cours de projet, lui, dans les années qui viennent. On trouve donc trois candidatures pour accueillir des structures pre-exascale. Un consortium porté par la Finlande et qui regroupe la Suède, la Norvège, la Pologne, la République Tchèque et la Suisse; et un consortium porté par l'Espagne avec le Portugal, la Turquie et la Croatie. Un troisième consortium italien, avec la Slovénie, a également porté sa candidature. « Le choix sera compliqué car tout le monde a un dossier solide », prévient Laurent Crouzet.

Pour suivre tous les programmes d'investissements, tous les documents et les argumentaires sont publiques. Chacun peut suivre l'évolution des projets. « C'est un projet d'ampleur, jamais vu en Europe. La Chine, ces dernières années, a bouleversé tous les classements mondiaux, et tous les pays ont vu leur rang remis en cause, à cause de la Chine. On espère qu'avec EuroHPC on restera dans la course, mais surtout, que les machines serviront », conclut le spécialiste.

UN PANORAMA INTERNATIONAL DES INITIATIVES EXASCALES

Par Stéphane Réquena, Genci et Christophe Calvin, CEA

Que se passe-t-il dans le monde du point de vue des HPC ? Christophe Calvin dresse le bilan et fait l'état des forces en présence. « A ce jour, ce n'est pas compliqué, quatre zones sont à observer: la Chine, les USA, le Japon et l'Europe », explique le chercheur.

La situation au Japon est dans un entre deux, puisque le supercalculateur K Computer s'est arrêté de fonctionner en août 2019. Il montait jusqu'à 11,3 pétaflop/s crête et était installé au Riken, à Kobe. C'était un pure MPP, c'est à dire qu'il possédait une suite de processeurs identiques, des Starck, redesigné par Fujitsu. Il se présente en réseau torique, c'est d'ailleurs une des particularités des machines japonaises. Une autre particularité du monde informatique nippon, réside dans le fait qu'ils conçoivent tout, de A à Z. Ce sont eux qui font le hardware et les logiciels, « ils fabriquent tout, jusqu'au clous et aux vis », ironise Christophe Calvin. K Computer délivrait une puissance de 12.6MW. Il a été premier du top500 de 2011 à 2012. Il est maintenant classé 18e. En revanche, il se classe premier du graph500 depuis 2014, deuxième du HPCG depuis 2016.

Mais en parallèle, depuis plusieurs années, se prépare le projet Post-K. Les études ont démarré en 2012, pour lancer le projet en 2014. Depuis, seules quelques infos sont parvenues, au coup par coup. Qu'en sait-on ?

Post-K sera doté d'un budget proche du milliard de dollars. Il aura un processeur ARM (ARM64fx) et un réseau Tofu2 réalisé par Fujitsu. Il devrait être mis en place entre fin 2019 et début 2020 pour entrer en phase de pré-production en 2020, et sera en production pleine d'ici 2021.

Sur quoi travaillera-t-il ? La santé, la prévention des catastrophes naturelles, les questions énergétiques et la compétitivité industrielle, notamment...

Les États-Unis: la grande course

Le contexte économique est là aussi particulier, puisque Barack Obama, en 2015, a signé l'Executive Order Exascale, afin de débloquent des fonds pour mettre en place la National Strategic Computing Initiative (NSCI). En outre, Donald Trump a lancé le 11

février 2019 un plan global de développement de l'intelligence artificielle: l'initiative « Maintaining/Accelerating American Leadership in Artificial Intelligence ». En conséquence, les investissements publics en IA vont être augmentés, et surtout, les ressources fédérales HPC devront être mises à la disposition des projets d'IA.

A21 sera la première structure exascale des États-unis, fournie par Intel et Cray. C'est un système MPP hybride. Il sera doté d'un budget de 500 millions de dollars et possèdera au minimum 200 racks Shasta Cray ainsi que des next gen Intel Xeon CPU de 10 nm (3D Foveros), couplés à des Intel Xe discrete GPU. Le supercalculateur pourrait atteindre les 1300 pétaflops, voire les dépasser.

Frontier, lui, sera doté de 1,8 milliard de dollars de budgets. Les 1300 pétaflops seront son minimum. Ce sera aussi une structure hybride avec des processeurs AMD. Il possèdera 1 Gigabit par MPI Task et au moins 8 PB de mémoire totale. Tout cela pour une puissance maximale de 40 Mégawatt (mais de préférence entre 20 et 30 MW).

En Chine: trois projets en compétition

La Chine reste secrète sur ses projets en matière de supercalculateur. Et il est compliqué d'avoir des informations fiables, et donc, de se faire une idée de l'état d'avancée des travaux.

Dans le cadre du plan de développement, trois projets de structures sont en compétition, issues de trois équipes différentes: Tianhe-3 (basée sur du processeur Arm), Sunway, dont les équipes ont développé leur propre processeur, et Sugon, qui grâce au rachat de la licence AMD, peut produire ses propres processeurs et du x86.

Notons qu'un des principaux enjeux de l'exascale se situe au niveau de la consommation énergétique, « pour éviter d'avoir un réacteur nucléaire à côté du calculateur », métaphore Christophe Calvin. La grande bataille consiste donc à avoir la structure la plus puissante pour un coût énergétique le moins élevé possible.

En Europe: A quand l'indépendance?

De nombreux points de l'état des projets européens ont été présentés dans la première présentation sur le projet HPC (cf. plus haut). Mais Christophe Calvin soulève une problématique majeure en Europe: l'indépendance technologique. C'est pour éviter d'avoir à acheter des processeurs aux autres pays

comme les États-Unis qu'a été lancé le European Processeur Initiative, et réduire la dépendance de l'Europe aux technologies étrangères. « L'enjeu consiste donc à relancer une dynamique industrielle autour du processeur », explique Christophe Calvin.

Enfin, dans le monde, de nombreux mouvement ont eu lieu sur le marché. Par exemple, Nvidia a racheté Mellanox, le premier constructeur mondial de réseau à fines bandes. Hewlett Packard a racheté Cray, pour 1,3 milliard de dollars, et enfin IBM s'est offert Redhat, donc la tendance est à la concentration du marché. Pourquoi ? Car ces entreprises rentrent en concurrence directe avec les Gafa, très présents dans le Cloud et donc, des entreprises qui tirent vers le bas le prix de base des composants. En grossissant par acquisition, ils peuvent rester compétitifs sur le prix des processeurs et des mémoires.

En conclusion, Christophe Calvin explique que l'exascale induit des changements dans la manière de procéder, qu'il faut désormais penser les projets de manières cohérentes, en incluant tout le monde, et en travaillant en boucle entre les concepteurs d'architectures et les cibles applicatives. « On ne peut plus concevoir un code sans savoir sur quelle architecture il va tourner » explique-t-il. Ainsi le portage des applications prendra sûrement plus de temps que d'habitude.

PANORAMA DES PARADIGMES DE PARALLELISATION POUR LES ARCHITECTURES EXASCALE

Par Pierre François Lavallée, CNRS

Exécuter un code informatique sur une structure de supercalculateur pose plusieurs problèmes. La répartition des flux physiques afin de commander les calculateurs et d'exécuter les calculs posent notamment des questions de simultanéité des commandes et de traitement de la mémoire, pour aller chercher et utiliser les informations. Ainsi, lorsqu'on code les applications, il peut se produire des problèmes d'exécution si on ne prend pas en compte cette conception de l'informatique de haut niveau. Et c'est un total changement de paradigme. Le parallélisme n'est pas un problème que l'on traite à la fin, une fois le code établi, ou en plus, quand on a le temps, à la fin du projet. Il faut avoir, dès le départ, une nouvelle approche du code, et penser son application avec ça en tête, dès le design de la structure de l'application.

Selon la loi d'Amdahl, une petite partie du programme qui ne peut être parallélisé limite la vitesse globale du programme. Et

gagner 1% de vitesse d'exécution sur un supercalculateur qui utilise une quantité astronomique d'énergie (et d'argent) ce n'est pas négligeable ! Le problème n'est donc pas seulement « esthétique » ou « de confort », c'est bel et bien une question de fond, pragmatique, écologique et financière.

Pierre-François Lavallée, chercheur au CNRS vient présenter les principales problématiques liées au parallélisme informatique, et prodiguer des conseils, tant au niveau des protocoles que des langages ou bibliothèques à utiliser pour s'attaquer à cette question.

Différents niveaux de parallélisme

Dans un supercalculateur, le parallélisme intervient à différents niveaux.

- 1) Le parallélisme de domaines
- 2) Le parallélisme dû au partage de mémoire
- 3) L'offload (sur structure accélérée)
- 4) La vectorisation
- 5) Le parallélisme d'exécutions concurrentes indépendantes

La parallélisation idéale

En prenant en compte tous ces niveaux, on peut définir un mode de parallélisation idéal, qu'il faut avoir en tête, sachant qu'il est purement théorique, et donc, inatteignable.

Il garantit d'être.

- Portable : il s'exécute sur toutes les machines.
- Performant : Il gère tous les niveaux de parallélisme intra-nœuds définis plus haut, et inter-nœuds (asynchrone, extensible sur un ou des millions de cœurs) et souple.
- Productif : Il optimise la productivité de développement. C'est à dire le rapport entre la performance de l'algorithme et le temps de développement nécessaire. Développez un code parfait sur 100 000 ans ne sert à rien... Ce qui doit lui conférer un caractère accessible, lui permettre de s'introduire dans un écosystème associé (comme les outils de débogage ou d'analyse de performance).
- Pérenne : Il doit passer d'une machine à une autre, donc être basé sur un modèle normalisé, et normé de facto.
- Compatible avec tous les langages qui seront pris en compte par le supercalculateur (HPC)
- Robuste et stable

« Bien évidemment, aujourd'hui, aucun paradigme de parallélisation ne répond à ces critères, tempère le spécialiste. Et aucun n'y arrivera avant les arrivées des premières machines exascales. »

Mais on peut, en mélangeant les modèles, atteindre la parallélisation idéale. « Ainsi une seule stratégie est viable: mêler plusieurs modèles de parallélisation, conclut Pierre-François Lavallée. Et s'attaquer à chaque critère de parallélisation différemment. »

Seul hic dans tout ça : « l'écosystème de programmation et de parallélisation est complexe. Car les protocoles sont riches. Très riches, voire beaucoup trop riches ! », s'exclame le chercheur. Alors ? Comment choisir et faire le bon choix de protocole sur les machines ?

Quand on classe toutes les machines, et les modèles de programmation compatible avec les architectures (voir tableau ci-dessous), la réponse est assez évidente.

« On se rend compte que les protocoles qui ressortent le plus souvent sont MPI et OpenMP. « A l'inverse, toutes celles et ceux qui ont codé sur Cuda vont devoir recoder leur application... », estime le chercheur.

De l'intérêt des bibliothèques !

Attention : pour aller plus vite, il ne faut pas oublier que chaque protocole possède sa bibliothèque de programmation. Mieux vaut s'en servir ! « MPI, par exemple, est très standardisé, avec 879 pages de normes, qui permettent d'exécuter plus facilement des actions » estime M. Lavallée. Les bibliothèques permettent des optimisations de bas niveau et de meilleures performances impossibles à obtenir à la main, une gestion implicite du parallélisme et des accélérateurs, mais offrent aussi, dès que la bibliothèque n'est pas propriétaire, une portabilité extrêmement simple d'une machine à une autre, sans oublier la robustesse et la stabilité numérique, et, très important: une communauté pour poser des questions sur des forums... Bref, dès que c'est possible, il faut opter pour les bibliothèques.

Le chercheur passe alors en revue plusieurs exemples de commandes, et de cas où le plantage peut survenir sans qu'on y prenne garde.

En conclusion, il faut retenir que le parallélisme doit se gérer

dès le départ. Il ne vient pas du nombre de nœuds, que l'on sait gérer depuis longtemps. Le plus complexe se situe en niveau in-tra-nœuds: pour gérer le nombre de cœur, la vectorisation, l'accélération, l'optimisation de la mémoire en cherchant à accéder à de la mémoire rapide.

En outre, il est illusoire de penser n'avoir qu'un seul niveau de parallélisme. Vous serez obligé de gérer le parallélisme dans votre appli, avec des niveaux différents.

MODELE DE PROGRAMMATION ASSOCIES A LA PORTABILITE DES PERFORMANCES - C++/KOKKOS

Pierre Kestener, CEA Saclay, DRF et de la Maison de la Simulation.

En 2011, tout le monde pensait que l'exascale était déjà finie. Que personne ne parviendrait à aller plus loin. « Mais rappelons-nous que les prédictions ne sont pas faciles, surtout pour le futur », ironise Pierre Kestener. Car le développement de ce que l'on appelle « l'intelligence artificielle », même si c'est un peu un abus de langage, a permis de développer tout le secteur et de donner un nouveau souffle au développement de machine Exascale. Car, ce qu'il faut comprendre, c'est que le but n'est pas seulement de développer une machine performante, mais tout un système économique.

Ce qu'il faut savoir: Quand on choisit un modèle de programmation, on veut choisir le modèle qui va nous ouvrir des portes. Qui va nous permettre d'aller plus loin. Or, une même implémentation ne peut pas fonctionner de manière optimale sur toutes les architectures. Elle peut perdre en performance d'une machine à l'autre. Ainsi, étudier la portabilité, revient à chercher les points d'entrée, c'est-à-dire les niveaux d'abstraction, pour écrire un algorithme parallèle, et qui permettront tous d'aller faire fonctionner son application sur une autre architecture, de l'adapter.

La portabilité est un thème en grande réflexion, avec beaucoup de projets de recherche sur le thème, depuis la multiplication des machines.

La question: Quelles sont les solutions qui permettent d'obtenir de la portabilité pour les mêmes performances ?

On trouve principalement deux solutions: les approches par parties directives, Open MP, Open ACC. Mais au-delà de ces solutions nominales il y en a d'autres: les librairies. Elles vont fournir des solutions qui ne se situent pas au niveau du

compilateur, mais au-dessus, et vont permettre de décrire du parallélisme. Beaucoup de librairies existent depuis plusieurs années, comme Kokkos, Raja, Alpaka, Dash-project, Agency... Toutes les librairies sont écrites en C++, pour un détail simple, c'est qu'elles permettent de se situer à un niveau de métaprogrammation pour masquer certains détails hardware.

La librairie Kokkos

Conçue aux États-Unis, elle s'intéresse uniquement au parallélisme en mémoire partagée. On sait que les machines exascales vont avoir des nœuds de plus en plus gros, et c'est là toute la difficulté: comment gérer efficacement ces nœuds ? Donc Kokkos prend le parti de se focaliser sur ce parallélisme, et laisse le parallélisme en mémoire distribué à MPI. Si la maison de la simulation a investi beaucoup de temps sur cette librairie, c'est parce qu'elle fournit les implémentations pour des pattern algorithmiques parallèles, mais elle fournit aussi des outils pour les conteneurs de données, un atout qui n'existe pas naturellement dans OpenMP/OpenACC.

Ce qu'il faut retenir, c'est que Kokkos va permettre d'imbriquer différents niveaux de parallélisme, qui vont s'adapter à la hiérarchie des architectures. Ainsi, Kokkos propose dès le départ de mettre le parallélisme au cœur de la réflexion.

En faisant un test sur l'exemple du noyau de la chaleur, Kokkos permet de faire différents tests, en jouant avec les boucles for, par exemple, et d'adresser beaucoup de questions, tout en étant très productif. En jouant sur les différentes hiérarchies, on peut optimiser la bande-passante. Et ces mêmes codes peuvent être recompilés sans aucune adaptation, pour un GPU, et ainsi permettre d'obtenir d'autres courbes.

PROGRAMMATION A BASE DE TACHES: QUELS DEFIS POUR LE PAS-SAGE A L'EXASCALE

Raymond Namyst, de l'université de Bordeaux, Inria STORM

Dans le monde du code, il existe une manière spécifique de penser les algorithmes: la programmation à base de tâche. C'est une technique de codage qui consiste à découper les actions pour théoriser l'application, qui va offrir, parfois, de nombreux avantages.

Quand on parle de partage des tâches, on parle d'un découplage qui n'est pas uniforme selon les applications. L'algorithme de « tâches » peut être écrit de manière récursive, et non forcément à plat. Si la programmation à base de tâche existe depuis

longtemps, c'était davantage en tant qu'objet d'étude. Mais de nos jours, elle est de plus en plus adoptée dans le monde des supercalculateurs. Car elle y est particulièrement adaptée.

Le principe ? On soumet des tâches à un support d'exécution, à qui on doit faire confiance. C'est lui qui pense l'agencement des actions. On va lui déléguer l'ordonnancement des tâches. Cela veut dire qu'on ne va pas contrôler ce qui se passe en dessous, c'est lui qui va savoir comment placer les tâches sur la machine. « Ce qui n'est pas facile dans l'esprit des programmeurs ! », explique Raymond Namyst. On soumet donc les tâches, qui vont former un graphe, car elles ne sont pas toutes indépendantes, et certaines ne peuvent pas s'exécuter tant que d'autres ne sont pas finies.

Le but pour le support d'exécution (SE), c'est de placer les tâches de manière optimale sur une machine, ainsi, il va surtout mettre en œuvre une politique d'ordonnancement. Plusieurs modes de fonctionnement existent : les SE vont placer les tâches et ensuite faire du « vol de tâches » lorsqu'il y a des pénuries de calculs sur certaines unités de calcul. Des ordonnanceurs essaient de prédire les durées des tâches à l'avance, un peu comme un diagramme de Gant, afin de remplir la machine comme un tétris.

Pierre Namyst montre ensuite un exemple datant de 2008, portant sur la factorisation de Cholesky, pour expliciter comment on arrive à déduire de relation de dépendances entre les tâches et à construire un graphe.

Quel est l'intérêt de la programmation par tâche ?

La portabilité : les programmeurs n'ont plu à prévoir la gestion des blocs de calculs à l'avance.

L'efficacité : on a accès à une dépendance plus fine entre les tâches quand on était par le passé bloqué par des barrières de synchronisation.

L'expressivité : avec la récursivité du processus.

Seul bémol : la compréhension des performances. Quand un programme ralentit, ou affiche de mauvaise performance, comprendre le problème nécessite de rentrer dans un vrai monde de douleur. Et à ce jour, on manque d'outils pour explorer et connaître d'où vient le problème.

L'essor des tâches

Pourquoi les tâches sont en plein essor ? Car elles se prêtent bien aux architectures hétérogènes (CPU + GPU). Comme les tâches ont écrit les données en entrée et en sortie, et si elles ont besoin des données en entrée et en sortie, on sait exactement de quoi elles ont besoin avant de s'exécuter soit sur un GPU, soit sur un CPU. Elles permettent donc de gérer les transferts CPU/GPU convenablement. On n'a pas besoin de faire de l'offloads, ou du transfert de mémoire, on peut donner l'information à l'avance. Ce qui est énorme atout.

Raymond Namyst revient alors sur un exemple sur lequel il a lui-même travaillé: StarPU. Lancée en 2007 il a eu une première version en 2008: l'idée c'est de faire un support où les tâches possèdent plusieurs implémentations. Le système utilise un cache logiciels pour minimiser les transferts CPU et accélérateur, ce qui est plutôt important dans ce type d'application. Ce qu'il faut retenir: Placer les tâches sur l'architecture reste assez simple. Le tout se complique lorsqu'il faut prendre en compte le temps de transfert de données. Beaucoup plus difficile à prédire...

Mais, avec l'université du Tennessee, il a été possible de tester StarPU. Résultat, sur 12 CPU, à peu près 200 gigaflops ont été obtenu en plus grâce à une meilleure répartition des tâches. Et chose surprenante: on peut obtenir plus de flops que la somme des flops que chaque unité !

« Ce n'est pas de la magie, tempère Raymond Namyst, c'est une factorisation. Cela vient du fait que la machine est hétérogène, et que les tâches ont été réparties là où elles s'exécutent le mieux. »

Quels défis et quels conseils pour s'y mettre ?

Pour se mettre à la programmation par tâche, il faut accepter de ne pas avoir une vision globale de l'activité des coeurs.

De plus, si on veut lancer sur une même machine plusieurs applications (ou bibliothèques), qui n'ont pas été programmées par les mêmes personnes, il va falloir co-ordonner plusieurs bibliothèques en parallèle (par exemple, une factorisation de matrice, avec une transformée de Fourier..) Et exécuter du code, pour définir une frontière, même mouvante, entre les deux applications.

L'autre principal défi : gérer la granularité des tâches. Le déséquilibre de puissance de calcul entre les machines peut

coûter cher, si vous exécutez une tâche longue sur un CPU, cela peut vite dériver si votre ordonnanceur se trompe... L'erreur coûte cher dans ce système. Pour cela il faut aller fouiller la granularité des tâches, et à ce jour, les développeurs ont mis en œuvre leurs propres techniques.

VERS UNE SOCIÉTÉ POST EXASCALE

Marc Duranton et Denis Dutoit, du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives

Le chercheur Denis Dutoit présente des réflexions sur l'avenir. Que deviendra le secteur quand l'exascale sera atteint ? « Ce ne sont pas des réflexions personnelles, mais des réflexions que l'on a au sein de l'ETP4HPC, et qui sont le résumé d'un document réalisé conjointement avec BDVA et HiPEAC et présenté en Pologne, lors de la semaine HPC ».

Vers un continuum

La première des choses, c'est que le monde exascale ira vers un continuum. Un cycle continu. C'est à dire que les applications commencent maintenant dès le départ, au niveau des capteurs, elles génèrent des données collectées par des systèmes IOT, qui crée des ensembles de données, du Big Data, traitées ensuite sur le cloud ou sur des architectures HPC, avec des approches d'intelligence artificielle, et c'est cela qui génère de nouveaux services ou de nouvelles applications.

La différence, c'est qu'aujourd'hui, on utilise ces approches pour contrôler des nouveaux systèmes physiques (usines, systèmes, voitures).. C'est là que le HPC devient intéressant car on utilise des systèmes informatiques pour modéliser et prédire le comportement de phénomènes réels, et avec des contraintes dedans.

Tout cela demandera une chose : l'interopérabilité des systèmes. Ainsi le post exascale, ce sera toujours de la simulation, mais avec en plus le traitement des données, et des systèmes d'apprentissage par machine learning. Et il faudra savoir tout gérer.

La courbe du Hype et les assistants personnels

Les assistants personnels, sont, au niveau du consommateur, un aspect visible de l'intelligence artificielle. Pourquoi ? Car il s'agit d'une des facettes visible partout (un milliard de dispositifs Android, 500 millions chez Apple, sur les devices avec haut

parleur comme Amazon Echo, Google Home, ou encore Baidu, qui a vendu autant de dispositifs qu'Amazon).

Toutes ces avancées ont été rendues possibles car en 2005, les progrès en deep learning ont permis de réduire l'erreur en termes de reconnaissance de parole. C'est ce qui a donné l'idée à Google, à l'époque, de faire leur propre système. Pourtant, au même moment, Google mettait en garde: « Si chacun de nos utilisateurs utilisent cet assistant personnel, pendant 3 minutes par jour, il faudra qu'on double le nombre de nos serveurs ». Et on imagine bien qu'au niveau des infrastructures, c'est hors de prix, qu'au niveau de l'alimentation électrique aussi... Donc il faut faire quelque chose. C'est depuis ce jour que Google est sorti du logiciel pour faire du hardware. Par exemple des structures de 180 Teraflops. (Google's TPU2). Ils ont obtenu ainsi une structure de 11,5 pétaflops. pour près de 400 KW. Et chaque année, ils ont de nouvelles structures, avec une puissance de calculs qui double. Des structures plus complexes, aussi, avec une hybridation, et parfois du watercooling.

C'est ce type de machine qui a permis de mettre en place Alphago, l'intelligence de DeepMind, qui a pu apprendre le jeu de go, et battre le champion du monde, mais sans aucune base de données, simplement en lui explicitant les règles du jeu de go. Après 21 jours, Alphago battait le maître et au bout de 40 jours ils l'ont débranché... Alphago dépassait un « hélé » de 5000, soit le meilleur classement de joueurs jamais atteints par les humains jusqu'à présent. Donc a priori, on peut affirmer que cette machine est imbattable au jeu de go. Mais il y a un petit effet de bord: Alphago tournait justement sur Google TPU V2. Alors, si pour la partie entraînement, il a fallu 16 TPU de 180 TFlops, soit 2,8 Pétaflops, pour la partie jeu, où l'intelligence se bat contre un adversaire, cela nécessite 5000 TPU à 90 Tflops soit 450 Pétaflops. Et là, on doit considérer les 200 Kilowatts de puissance, juste pour les structures, sans même évoquer le refroidissement nécessaire, et pendant 40 jours... Devant toutes ces capacités technologiques, On peut affirmer que oui, Google fait du HPC.

HPC et IA

Le chercheur revient ensuite sur les différents modèles d'apprentissage pour une intelligence artificielle, entre données de diagnostic médical, ou alphago. Ce qu'il faut retenir : On voit de plus en plus de pont entre le monde HPC et l'IA, car on utilise de plus en plus de simulations pour améliorer l'IA et inversement, on utilise des approches d'IA pour améliorer les simulations. Par exemple, l'IA peut aider à déterminer

les meilleures conditions initiales, et améliorer la rapidité de simulation.

Des machines hétérogènes

Le problème ? C'est que la loi de Moore n'est pas valable. On ne peut pas doubler éternellement toutes les performances en informatique par des avancées technologiques. Car si vous réduisez d'un facteur a les performances, la physique, dans les détails est plus compliquée que la théorie... Par exemple, le voltage reste sensiblement le même, la puissance du circuit ne diminue plus au carré etc. Pourquoi ? Car il y a au niveau des transistors, des fuites capacitaires.

Des machines hybrides

Pour réduire la consommation énergétique des machines, les architectes produisent des machines de plus en plus spécialisées. Donc avec davantage de GPU. La plupart des machines du haut du top 500, sont ainsi des machines hybrides. Ainsi, la machine de demain sera un orchestrateur entre différents accélérateurs. Même si cela pose des questions d'un point de vue logiciel...

DU CAPTEUR AU SUPERCALCULATEUR, POUR UNE MEILLEURE COMPREHENSION DE LA QUALITE DE L'AIR

François Bodins, Rennes1

François Bodin, de l'université de Rennes1 a lancé un projet de start-up, avec la métropole de Rennes pour trouver une solution afin de faire un suivi de la qualité de l'air. La problématique est simple: outre le fait de mesurer la qualité de l'air dans le temps et l'espace, sur l'agglomération rennaise, les équipes cherchent à analyser la dispersion des polluants par simulation numérique, et, dans une optique d'Open data, de mettre toutes les données à dispositions du grand public. C'est ainsi qu'a été lancé le projet AQMO (Air Quality & MObility).

AQMO consiste donc à mettre en place un système de captation et de gestion des données observées. « Il faut faire une différence entre capter une donnée et mesurer », explique le chercheur. Et notamment lorsqu'on va travailler sur un très grand nombre de data, pour lancer des grandes simulations numériques. Le projet réunit un grand nombre d'acteurs différents, tous spécialisés sur un domaine précis.

Deux solutions se posaient alors aux équipes: soit mettre

en place de nombreux capteurs peu coûteux sur une vaste étendue, et ensuite faire des statistiques pour corriger les biais des résultats, soit mettre en place peu de capteurs, mais plus précis et plus fiables, sur des unités mobiles. Mais il faudra alors gérer la question de la mobilité du capteur et les problèmes afférents. En l'occurrence, les équipes d'AQMO ont opté pour la deuxième solution, en plaçant les capteurs sur des bus, et se sont donc alliés avec la société de transport rennaise: Keolis.

Le choix des capteurs est très important. Le budget rentre forcément en compte, mais aussi les conditions d'utilisation des systèmes. Elles vont avoir un impact sur les choix à faire. Vient ensuite le moment tant attendu de la simulation. Là, à partir du stock de données qualifiées et en fonctionnant sur des CPU, on peut obtenir différents modèles de pollution, du plus fin (quelques heures par CPU) au plus précis (30 000 heures de calcul par CPU par jour simulé), avec une grille fine de l'ordre de 3 mètres. Les calculs ont lieu sur un supercalculateur (exemple la machine Turing de l'IDRIS) mais via un mode de fonctionnement différent. Le projet ne peut plus fonctionner par Batch pour être accessible au métropole, et surtout de permettre de pouvoir lancer les calculs en cas de catastrophe, par exemple, un gigantesque incendie. AQMO tente donc de fonctionner comme un software as a service (SAAS). Car il ne faut pas oublier que pour fonctionner correctement, le temps de réponse est essentiel.

Au-delà du suivi de la qualité de l'air, AQMO pose un grand nombre de questions sur l'organisation autour des données et du calcul. Le projet travaille par exemple avec le service métropolitain de la donnée. C'est lui qui a la charge de la diffusion des données ouverte (open data) et qui doit définir une forme de gouvernance, mais c'est lui aussi qui permet la consolidation avec les sources citoyennes comme Ambassad'Air à Rennes, et le projet de Smart Citizen de Barcelone. En outre, François Bodin explique comment sont stockées, et où sont archivées les données et revient sur les différents modèles de visualisation.

En conclusion, à ce jour si un seul bus est équipé de capteurs, 20 sont attendus d'ici 2020. L'intérêt de ce projet est de questionner la notion de mesures lorsqu'on doit faire des simulations avec un grand nombre de données issues de capteurs physiques. Il faut alors gérer l'erreur dans tout l'écosystème. Cela pose une question de gouvernance de la donnée, de toute sa logistique, et de la pertinence des modèles avec le temps.

PORTAGE SUR GPU D'UN CODE FORTRAN HPC GRACE A OPENACC

Par Jeffrey Legaux, du Cerfacs.

Le but est de voir comment porter sur un GPU un code écrit en Fortran, en passant par le protocole OpenACC.

Face au développement des GPU et aux gains de performance qu'ils apportent à l'informatique, il va falloir peu à peu coder sur de tels systèmes, car ils ne sont pas utilisables tels quels. Pour ce faire, soit on code spécifiquement pour eux, soit on utilise des codes historiques qu'on va porter ensuite vers des GPU. Et la tendance veut qu'on préfère utiliser les codes historiques. « Ils offrent une communauté bien établie, des ressources disponibles, des environnements, des outils... Ce qui est préférable à utiliser des codes totalement nouveaux », indique Jeffrey Legaux. Mais les porter vers un GPU, ce n'est pas forcément évident.

C'est ainsi que le Cerfacs a développé une application, AVBP, qui traite des questions de mécanique des fluides, notamment des phénomènes de combustion. Le chercheur se base pour sa présentation, sur des cas tests: une turbine à gaz, et une simulation d'explosion dans un espace confiné.

AVBP qu'est ce que c'est ?

Un logiciel développé depuis 20 ans, utilisé par 300 personnes, avec environ 20 nouveaux utilisateurs par an. Mais le problème, c'est que la plupart des utilisateurs viennent de la mécanique des fluides, et non pas du domaine de l'informatique. Donc le logiciel doit être accessible.

A ce jour, AVBP a été développé en full MPI pour travailler sur des CPU. Au total, on trouve 200 000 cœurs qui ont un recouvrement d'environ 90%. La question est simple : comment porter cela sur GPU ?

Les contraintes sont nombreuses : les utilisateurs sont novices en code (des thésards débutants en Fortran) et surtout, très peu de profils formés en informatique, notamment en supercalculateurs. Le code doit donc rester simple, et portable. Le but est de le transférer sur GPU.

En outre, la base déjà existante de Fortran doit rester. Il ne faut pas avoir à demander à tous les utilisateurs de recoder les applications de dépôts. C'est pour cela qu'il est impossible de passer par CUDA, mais de se tourner vers OpenACC. Ajoutons qu'il vaut mieux rester sur un modèle de programmation par

directive. Pourquoi avoir préféré OpenACC à OpenMP ? Car OpenACC est plus simple pour écrire sur GPU, qu'il bénéficie d'une communauté active « et très enthousiaste », estime Jeffrey Legaux, et d'un soutien très intensif de la part de Nvidia et de PGI. En outre, OpenMP n'ayant démarré qu'en 2017, il reste trop limité à ce jour, et demande encore d'évoluer.

Deux tests ont été effectués. Sur une approche coarse grain et une approche fine grain. Conclusion : pour un GPU, mieux vaut avoir de grosses boucles de calculs internes, et de petites boucles externes (et l'inverse sur un CPU).

Sur CPU il vaut mieux des petits groupes pour rester dans le cache. Plus on augmente la taille du groupe, plus le temps de calcul augmente. Sur le GPU, le comportement est inverse, plus on augmente la taille des groupes, plus on est efficace.

Après validation des résultats, les nœuds de calculs ont été portés. Mais le fait de passer par MPI au départ (pour gérer la parallélisation), le protocole demande de recopier des nœuds de données sur le GPI. Mais ces recopies font perdre beaucoup de temps...

OpenACC est un bon protocole pour porter un code Fortran sur GPU. Ce protocole fonctionne bien, même si ce n'est pas encore optimisé, les équipes ont obtenu un processus qui fonctionne. Le seul souci réside au niveau de la copie des données qui peuvent prendre beaucoup de temps.

A termes, les équipes espèrent pouvoir réaliser un portage complet des calculs sur GPU, pour obtenir les performances complètes du portage.

MODELISATION NUMERIQUE DU CLIMAT SUR ARCHITECTURES HAUTE PERFORMANCE : QUELQUES SUCCES ET DEFIS A L'ISPL

Par Thomas Dubos, de l'Institut Pierre Simon Laplace. Enseignant chercheur à Polytechnique, au LMD (Laboratoire de Météo Dynamique), un des deux plus gros centres français de modélisation du climat.

Dans le monde de la simulation climatique, l'exascale reste un horizon à long terme, plutôt qu'un projet tangible. Si certains membres de la communauté estiment que les avancées en informatique pourront améliorer les modèles en poussant vers des résolutions extrêmement élevées (de l'ordre du kilomètre), les plus réalistes pensent toutefois que ces perspectives restent très lointaines. En revanche, tout le monde s'accorde

sur le fait que l'exascale pourra donner une direction, une impulsion afin de tirer vers le haut les modèles, et bénéficier à toutes les applications dans le domaine du climat ou de la météo. Avant d'aller plus loin, Thomas Dubos prévient qu'il est atmosphéricien et que sa présentation possède de fait, un biais d'études, et notamment dans le choix des exemples davantage tournés vers des modèles atmosphériques.

Le chercheur commence par quelques généralités sur les simulations climatiques. A commencer par les différences entre météo et climat: différences sur l'objectif (simuler vs modéliser), et les échelles de temps (quelques jours vs plusieurs milliers d'années). En outre, Thomas Dubos précise que dans le domaine de la modélisation climatique, si tout est régi par des équations physiques, il restera toujours des phénomènes nombreux, et non résolus par les équations utilisées dans le cadre des modèles (des turbulences, des nuages, des gouttes d'eau...). Donc il ne faut pas imaginer qu'on pourra faire du climat sans beaucoup de physique sous-maille.

Dans ce contexte, les modèles climatiques ont une résolution de l'ordre de la centaine de kilomètres tandis que les modèles météo, qui vont beaucoup plus vite, peuvent avoir des résolutions bien plus petites (10km). Ces précisions sont importantes, car ce qu'il faut comprendre, c'est qu'un algorithme de modèle climatique doit tourner 1000 fois plus vite que la réalité pour calculer la modélisation sur des centaines d'années, et 10 000 fois plus vite, même, pour un climat ancien. Tandis qu'un modèle météo ira 100 fois plus vite que la réalité.

Comment fonctionne une modélisation climatique ?

Une modélisation climatique est un solveur hydrodynamique. Mais 90% du modèle se concentrera sur la représentation des processus sous maille (les phénomènes physiques non pris en compte dans les grandes équations du modèle). En termes de calculs, « c'est plus complexe qu'un calcul de viscosité turbulente dans un modèle LES... » affirme Thomas Dubos, en précisant qu'il ne veut en aucun dénigrer les experts qui travaillent dans ce domaine...

Mais ce n'est pas tout, à ce solveur hydrodynamique, vient se coupler un solveur océanique (un solveur fluide également, mais calé sur le modèle des océans) auquel il faut rajouter d'autres compartiments de modélisation, comme les surfaces continentales (végétations, hydrologie de surface etc. la glace de mer). Tous ces facteurs doivent être pris en compte car ils

jouent un rôle dans l'évolution du modèle.

Du vectoriel au parallèle

Au départ, les simulations se basaient sur SX8, soit une trentaine de CPU, et un peu de MPI pour la parallélisation. Les rapports de performance étaient bien meilleurs avec SX8 (jusqu'à 8 fois plus élevée par rapport à Itanium ou Optéron)

Le maillage joue une importance capitale sur les capacités de calculs, augmentant considérablement le nombre de données (à paralléliser avec MPI) et donc la performance globale. Par exemple, un maillage de 25km² nécessite près de 1 million de cellules soit environ 10 000 processus MPI.

La capacité à faire tourner le modèle à une certaine vitesse dépend du pas de temps stable maximal que l'on peut obtenir et du temps d'exécution pour avancer d'un pas de temps.

Réduire le temps d'exécution d'une tâche pose donc un gros problème de mise à l'échelle: plus on augmente la résolution, moins on peut faire d'années par jour de calcul.

Les défis

Le premier défi, dans le passage à l'exascale consiste à adapter les codes à de nouvelles architectures (comme dans beaucoup de domaines) soit en portage manuel, soit par insertion de directives OpenACC, mais également par adaptation de la gestion de mémoire...

A l'Idriss, la communauté a établi certaines règles pour le passage au GPU. Ainsi, « Pour être validée, la version GPU d'un code devra ... être en moyenne sur l'ensemble des cas tests au moins 4 fois plus performante que les versions non-accéléérées en comparaison nœud à nœud », explique le contrat de progrès qui a été établi au sein de la communauté.

De même, la communauté de physiciens doit s'interroger et faire différents choix: que ce soit des questions de rétrocompatibilité (certaines parties de codes ont plus de 30 ans), ce sont des codes très touffus, avec de nombreuses ramifications, certaines parties « maisons », évoluent en permanence... Autrement dit, la communauté de climatologue aura-t-elle vraiment le besoin d'investir dans une architecture ? Sera-ce une dépense ou un investissement à long terme ?

L'Institut à ce jour, n'a pas encore fait le choix. Mais elle doit y réfléchir.

MODELISATION DE LA TURBULENCE ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Par Vincent Couaillier, de l'Onera.

Objectif : présenter un type d'application particulier sur HPC, la modélisation de la turbulence par IA. Un procédé qui n'a jamais été réalisé.

A ce jour, la turbulence reste une des choses les plus complexes à modéliser en mécanique des fluides. « Ceci entraîne une mauvaise prédiction des caractéristiques dans les situations hors adaptation », explique Vincent Couaillier. Mais l'Onera a eu une idée. En se basant sur les progrès des structures de calculs, et sur les progrès liés au machine learning, l'institut ainsi qu'une dizaine de partenaires scientifiques ont créé HifiTurb, qui consiste à générer une grande base de données LES / DNS de turbulence pour des écoulements complexes à grand nombre de Reynolds, du moins pour des configurations géométriques fondamentales, et à faire travailler sur ces bases de données un algorithme de machine learning, qui permettrait de fournir « des moyens entièrement nouveaux d'extraction d'information caractérisant les grandeurs physiques et leurs interactions à partir de données massives générées par ces calculs LES / DNS », continue-t-il. Ainsi, espèrent-ils améliorer les modèles de turbulences dans l'industrie.

L'objectif du projet consiste à simuler numériquement pour des modélisations de haute fidélité et d'ordre élevé, (LES ou DNS) ainsi que de cas tests représentatifs de problèmes CFD raides. Le problème c'est qu'il existe des incertitudes opérationnelles liées à la résolution de ces modèles, ainsi que des questions de sensibilités numériques. « Aujourd'hui on travaille sur des modèles de base, le but est de s'en servir pour passer à des modèles où on maîtrise les erreurs » explique Vincent Couaillier. Si l'on ne fait pas de progrès sur ce sujet, on aura toujours des problèmes dans la précision et la représentativité physique des simulations numériques en mécanique des fluides car une modélisation de turbulence peut amener à modéliser jusqu'à 3000 milliards de points. En fonction de la finesse du maillage et du schéma de résolution utilisé, le modèle de turbulence peut conduire à des solutions non physiques et à des calculs instables.

Ainsi l'exascale pourrait permettre de travailler sur de nombreux modèles DNS, ainsi que sur des modèles hybrides LES/RANS, et d'entraîner un modèle à partir d'un autre. En prenant garde, évidemment, aux modèles divergents qui viendraient troubler

les données. Cette méthode, par un algorithme de machine learning, en utilisant des réseaux de neurones, pourrait permettre ensuite, d'appliquer un modèle sur des géométries différentes.

CONCLUSION

Par Christophe Calvin

Suite à ces différentes présentations, le président d'Aristote est ravi d'avoir couvert tous les aspects des enjeux de l'exascale, de futures machines aux enjeux politiques internationaux, des défis techniques, et des questions posées pour l'univers applicatifs... Et il souligne la qualité des présentations. « On a bien compris que peu importe les technologies, l'important c'est de savoir ce que vous devez faire dans le nœud », résume-t-il. « Le principe, c'est qu'il va falloir refaire de la vectorisation. Avant on pensait avec des machines de 200 000 coeurs, il va falloir penser l'hybride CPU GPU, désormais. Heureusement MPI est toujours là, il reste une valeur sûre ». Pourquoi ? Car le nombre de nœuds va croître de manière exponentielle.

« Pendant les 3 ans qui arrivent, il faudra tester vos programmations sur les trois machines disponibles, afin de voir si les algorithmes tiennent le coup. Et nous, on se retrouve dans quelques mois, pour savoir comment cela aura évolué. »

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre Becquerel

« L'hybridation de la matière avec le digital »

Jeudi 13 juin 2019



Light Matters, Erwin Redl, photo © T3N

Coordination scientifique :

- Christine Browaeys (T3Nel)
- Bernard Monnier (MIM)

T3Nel

MIM Monnier
Innovation
Management



Renseignements, programme...

<https://www.association-aristote.fr/lhybridation-de-la-matiere-avec-le-digital/>

ARISTOTE

À la croisée des révolutions numériques

MARIAGE NUMÉRIQUE ET MATIÈRE : MYTHE OU RÉALITÉ ?

Séminaire Aristote,
13 juin 2019 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Bernard Monnier (MIM) et Christine Browaeys (T3Nel)

INTRODUCTION

Christine Browaeys (T3Nel)

D'un côté le monde de la matière. De l'autre celui du digital. Deux univers antagoniques de prime abord, l'un concret, l'autre abstrait. Sont-ils pour autant destinés à s'ignorer ? Evidemment pas, et c'est tout l'objet de cette journée de séminaire, préparée par Bernard Monnier (MIM) et Christine Browaeys (T3Nel).

C'est Christine Browaeys qui prend la parole la première. Ingénieure Grenoble INP-Ensimag et titulaire d'une maîtrise de sociologie, elle a créé en 2008 le bureau de consulting T3Nel (TIC, Textiles, Technologies Nouvelles). Son objectif ? Prouver que l'industrie du textile n'est pas vouée au déclin mais, au contraire, qu'elle peut trouver une seconde jeunesse en s'adaptant aux technologies modernes. Ainsi, au sein de T3Nel, elle cherche à développer des synergies entre les textures textiles et la haute technologie. « Tout est de plus en plus hybridé aujourd'hui, explique-t-elle. La connectique change la donne également, permettant un mariage de plus en plus naturel entre des matériaux complexes et des informations numériques. »

Jusqu'où peut aller cette hybridation ? Que peut-on anticiper, et imaginer, d'une évolution menée de manière commune entre les deux mondes ? « Le numérique permet de tisser plus facilement des passerelles entre les différents domaines de recherche. Les interconnexions entre disciplines sont nombreuses et le numérique est un formidable outil pour accompagner ces évolutions. »

Christine Browaeys, qui a publié cette année un livre sur ce sujet,

« La matérialité à l'ère digitale », paru aux Presses universitaires de Grenoble, insiste sur le fait que cette hybridation du matériel et du digital n'est pas seulement vraie pour le secteur du textile, qui est son cœur de métier. Elle est « interdisciplinaire », et c'est ce que cette journée entend démontrer.

LA MATERIALITE DU NUMERIQUE, UNE REALITE TECHNOLOGIQUE

Bruno Bachimont, directeur de la recherche et de la valorisation de la faculté des Sciences et ingénierie (Sorbonne Université)

Bruno Bachimont, ingénieur civil des Mines, a une double culture, scientifique et philosophique, couronnée à la fois par un doctorat en informatique (Université Pierre et Marie Curie) et par un doctorat en épistémologie (Ecole Polytechnique). Son champ de recherche porte sur les effets du numérique sur notre connaissance et notre mémoire. Après avoir été directeur de la recherche à l'Institut national de l'audiovisuel (INA) et à l'Université de technologie de Compiègne (UTC), il est actuellement directeur de la recherche et de la valorisation de la faculté des Sciences et ingénierie de Sorbonne Université, où il s'intéresse en priorité à la mémoire et la préservation numérique, à la connaissance et au calcul.

Il nous explique d'abord que, tout abstrait qu'il en ait l'air, le numérique, souvent présenté comme « une virtualité indépendante de la matière », ne prend cependant de sens « qu'à travers des concrétisations matérielles que nous construisons et des manifestations sensibles que nous

percevons ». En d'autres termes, nous ne percevons le numérique, ses applications et ce qu'il rend possible, que parce que nous lui reconnaissons un sens. Par ce qu'il permet, par ce qu'il donne la possibilité de réaliser, il devient concret à nos yeux. De ce fait, explique Bruno Bachimont, « il emprunte les chemins de ce que Gilbert Simondon appelait la concrétisation des systèmes techniques, où le principe technique évolue vers davantage d'intégration fonctionnelle. »

Surtout, démontre-t-il, les deux sont intimement liés et les interactions sont nombreuses. Prenons le principe des codes informatiques, ces 0 et ces 1 qui, associés les uns aux autres, donnent du sens. Un sens qui n'existe que parce que l'Homme en a décidé ainsi. C'est là un premier exemple d'interaction de la matière, du réel, vers le virtuel, le numérique. Les interactions, bien sûr, peuvent être inverses : du numérique vers le réel. Bruno Bachimont prend l'exemple du copier-coller. « Pour la première fois de l'histoire, avec cette technique, nous pouvons recopier sans lire. On passe donc d'un paradigme de la lecture à un paradigme de la manipulation. » Ecrire, jusqu'à présent, c'était reprendre, se réapproprier les choses : dans ce contexte, plagier, c'était reprendre quelque chose que l'on s'approprie : j'en avais la connaissance, je l'avais lu, je l'avais appris et je le reprends à mon compte. Avec le copier-coller, on entre dans une autre acception : on ne fait qu'assembler des choses ; des choses que l'on n'a pas forcément lues et apprises. Là, c'est de la manipulation. Mais c'est aussi bien pratique...

Revenons aux codes pour comprendre à quel point. Si l'on veut coder, écrire un programme informatique, on va d'abord chercher à reprendre des blocs entiers qui existent déjà. Il y a en effet toutes les chances que quelqu'un, quelque part, ait déjà travaillé sur les mêmes sujets. Je prends donc ces blocs et vais ensuite les modifier, plus ou moins à la marge, en fonction des besoins. Je peux aussi les reprendre sans rien comprendre. Et, en plus, cela va fonctionner !

Tout cela pour dire quoi ? Simple : pour démontrer un « glissement de l'intellect vers le matériel », des interactions de plus en plus multiples entre ces deux mondes qui nous occupent aujourd'hui. « Ce n'est plus vous qui lisez les textes, c'est la machine qui les choisit en fonction de vos recherches. L'humain n'arrive plus qu'en rang deux, mais sans lui, rien de cela ne serait possible pour autant. Cette évolution vers le numérique, c'est un glissement de paradigme. »

Cela pose finalement la question du savoir. Qu'est-ce que le savoir, aujourd'hui ? Est-ce de la mémoire, c'est-à-dire accumuler les connaissances, être un puits de sciences ? Ou est-ce de l'imagination, c'est-à-dire être capable de transcender le savoir pour concevoir d'autres choses ? A ces catégories répondent

deux personnages historiques. Saint-Thomas, dans le premier cas, reconnu pour sa formidable capacité à accumuler le savoir par sa mémoire. Einstein dans l'autre, porté aux nues non pour sa mémoire mais sa capacité d'intuition qui lui a permis d'appréhender des choses nouvelles et de porter la science vers des rivages jusqu'alors inconnus. Saint-Thomas est l'image même du savant d'avant l'imprimerie. Einstein est l'image même du savant moderne. Aujourd'hui, le savoir, c'est la prolongation de la technique. Et cela, c'est bien le signe que le digital et la matière sont entrés en interconnexion permanente.

CE QUE PEUT LA MATIERE : QUELQUES ELEMENTS DE REFLEXION A L'ECHELLE DU NANOMETRE

Xavier Bouju, directeur de recherche au CEMES-CNRS à Toulouse

Après avoir vu que les interactions entre matière et numérique étaient légion, il s'agit maintenant, avec Xavier Bouju, de voir comment, très précisément, cela peut se jouer. Se jouer au sens premier, presque, car l'on va parler ici de... courses de nano-voitures. Un jeu tout ce qu'il y a de plus sérieux en réalité. Xavier Bouju a en effet obtenu un doctorat de physique à l'université de Franche-Comté (Besançon) en 1993. Après un séjour post-doctoral à l'université de Namur en Belgique, il a été recruté au CNRS comme chercheur en 1996. Il est maintenant directeur de recherches au CNRS et travaille au CEMES-CNRS à Toulouse. Ses travaux portent notamment sur des simulations numériques du comportement de molécules. Explications.

Des molécules, et a fortiori des atomes, peuvent être considérés comme un constituant ultime de la matière. Et il est maintenant possible de les manipuler, et ce de manière parfaitement contrôlée, grâce aux outils du digital. C'est dans ce contexte que se sont créées des voies de recherche nouvelles, notamment basées sur le concept de « techno-mimétisme ». Il s'agit ici de créer des objets moléculaires rappelant nos objets du quotidien. L'idée ? Ces atomes, on ne les voit pas, mais on peut les toucher, on peut entrer en interaction avec eux. Donc, finalement, les rendre concrets.

A l'origine, et ce en 2007 déjà, il est d'abord question de créer une brouette moléculaire. On s'explique : de la même manière qu'une brouette est conçue pour rouler, l'ambition est alors de voir si l'on peut fabriquer une molécule-brouette qui aura les mêmes capacités de déplacement. Les chercheurs modélisent cette molécule-brouette et tentent de la faire se mouvoir. Cela se solde par un échec. C'est tout juste, alors, si on arrive à lui donner un mouvement de rotation. Mais en aucun cas elle ne

bouge. Les recherches se poursuivent néanmoins. Puisque cette molécule roule, cela signifie que l'on vient de créer une nano-roue. Et si, du coup, on cherchait à créer une nano-voiture pour faire une course ?

C'est ici qu'entre en scène cette course de nano-voitures que l'on évoquait. Son nom, la NanoCar Race. Six équipes internationales relèvent le défi : française, suisse, allemande, japonaise, américaine et austro-américaine. Un parcours est imaginé, avec deux virages entre la ligne de départ et celle d'arrivée. La course se déroule en avril 2017 à Paris. Et le vainqueur est : deux vainqueurs, l'équipe autrichienne en 1h30 et l'équipe suisse, dans une autre catégorie, en 6h. Une seconde course est prévue pour 2021. Treize équipes sont déjà inscrites.

Au-delà du « fun », il y a dans cette course des applications très concrètes à retirer. On a réussi à rendre concrète la matière : visible, manipulable. L'interaction est donc pleine et entière, une fois encore.

INTERACTIONS HUMAIN/TEXTILE/ENVIRONNEMENT A L'ERE DIGITALE

Xianyi Zeng, directeur du laboratoire Génie et Matériaux Textile (GEMTEX)

Xianyi Zeng, professeur de classe exceptionnelle en Section CNU 61 (Génie informatique, automatique et traitement du signal) à l'Ecole nationale supérieure des Arts et Industrie Textiles (ENSAIT), est également directeur du laboratoire Génie et Matériaux Textile (GEMTEX). Il vient nous parler des textiles intelligents. Dit autrement, il s'agit de voir ce que devient le textile à l'ère du digital. Et la réponse est que le potentiel est gigantesque !

Le but ? Faire en sorte que nos vêtements, demain, bénéficient d'interactions optimisées pour s'adapter à l'homme et à son environnement. Cela passe notamment par l'intégration de dispositifs électroniques dans un vêtement. Autant de techniques qui peuvent par exemple permettre de pouvoir procéder à des diagnostics médicaux, automatiques et à distance.

Xianyi Zeng présente le contexte historique, d'abord. « Voici donc l'ère de l'industrie 4.0, explique-t-il. La première révolution industrielle a été marquée par l'invention des machines mécaniques à la fin du 18^e siècle. La deuxième s'est construite avec l'électricité et la production de masse à la fin du 19^e siècle. La troisième avec les robots et l'automatisation dans les années 1970. Aujourd'hui, arrive la quatrième de ces

révolutions industrielles, marquée par le big data, la traçabilité, par la combinaison entre technologies de l'information et les matériaux. »

Appliqué au textile, cela donne deux grands types de matériaux et de textiles intelligents : passifs ou actifs. C'est-à-dire simples capteurs, capables de recevoir des informations et d'en faire part, dans le premier cas. Ou « actionneurs », c'est-à-dire capables d'agir par eux-mêmes en fonction des informations qu'ils reçoivent, dans le second cas. Des exemples ? Un textile qui va changer de couleur si un diabète est repéré, un autre qui va réagir différemment en fonction des variations de températures, augmenter ou réduire les « pores » du textile par exemple, pour aider à mieux respirer ou à mieux garder la chaleur...

La fibre graphène est, dans ce cadre, un produit star de demain. Un autre exemple avec la technologie LilyPad Arduino. Imaginée d'abord pour capturer et transformer les pas de danses en datas pour pouvoir les analyser, cette technologie, en plus d'être une aide à l'apprentissage ou à la chorégraphie, offre des potentiels de développements dans d'autres disciplines : ces capteurs peuvent aider à suivre l'évolution d'un fœtus par exemple. Et donc à avertir quand quelque chose ne va pas. Idem avec les variations du rythme cardiaque. Relié au cloud et à un smartphone, de quoi sauver des vies. Ces capteurs textiles, plein d'électroniques embarquées, sont l'avenir du textile. Ils sont, surtout, une nouvelle démonstration que la matière et le numérique sont fait pour s'entendre.

DE LA TECHNO-CRITIQUE DE L'INFORMATIQUE UBIQUITAIRE A L'INNOVATION SOCIALE ET NUMERIQUE : VERS UNE ETHIQUE CREATIVE DES TECHNOLOGIES

Marie-Julie Catoir-Brisson, laboratoire Projekt

Poursuivons notre exploration de l'hybridation entre matières et digital, et de ses multiples manifestations. Il s'agit, ici, de partir à la découverte des applications culturelles, permises grâce à des interfaces de plus en plus intuitives, spectaculaires et émotionnelles. Quels nouveaux imaginaires cela offre-t-il ?

Marie-Julie Catoir-Brisson évoque le projet Embody, mené par Melissa Painter dans le cadre du festival Nouvelles frontières de Sundace, en décembre 2018. Le principe ? Un avatar qui guide l'utilisateur pour reproduire les bons mouvements. Autre exemple, avec le Festival de Cannes qui, cette année, a proposé un espace XR (réalité augmentée). Ou encore les travaux menés par le studio Apelab, avec le projet Sequenced, depuis 2014. Ici, il s'agit d'une série d'animations et d'interactions conçues

pour mobiles, casques Oculus ou écrans, avec une intrigue qui évolue en fonction des mouvements effectués par les utilisateurs.

Multiplier ces exemples, c'est mettre en lumière le succès de ces « jeux ». Ils sont le signe que la relation à l'autre évolue à l'aune de ces interfaces numériques. Dit autrement : on ne cesse de nous répéter que tout cela est immatériel, mais pourtant ! Si cela existe, si cela se multiplie et s'étend, c'est bien le signe d'interactions nouvelles Concrètes. Pour preuve : le projet Social Textile, initié par le MIT depuis 2015. Le principe : faire en sorte de proposer un service de messagerie directement intégré à un tee-shirt.

L'idée est ainsi de réinventer un réseau social numérique. Concrètement, on a un tee-shirt intelligent, une appli et une interaction entre personnes : les centres d'intérêts communs apparaissent sur le tee-shirt. Cela permet de se reconnaître dans un même endroit, sans même s'être encore adressé la parole. Dès qu'il y a une interaction, le tee-shirt peut se mettre à vibrer, avertissant les personnes concernées.

Marie-Julie Catoir-Brisson, de son côté, travaille sur le projet Som'health, pour « sommeil et santé ». Les applications, on le voit, sont ce que l'on veut bien en faire, du plus ludique ou plus sérieux.

ENTRE CORPS HUMAIN ET CORPS BÂTI : LE RÔLE DU TRAITEMENT PARIÉTAL DANS L'ESPACE ARCHITECTURAL

Alessandro Vicari, architecte, chargé de cours Séminaire Design à l'École Polytechnique

Alessandro Vicari est architecte. Ses projets interrogent et croisent les différentes dimensions de la conception : l'espace urbain, l'ambiance domestique, les objets. Il considère l'architecture comme un phénomène culturel, dont les formes matérielles deviennent signifiantes quand elles s'articulent autour des questions du temps, de l'espace et des comportements.

Ce qui l'intéresse ici, c'est le développement des nouvelles technologies digitales qui, à ses yeux, annonce une prochaine altération de la relation humaine aux objets (via l'internet des objets) et à l'architecture (via la réalité augmentée). Son intervention nous replonge dans le passé pour démontrer que cette altération, pour étonnante qu'elle nous paraisse, est en réalité quelque chose d'ancien.

Ainsi, en questionnant la théorie et l'histoire de l'architecture, Alessandro Vicari souligne l'importance de la perspective culturelle dans la manière d'appréhender le monde et de le

comprendre. Ou comment, finalement, l'homme, de tout temps, s'est appliqué à entrer en contact avec la matière, pour se la faire sienne, pour la modeler suivant ses désirs. Bref, pour y imprimer sa marque.

C'est vrai depuis l'époque de l'art pariétal avec, par exemple, les traces de main retrouvées dans la grotte Chauvet : on a ici un rapport direct avec la matière, la paroi. Donc avec l'espace. Cette trace de main impose la présence du corps à la nature. C'est le signe que l'homme, depuis toujours, interagit avec son espace environnant. Et c'est encore vrai aujourd'hui avec l'aide et l'apport de la technologie.

L'INTERACTION AVEC DES OBJETS HYBRIDES NUMÉRIQUES POUR LE PATRIMOINE CULTUREL

Valérie Gouranton, maître de conférences, INSA Rennes, Irisa-Inria

Comment les technologies numériques permettent de préserver la matière ? En l'occurrence quand on applique cela à l'archéologie. « Les méthodes et outils des réalités virtuelle, augmentée ou mixte permettent aujourd'hui d'envisager de nouvelles approches de travail autour de l'objet dans les métiers du patrimoine culturel », explique Valérie Gouranton. Titulaire d'un doctorat en Informatique de l'Université de Rennes 1, elle est maître de conférences en Informatique à l'INSA Rennes depuis 2006, et est l'auteur d'environ quatre-vingts publications internationales. Ses travaux la font s'intéresser aux réalités virtuelle, augmentée ou mixte, à l'interaction 3D et aux environnements virtuels collaboratifs. Le tout avec des domaines d'applications aussi variés que l'industrie, la médecine, les arts ou encore le patrimoine culturel.

Appliqué à ce dernier domaine, l'idée est d'utiliser des techniques de numérisation issues de la médecine qui permettent de révéler de manière précise l'intérieur des objets sans les toucher ni, donc, risquer de les endommager. Il s'agit donc de modéliser, d'utiliser le numérique, pour ne pas nuire au réel. Valérie Gouranton prend l'exemple d'une momie de chat, découverte en Egypte. Comment déterminer ce qu'il y a dedans sans la fouiller et, donc, la détruire, au moins en partie ? Simple : cette momie est numérisée en 3D et, ensuite, la réalité augmentée aide à examiner le tout. On découvre ainsi, sans la toucher, que dans la tête se trouve une pelote de chanvre et, partout ailleurs dans le corps, un magma d'os. Conclusion : on a là plusieurs chats et non un seul.

Cet exemple pour dire quoi ? Simple : qu'en partant d'un matériel archéologique il est possible, grâce aux techniques

numériques, de numériser, puis analyser les données, imprimer en 3d, rajouter de la réalité augmentée. L'interaction des deux mondes est parfaite, concrète et, surtout, très utile.

Autre exemple avec la tombe princière de Warcq, dans les Ardennes. A l'œil nu, on ne voit quasi rien. Après numérisation du site et analyse des données, on distingue bien mieux un char, deux chevaux, une personne, etc. Ou encore, pour s'en tenir à ce dernier exemple, cette reconstitution d'un navire du XVIIIe siècle. On ne disposait que des plans du bateau et l'historienne qui suivait le dossier s'étonnait, au vu des dimensions indiquées, de voir qu'il était fait mention de 138 hommes à bord. Avec un simple plan, il est difficile de se rendre compte. Mais à partir de ce plan, sans construire réellement, on peut reconstituer ce bateau virtuellement et ainsi vérifier si oui ou non, ces 138 hommes sont possibles ou si c'était une erreur. La réponse ? C'est possible, oui.

UNE EXPLORATION DES ELEMENTAIRES-COMPOSITES : ECRITURE NUMERIQUE ET MATIERE IMAGEANTE ASSOCIEE

Sultra & Barthélémy, artistes, chercheurs (hybridations matières/digital)

Sultra & Barthélémy travaillent ensemble depuis 1990. Leur travail, dès l'origine, interroge la photographie et les techniques numériques : comment marier art et numérique... Ils œuvrent pour un art numérique, symbole, encore une fois, des interactions entre matière et technologie. Depuis plusieurs années, Sultra & Barthélémy incorporent dans leur art des flux d'informations couplés à des textiles. En d'autres termes, ils inventent le textile-écran ou, si l'on préfère, l'écran-tissé. Le tout est fait de multiples interactions.

Imaginons ainsi des personnes portant sur eux des textiles-écrans, interconnectés. On les place dans une même pièce et les interactions entre ces personnes vont avoir une influence sur ce qu'il se passe sur ces textiles-écrans... L'homme agit sur la technologie rien qu'en se déplaçant et on lui fixe comme règle d'agir à son tour en fonction de la technologie, suivant que sa veste s'allume ou s'éteint. Ou comment, en somme s'arrimer à la technologie pour en faire de l'art.

LE PHYGITAL : ENTRE CORPS BIOLOGIQUE ET CORPS DIGITAL

Judith Nicogossian, anthropobiologiste à l'Institut des Neurosciences de Grenoble

Judith Nicogossian est anthropobiologiste, philosophe et chroniqueuse spécialiste de l'impact des techniques et des technologies sur le corps humain en matière de santé. Elle s'intéresse à la complexité des interactions entre le vivant et le culturel. Elle nous explique comment, entre monde matériel et monde digital, le corps hybridé aux technologies se surcharge de signes, dans la construction de « territoires de sens ».

Le digital contribue en effet à l'émergence d'un mode de communication nouveau, double, porté à la fois par le sens des mots et le sens « non-verbal ». Dans le virtuel, la présence non-physique ne signifie plus l'absence. De même, le corps virtuel devient la copie exploitable du corps physique, en ce sens que tout est traduisible en données, comme l'évoque par exemple la fonction du jumeau numérique en matière de santé. C'est cette interpénétration de deux univers qui est suggérée par la contraction donnant naissance au mot « phygital ».

Cette hybridation est intéressante. Que l'on songe, par exemple, aux considérations liées aux espèces animales avec, pour ne citer que lui, l'ornithyrynque. Et nous-mêmes, d'ailleurs, sommes le fruit d'une hybridation entre Homo-sapiens et Neandertal.

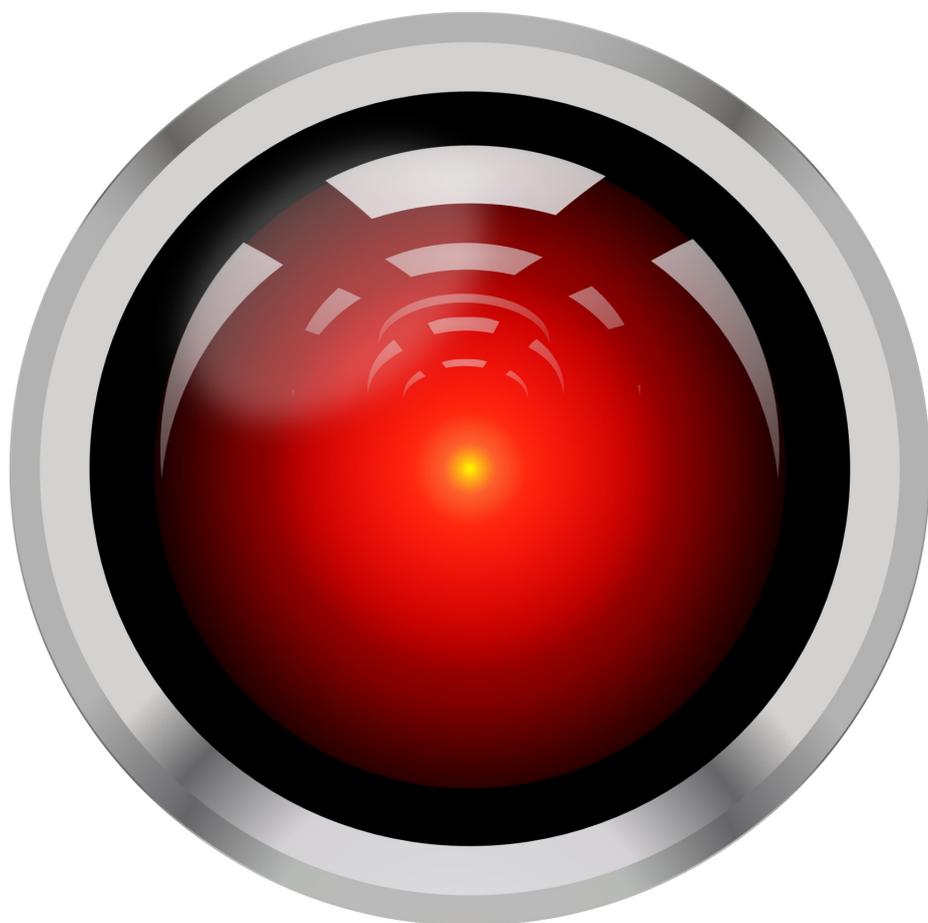


École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre ARAGO

L'IA est-elle explicable ?

Un coup d'oeil furtif dans la boîte noire des algorithmes de l'IA

Jeudi 17 octobre 2019



Coordination scientifique :

- **Christophe DENIS** (LIP6/Sorbonne Université)
- **Jean LATIERE**
- **Julia PETRELLUZZI** (Doctorante en Droit et intelligence artificielle)



Renseignements, programme...

<https://www.association-aristote.fr/lia-est-elle-explicable/>

ARISTOTE

À la croisée des révolutions numériques

L'IA EST-ELLE EXPLICABLE ?

Séminaire Aristote,
17 novembre 2019 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Christophe DENIS (LIP6/Sorbonne Université), Jean LATIERE,
Julia PETRELLUZZI (Doctorante en Droit et intelligence artificielle)
Avec la présence d'Etienne Klein

Christophe Calvin, président d'Aristote, introduit rapidement la journée, car le programme est dense. Mais face au nombre de personnes élevé dans la salle, il souligne l'importance de l'explicabilité de l'IA à l'heure actuelle. Et notamment la question juridique que cela pose. « Ces notions de transparence, d'explicabilité et de reproductibilité vont permettre d'avoir une acceptabilité - ou non - de l'intelligence artificielle. Cela ne répondra pas à toutes les questions, mais permettront de clarifier notamment les aspects législatifs, un des enjeux majeurs. »

L'IA VA-T-ELLE MODIFIER LA NOTION D'EXPLICATION ?

Alexei Grinbaum, du CEA IRFU

En partant de plusieurs photos (un homme qui refuse de serrer la main à un robot, une vieille dame qui joue avec un robot) Alexei Grinbaum pose la question de la prédiction : « L'homme refuse-t-il car il ne sait pas prédire ce que va faire le robot ? », mais aussi de l'imitation, « qui imite qui sur cette image ? », il y a un problème d'imitation mutuelle, la machine apprend sur les données qui va reproduire ce que fait le robot. Donc il y a beaucoup de notions abstraites derrière l'IA, qui définissent à un certain point la question de l'éthique.

Ceci est d'autant plus important que différents agents tournent autour de la notion d'IA. Entre les designers, les programmeurs, les entraîneurs, les opérateurs, les utilisateurs... Qui est responsable ? On peut ainsi prendre la question de l'éthique de l'IA sous plusieurs angles, « et un des angles est de cartographier les choses en parlant des valeurs », explique le chercheur. Sécurité, transparence... La loyauté, par exemple, est une valeur qui a un sens différent pour l'IA que pour les autres systèmes.

Le chercheur donne ainsi plusieurs exemples: comme Lee Sedol, qui a perdu face à Alphago. Ou avec la reconnaissance faciale, dont les valeurs peuvent dépendre de la culture, des pays, et cela a une incidence in fine sur l'explicabilité. Par exemple, la manière dont on caractérise les visages dépend de la langue par exemple, on n'a pas les mêmes mots, ni le même nombre de mots pour définir les caractéristiques des visages. De même, si l'on parle à la police, l'explicabilité ici, n'est pas un souci. La police veut juste savoir si la personne a été reconnue. Elle s'arrête là. Mais dans le cadre de la médecine, par exemple, il faut aller plus loin. Un médecin ne peut pas se limiter à dire: « là vous avez du rouge ». « Le même algorithme pour la police ou le médecin, n'a pas besoin d'une même niveau d'explicabilité. Car dans son interaction, le médecin a besoin d'aller plus profondément dans le langage, pour comprendre les défaillances possibles. » L'explicabilité n'est pas la même selon l'utilisateur, ou alors où l'on se situe, en Californie, en Russie ou en Chine.

Par l'exemple du film Ex Machina ou avec des chatbots, Alexei Grinbaum, expose des différences de sauts de langages d'éléments inhumains par apprentissage par renforcement. Où à un moment, les robots ne comprennent pas. Car apprendre sans comprendre introduit de l'inhumain dans le comportement des machines. Donc l'explication est au centre des débats. Ce n'est pas le seul problème, mais il est au centre.

Pourquoi est-ce important d'expliquer ?

Ce n'est pas une question de prédiction du comportement, ni pour comprendre une panne que l'explicabilité est nécessaire, mais c'est bien pour la confiance ou la communication sociale.

« Le médecin a besoin d'interagir avec le patient, donc besoin d'expliquer pourquoi. Cela crée le besoin d'ouvrir la boîte noire. Et pourtant ce n'est pas actuellement possible. Aujourd'hui pour un agent conversationnel, les espaces de phases atteignent 1,5 milliards de paramètres, ce n'est pas possible de tout expliquer », ajoute-t-il. Ouvrir les boîtes noires veut dire raconter une histoire. On a besoin d'expliquer pourquoi. On ne peut pas être tenu responsable si on n'a pas de récit sur un système.

Alexei Grinbaum revient alors sur le dilemme du tramway. La réponse à ce dilemme dépend des cultures sociales : aux Etats-Unis, en Asie, les réponses ne sont pas les mêmes. La sociologie des victimes du tramway est donc à prendre en compte.

«ÉPISTÉMOLOGIE DES MODÈLES ET DEMANDES D'EXPLICABILITÉ POUR L'APPRENTISSAGE MACHINE»

Franck Varenne, Université de Rouen

Pourquoi l'explicabilité ? Il y a en ce moment une demande d'explicabilité. notamment en apprentissage machine, pour comprendre et savoir si c'est un effet de mode ou non. Et l'épistémologie se penche en ce moment sur le sujet. Mais ici, la demande d'explicabilité vient de nombreux acteurs. D'une part car à toute nouveauté technologique s'adjoint un certain nombre de questions éthiques, donc le régulateur s'interroge, mais aussi sur ce sujet, de la part des ingénieurs et des développeurs, car le manque d'explicabilité pose des problèmes d'acceptabilité technique. Et enfin le sujet pose des questions pour la recherche académique, car cela pourra bloquer si on n'est plus capable d'expliquer. La science naît de la science. Moins d'explicabilité, c'est moins de questions posées. Serait-ce la fin de la recherche académique ?

Discutant les définitions d'un article de Mittelstadt sur l'interprétabilité et les contredisant, Franck Varenne et Christophe Denis ont retravaillé les définitions importantes du sujet :

Interprétabilité d'un modèle: « propriété qu'a un modèle de se voir composé d'éléments (signes, symboles, figures, concepts, données, etc.) qui ont chacun un sens [c'est-à-dire un référent possible] pour un sujet humain »

Explicabilité (de l'algorithme à AM ou des sorties de l'AM) : « capacité de déploiement et d'explicitation de cet algorithme ou de ses sorties en séries d'étapes reliées entre elles par

ce qu'un être humain peut interpréter sensément comme des causes ou des raisons »

Compréhension d'un phénomène, ou d'un calcul (cumprehendere) : il y a compréhension d'un phénomène quand notre esprit dispose de la possibilité d'en unifier les manifestations successives ou diverses sous une représentation unique et aisée à concevoir.

Modèles explicables

Dans une troisième partie de son exposé, l'épistémologue revient sur les différences entre les modèles expliqués et modèles explicables. « En physique, certains modèles sont explicables par l'explication du système cible qu'ils modélisent. C'est le cas pour la chute des corps par exemple. Mais ce n'est pas toujours le cas, et plus particulièrement, ce n'est pas le cas dans les algorithmes par apprentissage machine », explicite le chercheur. Par exemple, on ne sait pas pourquoi on fait la différence entre un chat et un chien, et finalement, on ne sait pas pourquoi la machine le fait non plus. En IA symbolique, en revanche, c'est comme un modèle scientifique, on a à la fois de l'expliquant et de l'explicable.

Cas particulier des modèles à apprentissage machine

« Dans le cas des algorithmes à réseaux de neurones, le système met en place des modèles non linéaires reliant les valeurs prédictives et les valeurs prédites: les valeurs prédictives interagissent fortement, donc on ne peut plus parler de simples corrélations », explique le chercheur. « Et dans le cas de modèle non linéaire à arbres de décision, les étapes élémentaires restent interprétables une à une, mais le processus d'ensemble n'est pas pour autant aisément sensément résumable : il n'est pas compréhensible » Dans le cas des réseaux de neurones, on met donc en place des « paris métaphysiques sous-jacents », qui sont des hypothèses métaphysiques minimalistes sur le fonctionnement même des algorithmes. (Voir le rapprochement récent entre l'analyse par ondelettes et les réseaux de neurones convolutionnels: Stéphane Mallat, "Understanding deep convolutional networks". Phil. Trans. R. Soc, 2016.)

Ainsi, les modèles par apprentissage machine ne peuvent pas hériter directement leur interprétabilité et leur explicabilité du caractère réaliste et causal des interactions qu'ils modélisent dans leur calcul. Ce défaut fragilise les pratiques de vérification, de validation et de diffusion voire d'appropriation par les utilisateurs. Il remet en cause la confiance dont on parlait plus haut.

En conclusion:

Outre différentes définitions reprises dans sa thèse, Franck Varenne et Christophe Denis estiment que par leur approche « signal » et le faible rôle donné à la sémantique, les modèles prédictifs à AM ne prétendent pas représenter de causalité et s'apparentent aux modèles d'analyse de données. Or les modèles à analyse de données classiques reposent sur des hypothèses métaphysiques minimales concernant (les contraintes pesant sur) la structure des signaux qu'ils prennent en compte. Ainsi, ils suggèrent que certaines techniques à apprentissage machine ne semblent pas reposer sur des hypothèses de structure du signal qui soient aussi claires ni interprétables pour nous à l'heure actuelle.

En outre, l'absence de représentation d'une causalité reste à l'origine des points de fragilité de l'apprentissage machine déjà signalés dans la littérature.

Parmi les questions du public, une personne interroge le chercheur sur la traduction de ce modèle explicatif. A qui incombe cette tâche ? Le Développeur, le data analyst ? le designer ?

Selon le chercheur, c'est un métier à inventer. Toute la question de l'informatique est qu'elle procède par feuilletage, il faudrait ainsi créer de l'épistémologie appliquée en entreprise.

EXPLICABILITÉ ET ÉTHIQUE D'APPLICATIONS IA DANS LE DOMAINE MÉDICAL

Christophe DENIS et Judith NICOGOSSIAN, Anthropologue.

Pourquoi de l'IA dans la santé ? On est en explosion démographique. Donc face à la croissance de l'espérance de vie, comment faire pour que ces années ajoutées soient des années en bonne santé ? Et autre point, comment soigner ce nombre grandissant de personnes, en réduisant les coûts, et en économisant les ressources.

Le but est d'aller vers une médecine 4P: prédictive (exemple par la génétique), préventive, personnalisée (adaptée au métabolisme, ou à la culture/croyance) et participative, car si le patient est acteur de son parcours de soin, la médecine est plus efficace.

L'IA est le bras armé de la médecine numérique: utilisation des réseaux de neurones pour reconnaissance d'image, éviter les effets indésirables de certains médicaments (faire des simulations...).

Christophe Denis redéfinit alors la santé selon l'OMS, comme un « état de complet de bien-être physique, mental et social.

Il ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». En 2006, cette définition de 1946 a été complétée par le fait qu'une opinion publique éclairée et une coopération active de la part du public sont d'une importance capitale pour l'amélioration de la santé des populations. D'où l'importance de l'explicabilité de l'IA si elle est vouée à jouer un rôle plus important dans la médecine.

Ivan Illich est lui allé plus loin en affirmant que la colonisation médicale de la vie quotidienne allie les moyens de soins. L'idée c'est de placer l'humain au cœur des dispositifs, notamment pour favoriser l'autonomie des populations.

On a pas attendu les réseaux de neurones pour mettre de l'IA dans la médecine, déjà en 1970 existait un système, le « Rule-Based Expert System » qui permettait d'adapter la posologie des médicaments en fonction des patients. « Ce système n'a jamais été utilisé, non pas par soucis de performance, mais par une question d'acceptabilité. C'était compliqué, cela posait des questions juridiques aussi, et l'acceptabilité du public n'était pas au rendez-vous ».

Autre exemple, en 1979, Eliza, par Joseph Weizenbaum, était une sorte de chatbot qui simulait une relation entre un psychanalyste et son patient. Basé sur un fonctionnement simple qui reformulait les questions, et Eliza répondait « I understand », lorsqu'elle ne comprenait plus rien.

Déjà des utilisateurs devenaient dépendants vis-à-vis de cela. Il créait un effet de dépendance, appelé Eliza Effect.

Ces exemples indiquent le besoin d'établir une forme de communication particulière entre l'intelligence artificielle et l'humain.

Christophe Denis établit ainsi les talons d'Achille de l'IA: explicabilité, éthique, la prise en compte de cas nouveaux et exceptionnels, et enfin les facteurs humains et l'impact sur le vivant.

L'autre question, c'est l'autonomie du médecin: face à un système fiable à 99,99%, quelle légitimité aurait-il à dire et verbaliser son doute ? Cela pose des questions d'ordre juridique.

Concernant l'explicabilité, Christophe Denis pose la question de la transparence, et met en garde sur le fait que la transparence peut aussi avoir des écueils (voir le livre : Tyrannie de la transparence).

L'explicabilité:

Christophe Denis revient ensuite sur la notion d'explicabilité et souligne l'importance mais aussi l'ambiguïté du fait que l'explication fournie doit être adaptée à la connaissance de l'utilisateur et la finalité de l'utilisation de l'application. Il faut alors trouver un compromis. La transparence doit ainsi, elle aussi, varier en fonction du contexte.

En reprenant ensuite certaines conclusions des travaux de l'école de Palo Alto, il souligne que l'IA et notamment les systèmes communicants de type Chatbots, ne sont pas dans un système linguistique précis. Certains humains veulent être trompés par leur sens. Et un système d'IA, énonciateur, n'est pas sujet de l'énoncé. Cela pose des questions, car l'utilisateur est ainsi coupé de la communication non verbale, car le système n'a pas de finalité propre. Peut-il recréer cette communication non verbale ?

Il termine alors en reprenant Lévinas: la relation est asymétrique à autrui, je ne dois pas attendre de réciprocité. Le moi, devant autrui, est infiniment responsable.

En conclusion Christophe Denis revient sur la « convivialité » de l'IA en citant Ivan Illich. « L'outil reste convivial dans la mesure où chacun peut l'utiliser sans difficulté, aussi souvent qu'il le désire. Il ne nécessite pas de diplôme pour s'en servir et doit répondre à trois critères: il doit être générateur d'efficacité sans dégrader l'autonomie personnelle, il ne suscite ni esclave ni maître, et il élargit le rayon d'action personnel. »

Dans les questions du public, un membre du groupe Mérieux, estime qu'à ce jour, lorsqu'on parle d'IA avec les professionnels de santé, ils ne parlent pas du tout de ces priorités. Les professionnels de santé attendent autre chose des technologies, leur discours ne se concentrent pas sur ce qui a été présenté. Et l'auditeur incite le monde académique à aller voir davantage de professionnels de santé pour se reconnecter à leur besoin propre.

APPRENTISSAGE ARTIFICIEL ET INTERPRÉTABILITÉ POUR LA MÉDECINE DE PRÉCISION

Jean-Daniel Zucker, DR IRD

Jean Daniel Zucker commence en introduction par un hommage à Jacques Pitrat, pionnier de l'intelligence artificielle symbolique qui est décédé le 14 octobre.

Il commence par définir l'interprétabilité: le degré avec lequel un utilisateur de la machine peut faire sens des décisions qui ont été prises.

Dans un premier temps, le chercheur veut rappeler que la médecine est imprécise, c'est à dire que bon nombres de patients, avec un médicament ont au mieux un bénéfice, parfois pas de bénéfice, et au pire, rien. Et dans quelle mesure, on peut tenter d'établir une médecine de la précision. En passant par une meilleure stratification des individus, pour mieux adapter les soins. Parlons davantage de précision, plutôt que de personnalisation, car les médecins ont toujours réalisé de la médecine personnalisée. Mais en analysant davantage la génétique des individus, nous pouvons aller plus en détail. Il rappelle sur ce point le livre « 10% human » (ce serait davantage 50%) qui établit que nous ne sommes composé de millions de gènes bactériens dans notre métagénome. Mais que nous sommes plus complexes que simplement « humains ». Il rappelle ensuite que le lien entre intelligence artificielle est profond et ne date pas d'hier, mais que les systèmes à apprentissage profond amène un nouvel âge d'or dans la transformation de médecine.

L'interprétabilité

Le droit, et notamment le RGPD, indique qu'une prise de décision algorithmique doit être accompagnée d'un « droit d'explication ». La notion d'explicabilité est donc un impératif légal dès lors qu'un algorithme, quel qu'il soit, entre en considération dans une prise de décision.

En outre, une prédiction explicable est souhaité par les médecins, à partir du moment où un modèle doit être validé avant d'être déployé en routine. C'est le principe de la confiance. On s'aperçoit alors que cette confiance dépend du contexte. Ce n'est pas la même chose pour analyser un cheveu que de faire fonctionner des machines de réanimation.

La question des biais des données est également évoquée, surtout lorsque par exemple des algorithmes de classification ont davantage été entraîné sur des hommes blancs que sur des femmes à la peau foncée. « Cela pose une injustice flagrante, et il y a beaucoup de travaux à l'heure actuelle pour développer des algorithmes fair » précise le chercheur. Il présente ensuite diverses attaques.

Ces attaques peuvent aussi avoir lieu en médecine et tromper le diagnostic, avec pourtant une probabilité de 100%.

En IA, on doit trouver un compromis entre la précision et l'interprétabilité. C'est ce qui nous amène à la notion de boîte noire, car les arbres de décisions, moins précis, sont plus facilement interprétables. Et c'est l'inverse avec les réseaux de neurones.

Comprendre l'interprétabilité ?

Le chercheur expose ensuite les différents moyens de comprendre les boîtes noires. Cela peut être fait a posteriori. Ou encore localement par des perturbations.

Ensuite, en détaillant une technique de diagnostic pour la cirrhose du foie, le chercheur arrive à démontrer que l'on peut avoir des modèles interprétables, en connaissant le nombre de données qui ont été utilisés pour réaliser le diagnostic, sur différentes espèces de bactéries.

Il existe deux approches sur l'interprétabilité. La première qui dit qu'en médecine et en justice pénale il faut arrêter d'utiliser des boîtes noires. De l'autre, que les boîtes noires (réseaux de neurone principalement) permettent d'optimiser grandement les résultats.

Ainsi les progrès de l'IA et du Deep Learning posent des questions éthiques sur son adoption en médecine : équité/confiance/transparence/interprétabilité. Ainsi, l'IA doit aider les cliniciens à être plus efficace mais l'interprétabilité joue un rôle clé pour la confiance, la compréhension des biais, et contribuer à la recherche de l'étiologie des maladies. Il faut donc développer les IA explicables (XAI).

INTERPRÉTATION D'IMAGES MÉDICALES : QUELQUES TRAVAUX VERS L'EXPLICABILITÉ

Céline Hudelot, Laboratoire MICS - CentraleSupélec

Il existe plusieurs types d'approches dans l'interprétation des images médicales. Les approches de types « symbolique », utilisée dans les années 80-90, basées sur un système d'experts, où le système reproduit leur raisonnement. C'est un système par connaissance explicite. Idem pour les systèmes probabilistes (année 90). A base d'atlas, c'est un modèle statistique construit à partir de connaissances expertes mais dont les paramètres sont appris à partir de données.

Enfin, on retrouve le système « orienté données », à partir des années 2000, où c'est un modèle à base d'apprentissage et d'apprentissage profond. Il nécessite des bases d'apprentissage de bonne qualité et de grande taille. Les données font office de connaissance implicite, en revanche les labels (catégories) sont des connaissances explicites.

Ce sont donc des approches de types « boîtes noires », incapables d'expliquer leurs décisions de manière compréhensible et reconstructible par un humain. Et qu'on peut facilement tromper ou biaiser leur résultat. Et si leur résultat se trompe, nous ne sommes pas capable de comprendre pourquoi. Cela pose un souci dans la nature même de la tâche qui est une prise de décision. « Au-delà de la sortie d'une prédiction, nous attendons des éléments de preuves, explicatifs », indique Céline Hudelot. Elle revient ensuite sur les approches de l'interprétabilité. Soit on construit dès le départ des modèles interprétables, soit on passe par des systèmes de types boîtes noires, au sein desquels on va chercher à expliquer par la suite. La chercheuse se concentre avant tout sur l'explication, c'est à dire trouver des éléments textuels qui ont permis au système de converger vers cette prise de décision.

Céline Hudelot expose alors les travaux qu'elle a pu mener pour construire des relations spatiales « floues » entre différents objets sur des images médicales. Elle est partie pour cela d'une hypothèse: la pertinence de la relation spatiale est sujette à la fréquence de cette relation. Cela lui permet alors d'extraire de ses analyses les relations spatiales pertinentes sur les images. Elle expose alors les outils algorithmiques qui permettent de faire ces extractions.

En conclusion, la chercheuse insiste sur le fait que quelque soit l'approche dans la recherche d'interprétabilité en IA, la connaissance experte est fondamentale sur la base de données de départ, et souligne aussi l'importance du raisonnement. Notamment en imagerie médicale, où les analyses sont aujourd'hui faites sur la base de discussions entre experts.

L'EXPLICABILITÉ, LA CLÉ POUR LE DÉPLOIEMENT D'IAS DANS L'ENTREPRISE

Clodéric Mars, Fondateur de Craft IA

Le principe de Craft IA, est d'aider les entreprises à développer des IA explicables, et à mettre en place de l'explicabilité dans leurs projets d'IA.

Clodéric Mars reprend rapidement les bases de l'explicabilité: répondre à la question du pourquoi, dans la communication, l'importance du contrefactuel (pourquoi le système n'a pas fait cela ?) et enfin, le fait qu'il faille adapter l'explication à l'utilisateur.

Le grand souci provient de l'utilisation de réseaux de neurones, qui sont des fonctions de combinaisons linéaires de fonctions,

qui sont elles-mêmes des combinaisons linéaires de fonctions. « On mélange ainsi tous les paramètres, et il devient alors très difficile de savoir quel paramètre est imbriqué avec quel paramètre », décrit le chercheur.

Pourquoi expliquer en entreprise ?

Dans un premier temps, mettre en place des IA explicables permet d'augmenter l'acceptabilité de ces nouvelles technologies. « Les employés vont avoir peur. Soit ils vont craindre pour leur emploi, et se dire qu'on va les remplacer, ou alors ils ne croient pas à l'outil, dans le sens où ils ont appris leur métier, et c'est impossible qu'une machine le fasse à leur place », analyse l'entrepreneur. Donc il faut embarquer les gens dans la construction d'une IA explicable.

L'autre point rejoint la confiance. Les systèmes parfois, se trompent complètement. Le chercheur donne l'exemple de son chauffe-eau « intelligent », censé optimiser sa consommation d'eau, qui parfois se vautre complètement. « Si l'on sait dans quel cas le système a tendance à se tromper, je peux mettre en place des garde-fous pour vérifier ou contrebalancer ces écarts de fonctionnement », précise-t-il. Ou encore d'expliquer pourquoi il s'est trompé, ce qui en termes de responsabilité est important.

Chez Dalkia, dans un outil d'aide au diagnostic, l'algorithme indique quel paramètre a été pris en compte. « Ce qui est intéressant, c'est que l'explicabilité n'a pas valeur de confiance mais de productivité. Comme l'outil est un assistant pour l'expert, si ce dernier n'a pas d'explication, il doit refaire tout son travail, et donc l'outil n'aide à rien. Il doit tout reprendre », explique le chef d'entreprise.

En outre, l'explicabilité peut permettre au système de collaborer avec d'autre système, pour certifier une prise de décision par exemple. « Si on a une modélisation du fonctionnement de l'algorithme, on peut le connecter à un autre outil qui peut travailler et échanger des informations sur lui » ou même avoir une rétroaction sur le dit système de départ. Il donne l'exemple de Total Direct Energie, qui utilise ce type de système sur la consommation des foyers.

Clodéric Mars revient ensuite sur l'évaluation des systèmes explicables, qui reste encore un champ complexe de la recherche.

En conclusion, selon l'entrepreneur, il reste encore beaucoup de choses à faire. Il relativise l'approche dualiste de l'interprétabilité, en « Boîte noire » ou en modèle 100% interprétable. Mais pour sa part, il existe une troisième voie qui est une approche hybride, dans laquelle on peut laisser un algorithme non explicable faire ses tâches (pour détecter quelque chose sur une image par exemple) et faire travailler ensuite un algorithme qui, lui, sera explicable et fera le lien entre les choses détectées.

LES LIMITES DES ALGORITHMES DE DEEP LEARNING DANS LE DOMAINE DE L'IMAGERIE MÉDICALE

Issam IBNOUHSEIN Quantmetry

Issam Ibnouhsein introduit sa présentation en recadrant la perception que l'on peut avoir des algorithmes. Il ne faut pas faire de confusion entre l'algorithme et le contenu de l'algorithme lui-même, et ce qui en est fait. D'une part, c'est plus souvent la fabrication de l'algorithme que l'algorithme lui-même qui doit être discuté, ou encore ce que l'on fait de la sortie de l'algorithme, et l'importance que l'on donne à la décision prise par l'algorithme. Se pose ainsi la question de la transparence. Donner les lignes de codes d'un algorithme est-il suffisant en termes de transparence ?

Deux types de propriétés peuvent être définies dans la transparence.

Une famille de propriétés normatives extrinsèques :

La loyauté : un algorithme est loyal si la fonctionnalité affichée auprès de l'utilisateur est identique à la fonctionnalité connue du fournisseur

L'équité : un algorithme est équitable si son fonctionnement ne provoque pas d'effets discriminants à l'égard d'une partie de la population.

Une famille de propriétés épistémiques intrinsèques :

L'intelligibilité : un algorithme est intelligible s'il est possible de comprendre son comportement dans l'état de l'art scientifique.

L'explicabilité : un algorithme est explicable s'il est possible de faire comprendre son fonctionnement à un utilisateur (sans expertise scientifique).

Parmi toute ces notions, la plus fondamentale est l'intelligibilité, c'est sur elle que se base ensuite les autres. Il faut en outre faire la distinction entre l'intelligibilité de la procédure et des

sorties. « On peut bien comprendre une procédure, d'un point mathématique ou intuitif, sans bien comprendre une sortie donnée ». La loi reste encore floue sur ce point. Pour communiquer auprès du public, c'est l'intelligibilité des sorties qui est le plus important.

Ainsi, la question n'est pas de savoir si l'on peut faire une explication globale du système, mais davantage des explications brèves et simples de parties du système. Le chercheur revient ensuite sur l'explication d'un réseau de neurones. La difficulté d'explication vient du fait qu'on ne sait pas forcément dans quelle dimension on est en termes d'utilisation de paramètres (à la différence des arbres de décision par exemple). Cette non explicabilité est un frein à la progression en entreprise, par exemple, des banques qui ont des algorithmes de « score crédit » ont développé des procédures plus puissantes par apprentissage machine, mais ne sont pas capables de les industrialiser, du fait même de sa non explicabilité. Et la direction préfère se référer à des algorithmes moins puissants, mais mieux connus ou explicites.

Conclusion

Il ne faut pas opposer systématiquement AM et autres familles d'algorithmes. Et ainsi ne pas tomber dans une catégorisation simpliste des modèles en « modèles opaques » et « modèles transparents ». Il faut voir des catégorisations plus complexes. En outre, un travail doit encore être réalisé pour affiner les méthodes d'explicabilité par extrait des sorties de modèles pour pouvoir croître en taille dans les procédures. Enfin, cela reste un champ scientifique jeune et en pleine évolution...

EMPATHIE, CONSCIENCE ET CRÉATIVITÉ DE L'IA EXPLICABILITÉ, OBLIGATION OU OPTION ? ETAT DE L'ART JURIDIQUE

Alain BENSOUSSAN, Cabinet Lexing Alain Bensoussan

L'avocat commence par introduire le fait que l'éthique ne sera sans doute pas suffisante pour réguler le marché restant « inframoral », et l'IA étant partout, la société aura besoin d'une assise juridique.

D'un point de vue juridique, l'intelligibilité d'un système se regarde sous deux angles : le mécanisme technique en lui-même, et les décisions qu'il prend (les faux vrais, les vrais faux, et les choix qui sont faits par rapport à la finalité du système). Le juriste s'interroge ainsi sur l'intelligibilité du système, mais

aussi de ses conséquences. Il faut alors évaluer l'impact, des décisions prises.

Concernant l'explicabilité, le juriste revient sur le principe de licéité. L'article 22 du RGPD et la loi informatique et liberté de 1979 parle de l'intelligence artificielle. « Elle est traitée à deux niveaux, ça peut faire deux fois plus de sanctions en cas de manquement! », ironise-t-il. Les deux lois parlent du principe de transparence (article 5.1 A) et du principe de compréhension (Article 14G). « On est sur du droit de base. Il faut alors indiquer à la personne la logique et les conséquences, donc l'intelligibilité sociale », détaille-t-il. Cet ensemble de règle s'applique à toute l'algorithmie de l'IA. L'avocat revient ensuite sur l'exemple particulier de la voiture autonome, qu'il indique comme étant un permis de tuer « Elle tue moins que les humains, mais oui, elle tue quand même », philosophe-t-il.

Ce qu'il faut retenir, c'est qu'aujourd'hui, au niveau du droit, lorsqu'un conducteur rentre dans une voiture autonome, il n'est plus responsable, en cas de victime. Ce qu'il se passe, c'est que la responsabilité glisse du créateur au certificateur de l'algorithme. « C'est ce qu'il se passe dans la plupart des pays », conclut-il. Il revient ensuite sur le principe de loyauté. Dans le cadre de l'intelligibilité, plus c'est intangible, plus il faut fournir des informations sur la méthode, sur la maîtrise par le concepteur, de son algorithme et lutter contre les biais, avec en cas de conséquences graves, une analyse d'impact et un registre d'erreurs. Enfin, le juriste ouvre en estimant qu'il faut passer d'une IA régulée par l'éthique par une IA régulée par le droit, et milite pour l'ouverture d'un commissariat à l'IA.

POURQUOI L'IA NE PEUT AVOIR NI EMPATHIE, NI CRÉATIVITÉ NI CONSCIENCE

Raja Chatila, Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) Sorbonne Université, Paris

Le but n'est pas de parler d'explicabilité, mais de montrer pourquoi l'IA n'a pas d'empathie. Réponse simple: c'est un système basé sur des algorithmes. Mais il faut aller plus loin. Ces pro-grammes informatiques sont nés de la question : qu'est ce qui est calculable. Or Kurt Gödel a démontré l'indécidabilité des mathématiques, donc de la logique, et qu'en réaction à cette démonstration, les mathématiciens de l'époque se sont posés la question de « qu'est ce qui est décidable ? » c'est à dire calculable. La question de la décision, c'est la question de savoir si un énoncé est vrai ou faux. C'est ça la décision.

Alonzo Church et Alan Turing ont répondu chacun de manière différente à cette question. Le premier en affirmant que les fonctions calculables sont les fonctions récursives (qui font appel à des expressions qui se contiennent et dont le calcul va se terminer). Et le deuxième par une métaphore: la machine de Turing. Or ces machines ont une propriété qui est que les séquences de calculs qu'elles mettent en œuvre se terminent. Tous les ordinateurs sont basés sur le concept de Turing. Donc l'intelligence artificielle est basée sur le modèle de la machine de Turing.

Donc l'IA n'est rien d'autre qu'un système qui est censé faire un calcul qui se termine, qui a une fin. Donc l'intelligence artificielle n'est rien d'autre, in fine, qu'un système voué à faire des calculs finis.

Le chercheur revient ensuite sur la notion de récompenses dans les chaînes de Markov. Des fonctions récursives, dont les récompenses sont définies par le créateur de l'algorithme.

Il schématise ensuite les réseaux de neurones comme des fonctions de fonctions de linéaires, dont le but est d'optimiser les poids afin de réduire les erreurs de sorties. « Le problème de l'explicabilité est ici: je ne sais pas lier la valeur de tel ou tel poids, en fonction de la valeur de sortie, du fait du trop grand nombre de poids », pointe-t-il. Car l'optimisation est globale et non dans les détails, localement. Or une multitude de systèmes aujourd'hui, qui ne sont pas de l'IA, fonctionnent de la même manière, sans qu'on puisse expliquer pourquoi, en optimisation globale. Mais le système a été vérifié, testé. Et dans le cas de l'IA nous sommes dans le cas d'un système ouvert, avec une dépendance vis-à-vis des données. Ce qui complique encore plus la donne.

Raja Chatila évoque ensuite de nombreuses erreurs des IA qui prouvent que le système ne comprend rien à ce qu'il fait. Les exemples sont disponibles en vidéo ici.

« Comment faire confiance à un système qui peut commettre des erreurs aussi évidentes ? Pourquoi vous, vous pouvez différencier un chat et un chien sans regarder 1000 photos de chaque? Car vous, vous le savez. Et comment vous le savez ? Car vous n'êtes pas un système algorithmique » s'interroge-t-il. Il définit ainsi le métaraisonnement: « La conscience de soi est fondée sur l'interaction avec le monde et sur une capacité d'auto-évaluation et de métaraisonnement »

L'interaction sensorimotrice est source de projection et connaissance. Cette projection est source d'empathie.

Raja Chatila conclue en rappelant des assertions démystifiant les intelligences artificielles:

« - Les décisions prises par des systèmes informatiques se situent à un niveau calculatoire et sont inscrites dans les algorithmes conçus par les êtres humains.

- Toute "création" par un système informatique est le résultat d'un processus calculatoire.

- Les systèmes d'IA n'ont aucune autonomie de décision. Ils optimisent des fonctions.

- Les systèmes d'IA sont syntaxiques: ils n'ont aucune sémantique et ne comprennent pas ce qu'ils font. »

Selon lui l'IA a une perception faussée dans l'opinion publique du fait de l'utilisation excessive de termes métaphoriques relatifs aux humains, et de l'exagération par les médias des résultats des algorithmes.

Dans le débat qui suit entre les deux, Alain Bensoussan, commence en parlant de la personnalité juridique. Selon lui, on peut définir une personnalité juridique particulière. « Si toutes les personnes sont humaines, toutes les personnes en droit ne sont pas des humains », estime-t-il. Par exemple, les enfants ou les malades psychiques ne sont pas soumis aux régimes et aux mêmes responsabilités juridiques, comme les entreprises, par exemple. Ils peuvent ne pas faire de faute. Donc selon lui, on peut définir un cadre spécial pour les intelligences artificielles, sans se demander pour autant si elles ont une conscience.

Selon lui, il y a une différence entre la responsabilité et la faute. Ce n'est pas le même champ. Il faut passer dans le champ des dommages.

L'avocat, en reprenant le rapport de la Cnil, sur la loyauté du fabricant notamment, remilite pour un commissariat à l'intelligence artificielle.

S'ensuit un débat de position sur la définition de l'algorithme d'apprentissage suite à une question du public sur les algorithmes métiers. Deux positions très arrêtées se font alors face sur le cadre à donner à l'apprentissage.

Ensuite, une question arrive sur le cadre juridique de la ligne 14, système automatisé, apprenant via des mises à jour régulières.

L'avocat parle alors de la définition de l'accidentologie à 10 puissance -8 près. Est ce raisonnable ?

Tout réside dans le registre des erreurs acceptables ou non.

Et tenir le registre de l'ensemble des erreurs et des failles est extrêmement important. Le Cnil d'ailleurs pointe cette caractéristique.

Suite à une question du journaliste, Alain Bensoussan recadre alors son domaine. Selon lui, est-il acceptable de laisser les humains conduire et avoir environ 4000 accidentés par an, quand on sait de manière probabiliste qu'avec une IA vous êtes à moins de 10. C'est donc de l'acceptabilité sociale donc on parle. « en droit, on n'est pas objectif dans l'approche, mais subjectif dans les risques », tranche-t-il.

ENJEUX ET DEFIS DU DÉPLOIEMENT DE L'IA DANS LA SANTÉ

David Gruson, groupe Jouve, professeur Jacques Lucas, Conseil national de l'ordre des médecins et Delphine Jafaar, du cabinet d'avocats Jafaar.

Le premier intervenant, David Gruson revient d'abord sur l'algorithmique génétique en détaillant le fonctionnement d'un champignon: le blob. Il insiste sur le fait qu'il est intéressant que les algorithmes génétiques se retrouvent aujourd'hui à aider les chercheurs à encore mieux comprendre la génétique. Joli retournement.

En outre, il tempère les progrès de l'IA en estimant que les plus grandes avancées aujourd'hui se limitent pour la plupart à la reconnaissance d'images par apprentissages machines. Pour les autres domaines, la réalité reste pour le moment en deçà des attentes.

Jacques Lucas se voit ensuite poser la question sur la disparition des médecins, suite aux avancées de l'IA. « Vous faites allusions à divers succès de librairie comme La médecine sans médecin, ou du livre de Laurent Alexandre, La guerre des intelligences, tout cela nourrit des fantasmes et des fantasmagories qui nous éloignent de notre propre sujet. J'ai souvent l'habitude de commencer par une question que posera l'intelligence artificielle et que posent déjà les intelligences artificielles faibles qui est la question de l'acceptabilité sociale. En dehors des robots tueurs qui vont se révolter contre leur créateur - le mythe de la création est derrière - on voit bien que les métiers médicaux vont être affectés. » Jacques Lucas parle ici des métiers qui ont recours à l'imagerie: radiologie, dermatologie (pour la reconnaissance de nodule par exemple) ou la cardiologie où l'IA sera une aide aux diagnostics... Mais il évoque aussi en dehors de ces questions les robots sociaux,

pour les enfants autistes, ou dans la maladie d'Alzheimer qui sont de véritables plus thérapeutiques. Ces robots qui viennent s'immiscer dans la relation thérapeutiques entre le médecin et le patient. « De combien de radiologues aura-t-on besoin quand l'IA viendra aider au diagnostic ? » Ces mé-decins devront apprendre un nouveau métier qui ne consistera pas tant à diagnostiquer le nodule, mais à connaître la conduite à tenir.

Ces médecins devront alors changer leur formation pour s'adapter à ces nouvelles données: il devront aussi apprendre à travailler avec l'intelligence artificielle. Ce qui remet d'ailleurs en cause le serment d'Hippocrate où les médecins doivent apprendre la médecine aux enfants s'ils désirent l'apprendre et donc transmettre le savoir de génération en génération.

Pour illustrer son propos, Jacques Lucas cite la révolte des canuts, où l'arrivée des métiers à tisser a profondément changé le métier et a amené les tisserands à se révolter. Ce qui, selon le médecin, pose la question de l'acceptabilité sociale. « Car on ne fait pas le bonheur des gens contre leur propre sentiment, estime-t-il. Il y a donc une œuvre pédagogique très importante à effectuer. »

Cette acceptabilité sociale se pose autant pour les médecins que pour les patients. Car pour faire travailler l'intelligence artificielle, il faut des données médicales qui doivent garder leur caractère secret. « Une personne se construit aussi et surtout sur des secrets », estime-t-il.

Peut-on garantir dans une grande masse de données, et dans un travail effectué sur ces données, l'anonymat de la personne qui a été la productrice de ces données. La réponse est évidemment non. « Donc il doit y avoir des processus pour éviter l'identification, mais vis-à-vis de la population il faut aussi être transparent et utiliser les bons termes », pointe-t-il. Deux positions antagonistes se font alors face, presque paradoxale: comment garantir le secret médical, tout en utilisant les données médicales pour faire avancer la recherche? « C'est un débat qui ne peut pas se cantonner à un débat d'initiés », conclut-il.

Delphine Jafaar prend alors la parole pour rebondir sur cette idée, et notamment l'actualité en cours sur le procès du Médiateur. Elle détaille alors le processus par lequel Irène Frachon a établi son étude de cas. Elle a dû effectuer des croisements avec des données d'autres patients pour obtenir des résultats basés sur un échantillon plus acceptable statistiquement. « Elle a obtenu ces données non anonymes. Elle les a appelé ensuite, ces patients, et elle a croisé alors au fur et à mesure ses bases de données. Ensuite, le croisement au niveau des données de l'assurance maladie, s'est fait de manière anonyme. détaille-t-elle. Même si personne ne lui a reproché cette méthode qu'elle

a détaillée d'ailleurs dans son livre. » Mais si Maître Jafaar détaille cette méthode, c'est pour rappeler cette tension. « Les patients n'ont pas estimé que la violation ici, de l'anonymat des données personnelles ne leur a été préjudiciable », conclut-elle. Voilà qui illustre donc la tension entre les deux principes énoncés par Jacques Lucas. Personne n'a remis en cause la violation du principe juridique.

David Gruson est alors interrogé sur le concept de garantie humaine, qui établit qu'un médecin, quand il décide de faire confiance à une intelligence artificielle, le fait en tant qu'humain. Delphine Jaffar, ensuite, pour détailler les questions et les fonctionnements du droit au niveau des données de santé, reprend une figure créée par le professeur de droit Jean Rivero en 1962. Il avait créé un personnage, Huron, qui s'interrogeait de manière très naïve sur le rôle du conseil d'Etat.

Delphine Jafaar, elle, décrit un petit Huron - son fils ? - au pays des algorithmes.

« Notre jeune Huron, « assis au pied de son hêtre sombre, dont une feuille parfois, détachée par le vent, vient poser sur son épaule l'amorce d'une épigote noire », a donc quitté les rives fleuries de son fleuve pour venir s'enquérir des règles encadrant le traitement des données massives de santé, plus particulièrement en France »

Le texte entier, très bien argumenté par l'avocate, et qui fait mouche par son rhétorique est disponible dans son intégralité sur internet.

L'objectif de la métaphore consiste à poser la question de la dimension collective des données personnelles. Et donc de définir le bénéfice que peut avoir la collectivité à l'agrégation d'un grand nombre de données personnelles. Cette définition limitée par le consentement, évidemment, mais aussi par l'information de l'utilisation de la donnée. Et non pas seulement celle du recueil de la donnée. Savoir comment est utilisée votre donnée est aussi important que savoir qu'on vous la prend.

David Gruson revient quant à lui sur l'explicabilité de la médecine: « la médecine n'est pas forcément une science expliquable. C'est une pratique, et l'inexplicabilité fait partie intégrante de la recherche médicale, d'ailleurs, argue-t-il. Si on cherchait à rendre tout explicable, on bloquerait inévitablement l'innovation. » Ce n'est pas pour autant qu'il défend une responsabilisation des robots, qui conduirait davantage, selon lui, à une déresponsabilisation des professionnels qu'à une responsabilisation des machines. Ce qui ne serait évidemment

pas à l'avantage des patients.

Ce principe repris dans l'article 11 bientôt voté au Sénat sur le projet de loi sur la biotéthique est donc antiréglementariste. Surprenant pour le droit français, le plus serré sur les données de santé, les données personnelles et leurs utilisations. « Mais si on ne veut pas subir des effets d'importation de solutions d'IA dont on ne pourra pas garantir le caractère éthique, il faut avoir un droit très ouvert, sur le développement de l'IA elle-même, sous supervision d'un mécanisme de garantie humaine », conclut-il.

L'IA SERA-T-ELLE CAPABLE DE FAIRE DES « EXPÉRIENCES DE PENSÉE » ?

Etienne Klein, CEA

La totalité de sa présentation est disponible ici.

Etienne Klein commence par quelques remarques sur l'esprit critique. Ce dernier ne peut agir que s'il connaît les explications et les remarques de celui ou celle qui s'apprête à critiquer. Il ne saurait donc s'exercer contre des boîtes noires contenant des algorithmes. Mais expliquer pour un physicien n'est pas pareil qu'expliquer pour un biologiste. La polysémie de « l'explication » doit donc se retrouver dans « l'explicabilité ».

De même, il revient sur la traduction historique du terme intelligence de l'anglais en français. « Si on insistait davantage sur cette différence de sens entre les deux termes anglais et français, beaucoup de débats éthiques ne se poseraient pas de la même façon. »

Idem, il estime que nous projetons sur les machines des mots qui ne leur correspondent pas. « Décisions » : dire qu'une machine décide, c'est déjà une erreur, car elle n'est pas capable d'expliquer le cheminement logique qui a amené à telle ou telle décision.

Si l'intelligence artificielle est révolutionnaire, les questions qu'elles posent ne sont pas neuves. Il indique par exemple l'extrait d'un texte de Diderot, sur la réappropriation du savoir par le peuple, qui selon Etienne Klein, pourrait tout à fait être remis dans la bouche des défenseurs de l'internet libre et de l'Open Source.

Il revient ensuite sur la transparence et les termes de l'opacité de la connaissance scientifique, qui se différencie du savoir scientifique. « Tout le monde sait que la Terre est ronde, mais qui sait expliquer comment nous sommes arrivés à cette

connaissance ? » interroge-t-il. En résumé, l'IA est-elle ou sera-t-elle capable d'interroger ce qu'elle sait ?

Cette question ravive les querelles des anciens et des modernes dans les cursus scientifiques.

Dans un développement sur le cursus des écoles d'ingénieurs et l'interdisciplinarité, le chercheur - philosophe introduit sa thèse: la physique ne s'est pas construite sur un ordonnancement des données. « Ce n'est pas la bureaucratie des apparences », déclame-t-il. Elle s'est construite en laissant peu de place aux indications provenant des datas. Elle s'est même construite contre les données empiriques.

Alexandre Koyré explique que le pari de la physique consiste à expliquer le réel par l'impossible. Il développe alors l'exemple de Galilée qui a établi des lois contre le réel. Le principe d'inertie, par exemple, personne n'a jamais vu cela. Les lois physiques ont été trouvées par des gens qui ne se contentaient pas de lire le réel mais qui tentaient de regarder les phénomènes, mais qui ont trouvé des stratagèmes intellectuels pour que le monde dé-coïncide d'avec ce qu'il nous montre. Donc avec des expériences de pensées, des fictions qui permettent de tenir le monde à distance.

Galilée a ainsi procédé en considérant qu'Aristote a raison. Mais il va procéder par contrefactuel, en cherchant à voir si Aristote va au bout.

Un autre exemple est cité par Einstein sur la lumière qui lui permettront d'établir que la lumière est un invariant des équations de Maxwell. C'est par des expériences de pensées qu'il a déterminé aussi la théorie de la relativité générale.

Depuis presque 80 ans, il n'y a pas eu de grandes théories physiques. Alors même que l'on n'avait pas de données à l'époque. Et pourtant les gens ont mis sur pieds un formalisme toujours aussi actuel. « On apprend même à l'école qu'une théorie physique est menacée par tout ce que l'on a comme données », s'insurge-t-il. Alors que ces théories et ces formalismes ont résisté au temps.

En 1915 on ne savait rien sur l'univers. Et aujourd'hui quand on fait de la cosmologie on utilise toujours les équations d'Einstein. Il cite alors un article de Chris Anderson de 2008, sur la fin de la théorie. « Le déluge de données va rendre la méthode scientifique obsolète », où il développe qu'à partir des nombres pris dans les données, la science n'aura plus à formuler des hypothèses, et donc à s'appuyer sur des théories scientifiques. Mais les algorithmes extraient dans les données des lois générales, et prolongent le passé. Les algorithmes privilégient

l'induction et font confiance à une uniformité de la nature.

Mais corrélation ne veut pas dire causalité. Or nous lisons la corrélation nous lisons une causalité. Et il y a selon le philosophe, une énorme pédagogie à faire sur le sujet notamment auprès des journalistes.

Le chercheur énonce alors plusieurs exemples où la physique n'aurait rien pu faire en se basant sur un stock de données: comme les étoiles. Nous n'aurions rien pu comprendre au fonctionnement des étoiles rien qu'en analysant les données du spectre de la lumière des étoiles. Idem pour le boson de Higgs. Les données nous disent que les particules élémentaires ont des masses nulles. Or c'est justement parce que ces masses nulles contredisent les équations trouvées sans données que l'on a découvert le boson de Higgs. « Mais les lois contredisent les phénomènes. En tout cas nous obligent à réinterpréter les données », synthétise-t-il.

Il termine en proposant une expérience de pensée. Imaginons que nous ayons toutes les données de l'univers, tout. Arriverait-on à déterminer les équations d'Einstein ? « Il y aurait dans ces données les ondes gravitationnelles, sachant que nous les avons trouvées parce qu'elles avaient été prédites par les équations », explique-t-il. C'est parce que nous avons eu les équations que nous avons eu les données. « La question que je pose, c'est est-ce que cela fonctionne dans l'autre sens ? »

Idem pour l'inertie. « Un algorithme est-il capable de contredire les données et d'imaginer deux corps tombant à la même vitesse dans le vide ? » philosophe Etienne Klein.

Il conclut en citant Einstein en 1933: « Aucune méthode inductive ne peut conduire au concept fondamentaux de la physique. L'incapacité à le comprendre est la plus grave erreur philosophique de nombreux penseurs du 19e siècle. (il pensait aux positivistes qui contestaient l'existence de l'atome sous prétexte que l'atome n'était pas dans les données expérimentales).

L'expérience et toutes les données qu'elle nous livre peut nous orienter dans le choix des concepts mathématiques à utiliser mais il n'est pas possible qu'elle soit la source d'où il découle. C'est dans les mathématiques que réside le principe vraiment créateur. En un certain sens, je la tiens pour vrai que la pensée pure et compétente pour comprendre le réel. »

il conclut alors d'une question: « l'IA forte pourrait-elle venir contredire la pertinence de cet avis ».

École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre BECQUEREL

Révolution numérique, révolution industrielle : enjeux 4.0 ?

Jeudi 21 novembre 2019



Coordination scientifique :

- Sonia KIROFF (MIM)
- Bernard MONNIER (MIM)

MIM Monnier
Innovation
Management



Renseignements, programme...

<https://www.association-aristote.fr/>

revolution-numerique-revolution-industrielle-enjeux-4-0

ARISTOTE
À la croisée des révolutions numériques

RÉVOLUTION NUMÉRIQUE, RÉVOLUTION INDUSTRIELLE : ENJEUX 4.0 ?

Séminaire Aristote,
21 novembre 2019 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Sonia Kiroff (MIM) et Bernard Monnier (MIM)

Bernard Monnier introduit la journée en listant d'abord les différentes révolutions industrielles. La révolution mécanique, avec la mise au point de la machine à vapeur à la fin du XVIIIe siècle. Puis électrique avec la découverte de l'électricité à la fin du XIXe, enfin robotique dans la deuxième moitié du XXe siècle. Et depuis le début du XXIe siècle, la révolution est essentiellement numérique avec l'internet des objets, la réalité augmentée, l'impression 3D, l'intelligence artificielle... "ce qu'on constate c'est que ces révolutions s'accroissent énormément. De plusieurs centaines d'années elles sont maintenant espacées de dizaines d'années voire moins", analyse le chercheur. Il rebondit ensuite sur l'actualité pour indiquer que le thème du séminaire est au cœur des réflexions actuelles avec Adidas qui délocalise ses « usines du futur » en Asie, selon les Echos, quand Tesla, de son côté ouvre un centre de production à Berlin. Enfin, le 21 novembre, paraissait dans Les Echos un dossier spécial sur l'industrie du futur figurant une interview d'Alain Rousset, invité initialement pour ce séminaire mais qui a dû se décommander.

LA TRANSFORMATION DES ENTREPRISES VERS L'INDUSTRIE DU FUTUR : REPÈRES CLÉS

Pierre-Marie GAILLOT du CETIM

Pierre-Marie Gaillot s'occupe au Cetim de tout ce qui concerne l'industrie du futur depuis 2013. Le Cetim était un départ un outil collaboratif pour toutes les petites entreprises qui n'avaient pas les moyens de développer leur RD et qui ont mutualisé leurs efforts.

Les changements de la société civile :

Pierre-Marie Gaillot, parle ensuite des changements en cours dans la société civile afin de voir ensuite ce qui change de manière concrète dans les entreprises industrielles. Ces transformations sont hybrides. Ce sont des grands marqueurs. Si les ruptures technologiques sont courantes dans l'histoire, c'est leur fréquence plus importante qui surprennent. Le temps moyen d'un métier était de 15 ans, maintenant le niveau de compétence est en moyenne de 5 ans. Sur le réchauffement climatique, la société a franchi un grand cap. « Nous sommes tous passé de "je sais" à "je sens", explique le responsable. Ce qui change énormément de choses.»

Pour commence, l'âge moyen du parc machine est passé de 19 à 17 ans. Mais aussi le rapport à la taille des lots et à la demande des clients. Face à la tendance de la personnalisation, la taille d'un lot, est passé de 100 à 1, dans l'esprit.

Il y a plusieurs manières d'entrer dans cette transformation, mais il faut rentrer dans le stade. « Si vous ne rentrez pas, vous aurez plus tard des difficultés : à recruter, à vendre, à innover... à faire votre métier », estime Pierre-Marie Gaillot. Il faut donc calquer ses plans d'actions sur ces axes. « Nous avons fait une étude, 95% des plans d'actions en entreprises ne concernaient pas l'entreprise du futur, mais était établi pour effectuer une remise à niveau », argue le spécialiste.

« Je pense que nous sommes en train de quitter l'économie de marché. Ce n'est pas Le Cetim qui parle, ici, c'est moi, Pierre-Marie Gaillot, précise-t-il. Cette économie était basée sur des couples produits-marchés adressés à des secteurs. C'était basé sur un fondamental qui était que si je maîtrise la planification, les prévisions, je peux être performant demain. Aujourd'hui, il faut agir et prendre des décisions beaucoup plus rapidement. Y compris en termes d'agilité, et l'agilité ne se résume pas à l'agilité des équipements, ni à celle de l'organisation, elle est aussi liée à la manière avec laquelle je fais évoluer avec agilité ma stratégie est mes actions. »

La valeur d'un produit, c'est la valeur d'usage. M. Gaillot prend ainsi l'exemple d'un croissant – le même - vendu chez un boulanger et dans un salon. « La valeur d'un produit dépend de la transaction finale » martèle-t-il au public.

Idem, le design ne dépend plus du produit, mais du design d'usage attendu par les utilisateurs. Il prend alors l'exemple du ramassage des poubelles dans les années à venir. « 95% des rejets carbonés lors de ces opérations est fait pour des opérations sans valeurs ajoutées, pour lesquelles le camion se déplace et s'arrête mais pas pour le moment où il récupère les déchets. Donc là il y a des choses à récupérer et retravailler ».

Il conclut par une citation: « Osez le futur ». Tous ces changements font que le monde change et l'entreprise aussi doit changer. Il cite ainsi l'homéostasie en biologie: la recherche des équilibres chimiques. Il recommande de laisser place à ses émotions, ne pas partir du principe que ce sont des faiblesses.

L'INDUSTRIE 4.0, LE MYTHE ET SON UTILITÉ

Vincent Charlet, la Fabrique de l'industrie

Vincent Charlet, veut avant tout proposer une vision différente du sujet. Il veut introduire la notion de mythe.

« L'histoire de l'industrie 4.0 commence en 2011 en Allemagne », introduit-il. Sous l'impulsion de la chancelière Angela Merkel, les institutions allemandes ont invité les acteurs à plancher sur leur devenir. « Partant du constat que la seule course à des machines moins chères ne suffisait pas, les industriels ont eu peur de se voir intermédiaire par les Gafam, qui auraient pu venir se glisser entre les clients et eux, en injectant de l'intelligence dans les machines », détaille-t-il. La grande question consistait donc à redéfinir le fait de « produire », compte tenu des changements induits par le numérique et les changements cyberphysiques.

Face aux pléthores de définitions de l'industrie 4.0 à travers le monde, le doute était permis et le chantier énorme. Mais plutôt que de passer son temps à définir ce qui est inclus ou non dans la définition, les industriels ont préféré se retrousser les manches et aller faire leur propre définition.

Si on l'appelle Industrie du futur en France, industrie 4.0 en Allemagne, *advanced manufacturing* aux Etats-Unis, peu importe, on retrouve toujours les mêmes caractéristiques : « les métiers de la production se retrouvent bouleversés par l'arrivée des nouvelles technologies numériques, et toutes les transformations en cours doivent tendre et prendre en compte certaines caractéristiques auxquelles il faut obéir. » Parmi lesquelles on retrouve le fait de répondre à une demande diversifiée, de plus en plus rapidement, de manière plus flexible, produire de façon unique des produits aussi peu chers que s'il avait fallu les produire en grande quantité... Mais sachant que l'industrie du futur doit toucher tous les secteurs, et toutes les tailles d'entreprise, elle ne peut pas être normative. C'est avant tout un élan mobilisateur qui doit emmener tous types d'acteurs.

« Pourquoi ne pas utiliser le terme de révolution industrielle ? Car c'est un terme que les historiens récusent. Ni la première, ni la deuxième ni la troisième ne sont considérés aujourd'hui comme des révolutions », prévient Vincent Charlet. « Il y a des évolutions, des modifications mais pas de révolution, ou alors il faudrait que l'invention de l'agriculture au premier siècle soit considérée elle-aussi comme une révolution industrielle », argue-t-il. Le chercheur invite à prendre du recul sur ces notions.

Mais il admet les bienfaits de cet élan mobilisateur, dans le sens où il a réuni les acteurs entre eux, les partisans de l'industrie et les acteurs du numérique sont aujourd'hui connectés dans un même souci de l'avenir, dans une vision convergente, quand ils pouvaient rester arc-boutés dans leur domaine

et leur propre perception du futur par le passé. Ce souci de l'avenir se résume en une question : "que pèse aujourd'hui et que pèseront demain les emplois compétitifs exposés à la compétition internationale, ceux qui créent de la valeur ajoutée et de la productivité dans une économie qui par ailleurs après se charge de la redistribuer".

Une lente évolution

D'une part, il faut considérer que 70% des robots industriels installés dans le monde ne le sont que dans deux secteurs: l'automobile et la fabrication de biens électroniques. Donc lorsqu'on raisonne sur l'installation et l'évolution des robots industriels, nous avons des cartes fortement perturbées par l'importance de ces secteurs dans l'économie des pays en question. Ainsi lorsqu'on compare le nombre de robot par employé entre la France et l'Allemagne, "on mélange les choux et les carottes", estime-t-il. Par secteur, le taux d'équipement entre la France et l'Allemagne est parfaitement identique. "Pour ce qui est de l'IoT et des équipements connectés, si on peut dire que les développeurs et les fabricants comme IBM sont ravis de cette opportunité économique, mais si on observe la création de valeur pour les industriels, nous n'en sommes qu'au début", euphémise-t-il. Si les gains de productivités des pays ont diminué du fait de la dilution de la productivité dans le PIB qui a vu l'essor des services, Vincent Carlet précise en outre que la part de productivité de l'industrie diminue elle aussi. On ne trouve en aucune mesure dans les chiffres et dans les observations actuelles, les traces d'une "révolution numérique". Ajoutons que la moitié des entreprises industrielles aujourd'hui ont un stock de capital immatériel égal à zéro. "Je ne parle pas des flux annuels (moins de 15% des entreprises qui investissent chaque année dans l'immatériel), je parle du stock. Donc il y a un élan, il y a une prise de conscience, mais le chercheur insiste sur le fait que nous n'en sommes qu'au début.

Le chercheur de la Fabrique de l'Industrie détaille ensuite la répartition du nombre d'entreprises en fonction de la productivité. "Si la courbe a toujours été une Gaussienne, elle est depuis 2000 une courbe à deux bosses, avec des entreprises "zombies" au centre, qui devraient être plus haut, mais qui ne le sont pas. Cela pourrait provenir du fait des technologies numériques qui accentuent les différences de performance des entreprises, mais ce ne sont là que des hypothèses. En réalité, les effets du numérique sur la création de valeur et les performances sont encore mal maîtrisés", estime-t-il.

Le chercheur revient ensuite sur les effets de la robotisation sur

l'emploi et le travail en particulier. Il insiste sur le fait qu'aucune généralité ne peut être effectuée. Il conclue enfin en estimant que la technologie n'est pas ni neutre ni positive ni négative, elle dépend des paramètres alentours. En revanche, les effets de la technologie sur la formation et les compétences des salariés est bel et bien réel, et c'est l'investissement en formation qui déterminera avant tout l'impact à long terme de l'industrie 4.0.

DE L'IA À L'INTELLIGENCE HUMAINE AUGMENTÉE : IMPACT SUR L'ENTREPRISE DU FUTUR

Joël de Rosnay, président exécutif de Biotics International

Bernard Monnier introduit tout d'abord la personnalité de Joël de Rosnay, célèbre essayiste, qui a gagné sa notoriété en important le surf des Etats-Unis après la guerre, et récemment cité par le président de la république lors du G7 de Biarritz.

Joël de Rosnay commence en introduisant la notion d'écosystème. Si l'entreprise du futur vit une révolution ce n'est pas tant du fait du numérique que de l'écosystème numérique en place et au sein duquel elle est sommée d'évoluer. Un écosystème dont les nœuds et les liens changent en permanence, avec des mécanismes de rétroaction, qui créent des échanges entre tous les membres du système.

Cet écosystème a profondément changé deux choses: la mobilité et l'introduction du temps réel. (le téléphone portable et les objets connectés ont influé grandement ces deux notions, notamment). Les interfaces homme/machine ont ainsi évolué (le SMS, le vocal). Le portable est un ordinateur puissant, capable de se connecter à un ordinateur plus puissant "internet" et flexible et adaptable par les applis.

Tout ceci affecte et affectera encore la structure des entreprises. L'essayiste revient alors sur la fonction du téléphone mobile, qui se transforme en télécommande universelle pour interagir dans l'environnement, et ainsi transformer les travailleurs en des travailleurs augmentés.

Joël de Rosnay revient ensuite sur le concept d'intelligence artificielle, qu'il a rebaptisé en intelligence auxiliaire. "Je fais cela pour montrer qu'il ne faut pas en avoir peur. Elle n'est pas là pour remplacer l'homme, mais pour compléter l'intelligence de l'homme", estime-t-il. Elle va ainsi nous augmenter encore plus. Il présente aussi Neuralink, l'entreprise d'Elon Musk, entrepreneur et patron de Tesla, qui cherche à connecter le

cerveau, via une puce implantée dans la tête, au réseau et donc, aux outils d'intelligence artificielle. "Mais en tant que biologiste, j'ai toujours été opposé aux interfaces invasives, des interfaces qui changent la nature humaine", estime l'auteur. De la même manière, il s'oppose aux transhumanistes, qui selon lui, véhiculent une idéologie élitiste, narcissique et égoïste, et ne réfléchissent pas en tant qu'intelligence collective, qui cherche à créer une communauté connectée.

De la même manière en entreprise, il faut favoriser l'émergence de cette intelligence collaborative. "Les propriétés nouvelles d'un système naissent des interactions dynamiques entre les éléments qui constituent le système complexe en question", insiste-t-il. Ce ne sont pas les propriétés, qui une fois additionnées, ou mises en relation, permettent l'émergence de nouvelles propriétés, ce sont les dynamiques des interactions. "C'est là le cœur de l'innovation et de l'émergence de technologie nouvelle", déclare-t-il.

Le spécialiste préconise ainsi aux entreprises de davantage se penser en plateforme. S'attachant ensuite aux structures des entreprises, pyramidales versus transversales (rigides versus fluides) il décrit comment notre monde arrivera à créer de la rémunération par l'information dans le monde scientifique ou des consultants.

Une des grandes conséquences de tous ces changements est l'émergence du travailleur indépendant, qui se libère des structures de l'entreprise, et a à disposition les outils directement chez lui. Cela l'amène à penser que l'entreprise de 2030 ressemblera à une coopérative d'indépendants.

De même, le triumvirat gagnant selon Joël de Rosnay, est le CEO, CFO (Chief Financial Officer) et le CDO, ce sont ceux qui oeuvrent au succès des nouvelles entreprises.

Au sein de cet écosystème numérique, il redéfinit le marketing: "si l'ancienne définition était de convaincre les clients pour les faire venir chez vous, le nouveau marketing consiste à faire en sorte que les clients se disent entre eux qu'il faut venir chez vous", détaille-t-il.

Il introduit par exemple, la notion de MBWA, Management By Walking Around, qui consiste à se déplacer vers les gens, aller dans leur bureau "ce qui permet de rester maître du temps que l'on passe avec eux, mais aussi de regarder comment ils ont décoré leur bureau et parler de leurs enfants", détaille-t-il.

PRÉSENTATION DU RAPPORT « PLATEFORMES D'ACCÉLÉRATION VERS L'INDUSTRIE DU FUTUR » REMIS AU PREMIER MINISTRE

Bruno GRANDJEAN, de l'Alliance industrie du futur

Issu d'une entreprise de la métallurgie, Bruno Grandjean est président de l'Alliance industrie du futur, et travaille beaucoup avec l'Allemagne, donc est au cœur des discussions. L'Alliance est davantage une communauté qu'une organisation professionnelle. Sa mission est d'accompagner les entreprises françaises, et notamment les PMI, dans la modernisation et la transformation de leurs modèles économiques par les technologies nouvelles, digitales et non digitales. Repositionner l'industrie au cœur du développement économique de la France.

"Après la guerre, il a été créé des centres techniques industriels destinés à moderniser l'industrie française", raconte Bruno Grandjean. Pour évaluer la situation, un rapport a été demandé, avec la députée Anne-Laure Catelot, et l'Alliance, un rapport destiné à dresser un bilan et soumettre des pistes de réflexion sur le sujet.

"Le but du rapport était de mettre en lumière l'une des raisons de la faiblesse française en industrie, qui est selon moi, la difficulté à connecter la recherche avec l'application et le développement économique des entreprises. Nous avons mis en évidence qu'en France, la recherche technologique est trois fois moindre qu'en Allemagne. Et c'est un des raisons du déclin de notre industrie."

Le bagage fiscal français, notamment, est inadapté, selon les conclusions du rapport, en défavorisant la fabrication française.

Mais il faut tout reprendre : une des clés de la réindustrialisation du pays passera par un nouvel objectif alloué aux centres techniques.

Bruno Grandjean donne, comme exemple concret, la montée en gamme des processus industriels, avec comme illustration de son propos les processus de fabrication de Toyota. Le problème vient aussi de la délocalisation de la fabrication. "Si vous prenez un emploi industriel en France, vous en avez à peu près 0,7 à l'étranger. En Allemagne, l'industrie est beaucoup moins délocalisée. Mais les français vont chercher de la production à bas coûts à l'étranger", argue-t-il. Le spécialiste pointe notamment que le pays se satisfait de ce système, mais

il porte en lui-même le déclin inéluctable d'un tel système. Car selon lui, à terme, la R&D suivra cette délocalisation, car on ne peut garder éperdument séparée la production de la recherche industrielle. "On ne conçoit bien que ce que l'on sait fabriquer et inversement", précise-t-il. Il pointe la déconnexion des usines avec le monde de la recherche et des universités, le nombre de docteurs en industrie par exemple, est très faible, et les partenariats se font finalement assez rares.

"Mais il faut préserver les centres techniques car ils sont la R&D des PME sur tout le territoire", avance-t-il. Plusieurs recommandations ont donc été faites : regrouper les centres techniques, et mettre des investissements afin de monter en gamme sur les produits, surtout sur les process, et enfin en management. Car il faut faire monter en gamme les éléments de directions de notre tissu industriel.

Bruno Grandjean termine en affirmant que l'Allemagne est en plein doute face à la montée en puissance de concurrents étrangers, notamment chinois. Un doute qui constitue, selon lui, une opportunité conjoncturelle pour la France, à condition de se poser les bonnes questions pour développer la recherche appliquée sur le territoire.

L'ACCÉLÉRATEUR TECHNOLOGIQUE FRANCO-ALLEMAND DE L'INDUSTRIE 4.0

Paul-Guillem MEUNIER, de l'Académie franco-allemande

Paul-Guillem Meunier commence en rendant hommage à la présentation précédente, estimant que tout ce qui est dit est vrai. Lui qui côtoie les allemands toute la journée estime qu'il est indispensable d'avoir un tel discours offensif autour de l'industrie française. Il souligne aussi l'importance de projets comme l'Industrie Extraordinaire, dont le but est de réenchanter l'industrie, sachant que nombre d'élèves ingénieurs n'ont pas le désir de travailler dans ce secteur à la sortie de leurs études.

Pourquoi un tel partenariat ?

L'académie franco-allemande pour l'industrie du futur a été créée par M. Macron et Mme Merkel en Octobre 2015 pendant la conférence numérique franco-allemande. Il s'agit d'une Académie franco-allemande virtuelle pour encourager et accélérer la transformation numérique de l'industrie afin de soutenir et améliorer la compétitivité de l'Industrie, en répondant aux besoins des entreprises. Il représente dans les faits le premier incubateur français avec 170 projets d'entrepreneuriat,

et est doté d'un budget de 1,5 milliards d'euros annuel.

Opérationnel depuis environ deux ans, le projet a d'ores et déjà réalisé des résultats concrets:

Il revient ensuite en détail sur l'un des projets les plus aboutis de cette structure : la plateforme commune IA et Data entre la France et l'Allemagne, qui permet d'échanger des données entre les deux pays, pour cumuler les forces des deux nations sur les projets d'intelligence artificielle, en travaillant sur une base de données plus importante. Pilotée par Anne-Sophie Taillandier et le Professeur Georg Carle, elle a été augmentée d'une place de marché d'algorithmes en IA issus des laboratoires et entreprises innovantes. Aujourd'hui, elle gagne de l'argent.

Formation continue

L'académie a aussi développé une structure de formation à destination des industriels, pour former aux métiers de l'industrie et de la technique du futur. Elle a ainsi établi plusieurs modules de formations :

Enfin le but de l'Alliance est aussi de créer un réseau entre les différents membres, et de construire une communauté d'entreprises industrielles qui peuvent ainsi échanger et encourager les relations franco-allemandes. Airbus, Atos ou encore Ariane Group sont déjà membre du programme.

PITCHS DES START-UP

Le séminaire laisse ensuite la parole à de nombreuses start-up. Cinq minutes chacune pour se faire connaître de la salle.

L'Agence de développement Essonne

Représentée par Estelle Issa, elle a pour but de mettre en lumière l'importance des territoires dans le développement économique et de l'innovation. L'agence a développé un outil collaboratif pour aider les acteurs de l'Essonne à se développer, rentrer plus rapidement en contact avec les services adaptés à leurs besoins (prestations, immobiliers, expérimentation...) Elle joue donc le jeu d'un accélérateur territorial au service des entreprises.

Lights and Shadows

Représentée par Jordane Richter, la société aide les entreprises dans leur phase de conception et de prototypage par la réalité virtuelle. Elle a développé une suite logicielle Interact XR (Twin, Ergo, Pointcloud et Paint) pour accompagner chaque projet, afin de gagner du temps en se projetant davantage, en testant

la mise en place des outils et des machines, et en aidant les différentes parties à collaborer. Les logiciels permettent également de gagner du temps dans la formation des employés.

DSi Global Services

Représentée par Mickaël Campion, la société a créé 80 emplois dans les six dernières années. Elle permet à chaque industrie de localiser les équipements. Basée sur la technologie RFID, elle permet de géolocaliser tous les équipements Indoor/Outdoor et s'ils sont disponibles. C'est donc un inventaire rapide et entièrement numérique pour gagner du temps et aider les manipulateurs. Les capteurs sont valables près d'une dizaine d'années. DSI Global Services aide également à implémenter la solution chez le client. Par exemple : la solution permet de localiser le matériel dans les hôpitaux, ou les femmes de ménages dans les hôtels.

Kalima Systems

Représentée par André Legendre, la société permet d'interconnecter les personnes et les services. Elle est spécialisée en IoT, et son objectif est d'utiliser la blockchain et de l'IA pour aider les entreprises à modéliser les incidents et limiter les risques, en travaillant sur des données fiables. Si les entreprises font de la modélisation sur des données corrompues, le système convergera vers de fausses prévisions. Kalima a donc établi un système et des protocoles pour assurer la pertinence et la fiabilité des données utilisées et pouvoir y avoir accès en temps réel. Elle utilise la blockchain pour le stockage de données et constituer le datalake du système, et un système de memory incashing pour permettre la diffusion en temps réel des informations.

Energiency

Représentée par Arnaud Legrand, Energiency s'attaque à l'impact environnemental de l'industrie qui représente 20% des émissions de carbone dans le monde, majoritairement due à l'utilisation d'énergie. Le but est donc de réduire l'utilisation de l'énergie en aidant les opérateurs à faire les bons choix. Le système se base sur les données existantes des usines, puis via des algorithmes et une interface simplifiée, permet d'analyser avec justesse les points où des économies d'énergie peuvent être réalisées. L'avantage est que les ajustements peuvent se faire en temps réel. Energiency travaille avec des grands industriels de la chimie, du papier, ou de l'automobile.

Armélio

Représentée par Catherine Sanjeu, sa fondatrice, la société

emploie aujourd'hui cent personnes et est dédiée à la modélisation des projets d'usines et de fabrication. Le but est de partir des procédés et du résultats finis de la R&D – une pièce à fabriquer dans conditions précises - pour accélérer la phase d'industrialisation, et donc de mise sur le marché, en prenant en compte tous les paramètres industriels. Armélio délivre donc une machine capable de respecter le procédé précis de fabrication, ses standards de qualité, mais aussi les contraintes extérieures environnementale et de gestion des flux (stockage, logistique...). La société part des contraintes millimétriques pour arriver à une modélisation précise du fonctionnement de l'unité de fabrication, dans son environnement final.

Tekyn

Représentée par Aymeric Voisin, Tekyn s'attaque au modèle économique de l'industrie de la mode: produire loin en grande quantité, pour vendre cher dans un autre pays. Coût écologique, marge faible, fort inventaire, et processus très long entre le dessin et l'arrivée sur le marché, le système n'est pas optimal. Le but de Tekyn consiste à produire à la demande, en fonction des besoins à court-termes des clients. La société propose une solution logicielle qui connecte les fournisseurs, ateliers et logisticien avec les marques, et possède ses propres ateliers, aussi, de fabrication de produits à la demande.

Craft AI

Représentée par Yoel Ouaknin, la société fondée il y a quatre ans a développé son algorithme de machine learning pour permettre aux sociétés de mettre en place leurs propres systèmes auto-apprenants. Partant des flux de données du client, la solution de Craft AI permet d'améliorer l'engagement client sur un service particulier, mais aussi l'efficacité des équipes, ou encore de faire de la maintenance prédictive. Mais la société veut aussi se différencier par son degré d'explicabilité. Selon elle, l'intelligence artificielle doit être une boîte blanche, et non noire, et l'entreprise doit savoir les tenants et aboutissants de ses solutions par apprentissage machine.

Esprit collaboratif

Représentée par Arnaud Tupinier, la société s'attache à développer l'intelligence économique des entreprises, et donc l'échange des connaissances. Elle a développé une solution permettant de mutualiser les efforts de veilles de tous les collaborateurs de l'entreprise. Non seulement pour améliorer les tâches du quotidien de tous les membres de l'entreprise, mais aussi les grandes orientations stratégiques de l'entreprise. La solution permet de passer de l'information à l'insight pour

l'entreprise.

ENJEUX DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Valentina Ivanova, du CEA

Le docteur Valentina Ivanova travaille pour le CEA, dans le département particulier nommé le List. Regroupant plus de 800 chercheurs, le List est un institut de CEA Tech qui a pour but de focaliser ses recherches sur les systèmes numériques intelligents. Ses programmes de R&D sont centrés sur l'intelligence artificielle, l'usine du futur, l'instrumentation innovante, les systèmes cyberphysiques et la santé numérique.

Son objectif premier est d'étendre le maillage de la révolution technologique en Europe. "Le souci c'est que la révolution, si elle a eu lieu, n'en est pas au même point sur le territoire européen", raconte la chercheuse. Le but du List est donc aussi de mettre en contact des entreprises et des industries avec le potentiel de la recherche sur le territoire européen, pour que tout le monde embrasse l'industrie 4.0. Il a été démontré que les fabricants qui adoptent de nouvelles technologies affiche davantage de croissance, mais aussi que les intégrateurs qui adoptent aussi de nouvelles technologies affichent non seulement plus de croissance, mais leur client aussi, par effet de perméabilité. Seulement "les écosystèmes locaux, même nationaux, ne suffisent plus à soutenir le développement des nouvelles chaînes de valeur" estime Valentina Ivanova.

AIRBUS : ENVOL RÉUSSI GRÂCE À LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

*Sylvie BANCEL-LEGENDRE, Airbus France**

Sylvie Bancel-Legendre se définit comme une "fan" de l'industrie. Elle a fait toute sa carrière dans ce domaine. Passée par l'Oréal, elle est désormais directrice programme management et Integration. Et milite pour une plus grande place des femmes dans l'industrie. Elle est basée à Toulouse et sa présentation se concentre sur Airbus Groupe.

Dans le sens où Airbus veut rester leader sur son marché, l'entreprise veut s'intéresser à toutes les technologies. La problématique à laquelle est confrontée Airbus est celle du temps long. "Nos avions ont des cycles de vie de 40 à 50 ans", détaille-t-elle. Ainsi l'évolution des technologies est énorme, sur toute la durée de vie du produit, livré aux Compagnie

aériennes. A titre d'exemple, elle démontre qu'il y a 50 ans, tout était fait à la main, et désormais tout a été digitalisé. 45 ans séparent les photos ci-dessous.

Sylvie Bancel-Legendre insiste sur le fait qu'Airbus achète sa technologie à de nombreux fournisseurs de rang 1, de rang 2 etc. Et qu'ainsi, en tant que "sélectionneur" de technologie, l'entreprise a intérêt à ce que le développement industriel et économique soit large. C'est tout un secteur qui doit évoluer, pour que l'entreprise elle-même en bénéficie.

Un projet de services

Mais au-delà de la fabrication des avions, Airbus veut désormais modéliser les services associés à son métier. Et pour ce faire, réaliser des jumeaux numériques de toutes ses parties : le bureau d'étude, les usines, et les services. Le but est de modéliser les services en numérique avant de les déployer. Le nombre d'avions étant amenés à doubler d'ici 2023, l'entreprise va devoir accroître sa maturité vis-à-vis des technologies, le temps de réalisation des produits (lead time) et dans des considérations de sécurité optimale. Sylvie Bancel-Legendre a travaillé plus particulièrement sur le management, en donnant davantage d'autonomie à ses équipes, pour voir émerger les talents.

FAURECIA'S INDUSTRY 4.0 JOURNEY

Grégoire Ferre, CDO Faurecia

Grégoire Ferre revient sur le virage numérique qu'a pris cette entreprise, sous-traitant d'automobile, qui réalise des pièces d'intérieurs de véhicules. Il y a quatre ans, l'entreprise - 300 usines partout dans le monde - a souhaité s'interroger sur la digitalisation. A quel point cela pourra apporter à l'usine ou non ? Faut-il réinvestir dans le digital ?

"Le plus important dans l'industrie automobile comme nous, c'est que les projets doivent être rentables rapidement", précise-t-il. Le but n'était pas de faire joli, mais de l'argent rapidement. L'argent est le critère clé. Il faut que les changements rapportent rapidement à l'usine. "Dans notre industrie, quand on possède plein de petites usines, ce n'est pas d'avoir des idées qui importe, mais des standards. Un chef d'usine ne comprend pas les idées, il comprend les standards", précise-t-il. Les standards rassurent, car ils sont concrets.

"Mon premier travail a donc été de trier les 200 idées de mon

prédécesseur, raconte-t-il. En plusieurs catégories:

- Les standards locaux, propres et adaptés à une usine en particulier
- Les standards structurels ou généraux (exemple les standards SAP), long à déployer, ils aident à monter en maturité ou en compétence, mais ne rapportent pas rapidement.
- Des standards intermédiaires, locaux, ou peu partagés, mais qui peuvent facilement rapporter à un grand nombre d'usine, voire généralisés à toutes.

Le groupe est ainsi parti sur l'idée d'automatisation, car c'est un concept qui parle à tout le monde. "Nous sommes parties sur la réalité virtuelle, pour aider les opérateurs et les soulager dans leur pression intellectuelle" raconte-t-il. La grande phase d'automatisation a pris 3 ans. Elle a coûté 250 millions d'euros pour rapporter un point de marge opérationnelle.

Dans un deuxième temps, Faurecia a voulu s'attaquer à l'intelligence artificielle. "Les directeurs d'usine avaient compris le digital. Nous avons donc mis en place des plateformes, qui permettent de traiter des petites problématiques que les opérateurs ne savent pas bien faire, et qui coûtent des millions d'euros", détaille-t-il. Exemple: pour fabriquer des sièges, un opérateur contrôle la qualité des sièges (plis, coutures...) Quelles sont les normes d'objectivation des défauts ?

En fonction du client, les tolérances ne sont pas les mêmes. Et en fonction du moment de la journée (début de quart, milieu de quart ou fin de quart) ou en fonction des opérateurs, le contrôle qualité n'a pas le même résultat. "Nous avons donc mis en place de l'intelligence artificielle, via des caméras, pour aider l'opérateur dans son contrôle qualité" et sauvé plusieurs millions d'euros en moins d'un an. En l'ayant déployé dans une vingtaine d'usine".

Pourquoi du succès ?

Le succès de ces projets dépend des opérateurs, des personnes embarquées dans un projet via une start-up localisée loin de l'usine, mais qui a envie d'avancer. Elle dépend de tout un écosystème humain embarqué autour de l'usine et dans l'usine, qui maîtrise l'information dans le sens où il peut lui donner du sens, et avoir l'énergie de la transformer. « C'est pour moi un des facteurs les plus importants » conclut-il.

DIGITAL ET 4IÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

Éric Prevost, Oracle

Eric Prevost commence en diffusant une vidéo d'une démonstration de deux solutions qu'Oracle a pu mettre en place.

Elle met en avant un AGV (chariot autoguidé) d'Omron pour lequel la société a établi les connections avec le système environnant. "Notre métier c'est de connecter les machines entre elles, de connecter le terrain quelques soit le terrain", précise le spécialiste. Et aussi un poste d'aides aux opérateurs, qui va indiquer des étapes de montage d'une pièce, en assistant la personne pour qu'elles suivent le processus indiqué (bonne pièce au bon endroit etc.)

Mais Oracle va plus loin et fait remonter les comportements de manière plus générale en amont, pour une vision plus holistique afin de faire remonter les anomalies et les données du terrain. Enfin, sur ces données, l'entreprise fait travailler des algorithmes d'intelligence artificielle pour analyser et optimiser ensuite les comportements des équipements, comme supprimer un obstacle sur le passage d'un robot par exemple.

Mais l'enjeu supérieur concerne le "manufacturing", c'est à dire le domaine industriel. "Car il faut que tout ce travail d'optimisation soit en ligne avec les enjeux de production. Donc l'enjeu n'est plus manufacturier en termes d'usines, mais en termes de commandes clients et d'adéquation entre la production et la demande.

On peut ainsi en termes de données, comparer les résultats des usines entre elles, pour analyser ensuite en redescendant les processus de fabrication, repérer les goulots d'étranglement de production. Cela permet aussi, par exemple, de comparer les gammes de production entre elles. Et donc de ne plus avoir, en cas de souci sur une seule gamme, à arrêter toute la ligne de production, mais d'isoler la gamme problématique, et de creuser, dans le processus, le problème précis, plutôt que de tout mettre à l'arrêt pour réparer.

L'ERP permet donc d'avoir une vue globale de tous les éléments de production, les énergies consommées, les productivités en temps réels, et même le costing associé (pour le directeur financier) de chaque usine, chaque ligne de production etc.

Il termine en citant des exemples de nouvelles industries déjà sur le marché (l'impression 3D pour les semelles Adidas, les mini bus imprimés en quelques heures), et remet totalement en question, sur le marché mondial, le cloud act, "Car cela n'a aucun sens avec le marché. Si vous le mettez en place, vous arrêtez totalement le marché numérique mondial, et tout le monde en a besoin", estime-t-il. Selon lui, ce serait une aberration.

INDUSTRIE 4.0 : COMMENT DÉMARRER ?

Rémi Lissajoux, directeur marketing IoT pour IBM Watson

Il commence par narrer une anecdote de lorsqu'il travaillait chez Thalès, où un client souhaitait vérifier la qualité des circuits imprimés qu'il produisait. Le but était alors, par un système d'intelligence artificielle (c'était il y a 25 ans), de prendre en photo chaque circuit et de le comparer à un standard. Mais la solution approuvée fut celle de prendre une balance... Tout simplement ! Selon lui c'est important en industrie 4.0, et en digitalisation de manière générale, de bien choisir de sa solution, en fonction du besoin, et de ne pas vouloir juste la solution à la mode. Il donne alors l'exemple bien connu des chatbots, où tout le monde en voulait un, sans qu'il n'y ait vraiment de besoin derrière.

Quand des personnes veulent embrasser la digitalisation, ils veulent savoir par quoi commencer. Ils viennent à des conférences, repartent avec des tas d'exemples de solutions, mais ne savent pas quoi en faire. "La première des choses, ce n'est pas de prendre le prisme de la technologie, c'est de procéder avec méthode", estime-t-il.

Les méthodes de design thinking sont très bien adaptées. "On commence par mettre dans une salle toutes les personnes des différents métiers : opérateurs, IT, data analysts, scientists, start-up: tous les gens intéressés à développer la valeur", tance-t-il. La deuxième chose c'est qu'une usine ce n'est pas un laboratoire. Il y a du passage, de la poussière, des camions, des saletés etc. "il faut aller le plus tôt possible, avec de vrais systèmes, pas des maquettes, sur le terrain", conseille-t-il.

Il conclut en disant que le plus complexe dans les projets d'industrie 4.0, c'est d'aller rapidement vers une vraie valeur générée, sur le terrain, et c'est cela qui doit être la priorité.

SIEMENS ET SON ÉCOSYSTÈME POUR UNE APPROCHE DIGITALE À 360°

Laurent MISMACQUE

Après une brève présentation de Siemens et de tout ce que l'industrie en termes de solutions pour l'industrie, Laurent Mismacque présente la solution de modélisation numérique des machines et process. "Aujourd'hui, notre suite logicielle sait quasiment tout faire", estime-t-il. Le but est de limiter le prototypage, les pièces et les matières utilisées. Avec des avatars Siemens peut même modéliser le comportement des opérateurs autour de la machine. Le but est d'obtenir une prévision des comportements et de la production. Ensuite vient la phase de production réelle. Cette production génère des données.

Puis nos outils analysent les données obtenues pour mettre en lumière la performance de la machine. Ces données sont soit envoyées au département de R&D pour développer et améliorer la machine, soit rétroactivement intégrées à la machine dans un process d'amélioration continu.

"Siemens a mis en place un digital experience center. Car si nous avons la technologie et les moyens, ce que veut le client, c'est que la solution développée soit adaptée à son métier. Et là c'est une affaire d'homme." Mais c'est vraiment le plus important : avoir des notions de management du changement, et expliquer que le parcours digital apporte de la valeur ajoutée. Si vous souhaitez digitaliser en Ethiopie, la main d'œuvre est tellement peu chère que vous n'y gagnez rien.

PRODUCTION DE COSMÉTIQUES PERSONNALISÉS EN POINT DE VENTE

Sophie Deygas, l'Oréal

L'important c'est de partir du consommateur final. C'est le changement de comportement du consommateur qui nous indique comment produire différemment. "On a un changement de paradigme, on est sur la satisfaction du consommateur comme indicateur. Et au-delà de sa satisfaction, c'est son engagement avec la marque, qui compte davantage", précise la spécialiste.

Elle précise ensuite les cinq priorités de la digitalisation chez l'Oréal, qui découlent toutes d'une nouvelle vision du consommateur.

L'intelligence artificielle, par exemple, permet de savoir si la formule d'un produit est stable dans un récipient particulier et ne va pas réagir avec son matériau. "Quand il fallait 2 mois de tests par le passé, IBM Watson nous permet désormais de le prédire et de gagner du temps", raconte-t-elle.

Elle revient ensuite sur la priorité particulière de la personnalisation, qui était davantage son "bébé". Le projet s'appelle "Le teint particulier", est a été mis en place aux Galeries Lafayette.

Une conseillère beauté, via un spectrophotomètre - appelé marketingement "scanner" - va déterminer la couleur de la peau. La machine produit alors 15ml pour tester, puis peut repartir ensuite avec 30ml s'il lui plaît, ou le recorriger.

S'il y a de la science pour déterminer la meilleure couleur adaptée à la cliente, il y a aussi une expérience particulière, avec une cliente qui a été suivie tout le long de son parcours, et qui a pu voir son produit se faire, le corriger elle-même etc. Le process dure au total 40 minutes.

Mais cela pose des questions de traçabilité pour la sécurité par exemple. Il faut alors de l'interopérabilité entre tous nos systèmes.

"Une des grandes difficultés du projet était de passer de la fabrication de fond de teint en usine, à une fabrication in situ dans un magasin de luxe. Cela complique tout le processus!" raconte-t-elle.

Car dans le magasin, c'est la conseillère beauté qui fait office d'opératrice, d'ingénieur qualité etc. L'assurance de la qualité est dans les mains de la machine. "Cela veut dire que si la machine fonctionne, elle fonctionne parfaitement, et que si elle ne fonctionne pas parfaitement, elle ne doit plus fonctionner. Et c'est beaucoup plus facile à dire qu'à faire", précise-t-elle. Il faut alors réinventer tous les processus de maintien de production. Intervenir sur la machine dans le magasin se prépare 48 heures à l'avance. "Et tout cela, nous ne savions pas le faire. Nous avons dû tout réapprendre, précise-t-elle.

Et il faudra apprendre très vite, car la prévision est que dans 5 ans, 20% des produits l'Oréal seront personnalisés de cette manière.

L'Oréal repense alors toute son industrie par "brique" pour

répondre à toutes les problématiques.

L'INDUSTREET, CAMPUS DE L'INDUSTRIE DU FUTUR, UNE OPPORTUNITÉ POUR LES ENTREPRISES ET POUR L'INSERTION DES JEUNES

Olivier Riboud, Total

Olivier Riboud est directeur de l'école de l'Industrie du futur. "L'industrie ce sont aussi des hommes qui travailleront dessus. Et la plupart des personnes dans la salle, comme moi, ne la verront pas vraiment. C'est pourquoi il faut intéresser les jeunes", commence-t-il.

En 1970 une compétence apprise à l'école était valable 27 ans. Désormais, elle ne serait valable que 2,7 ans. Le défi est donc d'arriver à apprendre toute sa vie, mais différemment.

Le but n'est pas de former une école pour Total, mais d'aider les jeunes, notamment les jeunes de banlieue à s'insérer. Le PDG, Patrick Pouyanné, après avoir visité l'école 42 de Xavier Niel, s'est dit qu'il fallait faire la même chose. Tout le monde peut y aller, et à la sortie, les jeunes ont leur diplôme et peuvent trouver un emploi rapidement.

L'objectif est donc de former à des métiers qui existent de suite, et qui emploie en ce moment. "On ne va pas former les personnes à la 8G quand la 4G n'a pas fini d'être déployée", estime Olivier Riboud.

L'école en chiffres :

La pédagogie prend en compte le fait d'avoir à apprendre tout le long de sa vie, et donc de se remettre en question pour obtenir de nouvelles compétences. "On va mettre en place une pédagogie pour que les jeunes, une fois qu'ils seront en entreprise, puissent travailler en équipe, faire du reporting, évaluer un problème, récupérer une ou deux solutions et discriminer la meilleure etc".

L'industreet s'est donné quelques principes avec le but affiché de ne pas faire de concurrence à d'autres centres de formation. Ainsi il fallait, même si le but n'est pas d'être embauché par Total, que les métiers soient légitimes avec ce que peut faire l'entreprise, donc plutôt s'orienter vers l'industrie lourde. Et il ne fallait pas trop que le niveau soit trop élevé, du fait du public visé. "Le métier d'ouvrier pur de production est en train de disparaître pour des métiers de techniciens", constate-t-il.

Les écoles d'ingénieurs ont pris le pas sur l'industrie du futur, reste à faire évoluer les filières des niveaux en dessous. C'est donc sur ces diplômés avant tout que l'industrie et s'est concentrée. Le tout spécialisé dans 5 filières:

- Lignes de production automatisée
- Numérisation des installations industrielles
- Thermo distribution d'énergie
- Maintenance multiservice
- Inspection et contrôle non destructif des installations.

Les élèves auront en sortie un certificat de qualification professionnelle reconnu au RNCP, une certification de maîtrise des compétences comportementales, et les certifications de bloc de compétences technologiques Industrie du futur, qui n'existe pas encore dans les registres nationaux.

ENSEIGNER L'INDUSTRIE DU FUTUR

Gwénaél Guillemot, Cesi et président de l'Institut de la réindustrialisation

Gwénaél Guillemot commence en insistant sur le fait que dans toutes les études qui ont été réalisées, la formation est le talon d'Achilles de l'industrie du futur. L'Industrie du futur transforme tout le système des métiers : apparition de nouveaux et disparition d'autres.

Le Cesi a donc travaillé avec l'APEC pour tout reprendre de zéro et partir du besoin des entreprises. Et elle a formalisé les modifications profondes des métiers.

Suite à ce constat, le Cesi a défini diverses orientations pédagogiques sur lesquelles accélérer :

- La recherche
- Déploiement de fabslabs et de plateformes technologiques (qui amènent à certains risques). Ces fabslabs permettent aux ingénieurs d'être confrontés à toutes les nouvelles technologies (réalité virtuelle, drones, par exemple).
- Evolution des Syllabus de formation
- La mise en œuvre de pédagogies innovantes

Le but est de passer d'une pédagogie passive à une pédagogie active.

Toutes ces évolutions sont nécessaires. Si la France forme en moyenne 36 000 ingénieurs en France, n'oublions qu'en Inde et en Chine, ce sont 1,5 millions d'ingénieurs de formés chaque année.

LES AVOCATS 4.0 ?

Maître Nathalie Puigserver, P3B avocats

L'industrie 4.0 fait aussi apparaître de nouvelles manières de procéder en droit. La théorie des contrats ou même le conseil pour les nouvelles technologies ne sont pas vierges de tout changement. "Les raisonnements juridiques demandent de prendre plus de risque, dans des délais plus courts, par exemple", démontre Nathalie Puigserver. Cela amène les avocats à être davantage spécialisé, ou à utiliser de nouveaux outils numériques (LegalTech).

Il y a donc une reconfiguration du champ juridique, avec de nouveaux acteurs, de nouveaux outils, et une nouvelle manière de travailler. La preuve, par exemple, a changé, du fait de la numérisation du réel. On a besoin d'outil adapté pour cela et de nouveaux experts.

De nouveaux acteurs et outils

La legal tech est composé d'environ 180 structures, dont 68% de start-up, qui œuvre d'abord pour les cabinets d'avocats, ensuite les services juridiques, puis les compagnies d'assurance. Ils offrent de nouveaux outils et services à chaque fois. Ces outils révolutionnent de nombreux domaines, avec des impacts différents à chaque fois :

L'intelligence artificielle, aussi, reconsidère le risque juridique. En évaluant par exemple les chances de gagner un procès, paramètre qu'un avocat aura toujours du mal à donner, mais avec des modèles mathématiques, l'avocat aura un outil d'aide à la décision, et pourra peut-être favorablement conseiller son client.

Mais toutes ces révolutions pourront redessiner la carte des métiers. "La numérisation peut à terme briser certains monopôles professionnels, elle pourrait faire émerger une justice en ligne entièrement automatisée, même si nous sommes d'accords pour dire que l'on ne souhaite pas cela à l'heure actuelle", continue l'avocate. Mais il faut garder à l'esprit que tous ces outils serviront à optimiser le droit et la justice.

Mais ce qu'il faut retenir c'est le côté pluridisciplinaire de tout cela, et que les écoles d'avocats ne pourront plus ne pas enseigner d'intelligence artificielle par exemple, du numérique... Cédric Villanie, par exemple, voulait créer une filière droit et IA.

En conclusion, l'avocate estime que "la disruption numérique

désoriente le droit et tend à lui contester son monopole normatif". Elle bouleverse l'enchaînement causal et les responsabilités. Car aujourd'hui, du fait des data, de l'IA, l'homme a accès à un nouveau niveau de réalité, auparavant inaccessible.

MÉDICAMENT, CORPS DIGITAL ET FUTUR DU SOIN : UN RÊVE DE L'INDUSTRIE 4.0 DE LA SANTÉ POUR DEMAIN ?

Judith Nicogossian, docteure en Anthropologie, directeur scientifique chez Lucine

L'anthropologue a la dure tâche de conclure la journée et ses présentations aussi diverses que variés. Spécialisée dans tout ce qui est l'approche du corps humain dans les sociétés modernes et l'impact du numérique, elle propose en guise de conclusion une fiction ethnographique, intitulée *Journal d'un médecin en 2069*.

Elle commence par une vision médicalisée du corps, où tout serait mesuré, validé ou non dès le matin au réveil.

L'espérance de vie a pris trente ans, grâce à l'impression 3D d'organes (implants mammaires et utérus par exemple). La probabilité de tout deviner avec des faux positifs, changent le paradigme de la santé et son approche. Avec de nouvelles craintes.

La docteure pose ensuite une vision de la médecine du futur en pensant ses imbrications avec la machine, la mécanisation à outrance du corps et ses effets sur la pensée. "La société s'est affranchie de la raison clinique pour offrir aux patients des médicaments développés sur la base de son génome", explique-t-elle. Définissant par là une notion entièrement personnalisée de la médecine du futur.

La scientification du monde a relégué aux confins de l'absurde les techniques ancestrales comme le chamanisme.

Elle revient ensuite aux modifications de la relation patient-malade, où via des systèmes de mesures internes et externes aux corps, le médecin peut tout suivre à distance. Ce sont davantage les pharmaciens qui rencontrent alors le patient que les médecins eux-mêmes, qui eux, devront "guider dans leur autonomie" les patients au sein du parcours de santé.

Les robots sexuels garantissent un équilibre sexuel aux patients, tout en s'affranchissant des MST et IST.

Elle pose alors la question de la déconnexion des humains à tous ces systèmes. Puis sur le jumeau numérique, créé dès sa naissance, Caroline.

On apprend alors peu à peu que tous les paramètres de sa vie la rendent imparfaite, et que, ses parents, malgré tous les indicateurs au rouge quant à sa santé, ont décidé de laisser faire la vie.

Mais la jeune femme de 2069 compte porter plainte contre ses parents afin de remettre en cause leur choix.

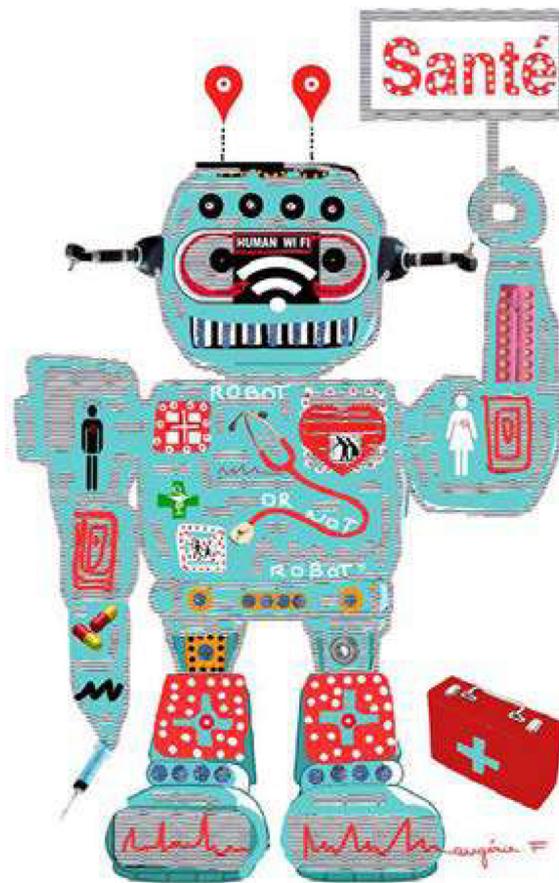
Elle concède en fin de présentation que c'était une vision particulière de la médecine, poussée à son extrême dans la logique d'industrialisation.



École Polytechnique, Palaiseau
Amphithéâtre ARAGO

Un check-up de l'IA pour la santé numérique, c'est grave docteur(s) ?

Jeudi 27 février 2020



Coordination scientifique :

- **Judith Nicogossian** (Anthropologue)
- **Christophe Calvin** (CEA)
- **Christophe Denis** (LIP6/Sorbonne Université)



Renseignements, programme...

<https://www.association-aristote.fr/un-check-up-de-lia-pour-la-sante-numerique-cest-grave-docteurs>

ARISTOTE
À la croisée des révolutions numériques

UN CHECK-UP DE L'IA POUR LA SANTÉ NUMÉRIQUE, C'EST GRAVE DOCTEUR(S) ?

INTERVIEW DE JUDITH NICOGOSSIAN ET CHRISTOPHE DENIS RÉALISÉE AVANT LE SÉMINAIRE

Ce n'est pas la première fois qu'Aristote s'intéresse à l'intelligence artificielle ?



Christophe Denis : Oui, c'est un sujet de séminaire que l'on a régulièrement depuis 2 ans. Le premier séminaire consistait surtout en un tour d'horizon global. Nous avons choisi d'avoir un point de vue général sur les applications autour de l'IA. Est-ce un buzzwords ou non ? Puis nous nous sommes concentrés dans un deuxième séminaire sur les défis actuels : comment donner du sens aux résultats produits par l'intelligence artificielle. Nous avons alors abordé en détail la notion d'explicabilité. Le but était de jeter un oeil dans les boîtes noires que ce soit via la recherche académique ou avec des start-up comme Craft IA. Après ces deux séminaires, et suite à de nombreux échanges, nous avons décidé de faire un point plus particulier sur l'approche de l'IA en santé.

Le numérique change beaucoup de choses dans le domaine de la santé ?



Judith Nicogossian : Oui, et nous avons abordé ce thème pendant plusieurs autres séminaires. Par exemple, nous avons parlé de l'apport du numérique à la santé dans le cadre du changement de paradigme en cours dans ce domaine. En ce moment, notre rapport au numérique redéfinit les contours de la santé, de la maladie, le parcours de soin devient 2.0, le rapport médecin-patient change. On voit aussi l'apparition de la médecine exponentielle (l'application des théories transhumanistes à la santé). Il fallait défricher tout cela. Nous avons aussi réalisé un focus sur l'apport des techniques de systèmes intelligentes (IA), les questions autour de leur programmation, de leurs impacts éthiques ou juridiques. Quelles questions cela pose sur le respect de l'autonomie des patients, par exemple. Il a fallu aussi questionner l'explicabilité. En santé plus qu'ailleurs, il faut savoir ce que l'on fait des boîtes noires. Jusqu'à quel point peut-on les accepter ?

Et dans ce séminaire, sur quoi allez-vous vous concentrer ?

JN : Nous allons beaucoup travailler autour du diagnostic. Depuis avril 2018, la FDA (Food and Drug Administration) a autorisé une IA à poser un diagnostic dans le domaine de la rétinopathie diabétique, en l'absence de la présence d'un expert humain. Alors nous interrogerons ce que l'on peut réaliser aujourd'hui en termes techniques et technologiques grâce à ces diagnostics. Car la médecine est désormais répartie dans des champs très différents. Et l'apport de ces outils n'est pas le même entre ces champs médicaux. Par exemple, l'IA a davantage d'apport en radiologie qu'en médecine généraliste. La chirurgie est aussi un cas à part. Donc il faut réfléchir à toutes ces potentialités technologiques.

CD : Dans un deuxième temps, nous allons aborder les limitations de ces outils intelligents. Si le discours juridique, éthique ou encore philosophique a déjà été traité, il y aura ici des apports différents comme la souveraineté des données.

JN : On a encore du mal à se marginaliser du monopole des Gafam sur les données, qui sont récupérées aujourd'hui de façon globale. Nous avons lancé le Health Data Hub, une plateforme d'exploitation des données de santé, gérée par le Ministère des Solidarités et de la Santé mais qui n'est finalement qu'une pâle copie des préoccupations de Google à l'heure actuelle. Nous attacherons donc à questionner davantage la souveraineté des données. Enfin, sur le plan civilisationnel, nous allons entrer plus concrètement sur les positions à avoir vis-à-vis de l'IA avec des témoignages expérimentels, comme celui d'un médecin urgentiste, qui parlera pratiquement de son vécu. Le but est de sortir de la logique floue pour coller au mieux sur les besoins du réel. Sans pour autant s'interdire de se projeter et d'aller au-devant de la prospective. Nous aurons la chance d'avoir la contribution de la maison d'édition La Volte, avec deux auteurs de sciences fiction.

Une vision très interdisciplinaire donc...

JN : Oui. Le champ de la santé est en pleine transformation concrète étant donné le changement de paradigme du corps dans notre société, et que petit à petit, toutes ces nouvelles technologies numériques appliquées au médical prennent sens. C'est de plus en plus un créneau pour les industriels qui cherchent à développer de nouveaux outils et se font eux-mêmes le relais de cette nouvelle situation du champ médical.

Séminaire Aristote,
27 février 2020 à l'école Polytechnique

Coordination scientifique

Judith Nicogossian (Anthropologue), Christophe Calvin (CEA) et
Christophe Denis (LIP6/Sorbonne Université)

KEYNOTE

Guy Vallencien, Chirurgien, universitaire, membre de l'Académie Nationale de médecine, fondateur et Président CHAM
En vidéo

Le docteur réputé démystifie l'intelligence artificielle. Si les apports de la techniques et du numérique peuvent être très nombreux pour la médecine (augmentation de la précision, bienfaits de la robotique, aide à l'amélioration des hôpitaux avec l'amélioration de la prévision des flux, de la mise sur le marché des médicaments) il insiste sur le fait qu'en médecine, et en chirurgie notamment, « les humains sont des êtres en devenir, et non des êtres d'état ». Et ainsi que l'IA reste très en dessous de nos capacités de compréhension et d'adaptation aux situations changeants - typiquement une opération. Dans une diatribe contre le transhumanisme, il insiste sur le fait que la nature sera toujours plus forte que nous, et que la question posée par la technologie est aussi celle du bonheur, car cette course n'y répondra pas. « Vous aimerez-vous davantage avec 200 pétaflops dans le crâne? Je ne pense pas ». Il n'y a pour lui aucun rapport entre le développement technologique et le bonheur.

LA CLINIQUE DES DONNÉES

Pierre Antoine Gouraud, Pr en médecine, CHU de Nantes
En vidéo

Le professeur Gouraud a œuvré au CHU de Nantes sur la restructuration des données de santé. Il milite pour la fin des données « personnelles », dans le sens, où une donnée reste une chose multifactorielle, qui n'existe pas sans les multiples ramifications de processus qui peuvent y accéder. Selon lui, la donnée n'existe que dans son environnement. Il ne faut donc pas être un extrémiste de la propriété personnelle des données. « Elles doivent être protégées, mais ce n'est pas pour autant que l'on peut dire que vous en êtes propriétaire ». Il a travaillé à Nantes avec une start-up intitulée Wedata, qui dans un amas de données, crée des avatars, et rompt le lien ensuite avec la donnée de départ. Ce qui permet d'aboutir aux mêmes performances d'algorithmes sans travailler sur des données sensibles et liées à un individu particulier.

LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DE LA MAÎTRISE ET DE L'OPTIMISATION DES RAYONNEMENTS IONISANTS EN SANTÉ

*Bénédicte Poumarède, responsable de la plateforme Doseo
En vidéo*

Dans le domaine de l'imagerie médicale, le but du numérique consiste à augmenter le rapport qualité image/dose de rayonnement délivrée. Il faut donc trouver des techniques consistant à améliorer la précision des zones visées. En passant par un jumeau numérique, il est possible de calculer les doses à délivrer pour une qualité d'image traitable. On passe alors par une personnalisation des doses de rayonnements, qui sont ensuite recommandées auprès du médecin. Par exemple, il a été possible (par un protocole Monte Carlo) d'obtenir des qualités d'image scanner en réduisant les doses d'un facteur 2. Plus généralement, le numérique permet soit de personnaliser les doses de rayonnements, soit, via des modèles numériques basés sur les caractéristiques physiques du traitement, d'améliorer l'efficacité des traitements par radiothérapie, tout en réduisant l'impact négatif sur le patient.

TABLE RONDE :

« A LA LUMIÈRE DE L'IA, FAUT-IL REVOIR LA FORMATION EN SANTÉ ? ET « COMMENT INTÉGRER LES CONNAISSANCES AU SUJET DU FACTEUR HUMAIN » ?

Christophe Denis, Modérateur

Audrey Chavas, Safety & Resource Management

Arthur André, Neurochirurgien, Nicolas Pivert, Direction Vasculaire et Cardiaque du groupe Medtronic

Antoine Tesnière de iLumens.

En vidéo

Le but de la table ronde est d'analyser les manques qu'il pourrait y avoir dans les formations médicales à ce jour. La première des choses c'est que l'on rencontre un décalage entre l'accroissement de l'intelligence « technique » et la capacité humaine à l'intégrer.

L'autre point, c'est qu'actuellement, on ne peut plus réellement apprendre sur des patients. Il faudra donc développer de nouvelles manières d'évaluer et former de manière plus adaptée. Plus généralement, face à une connaissance mouvante, il faudra « apprendre à apprendre ».

Mais il ne faut pas se « méfier » de l'IA. Dans 75% des incidents graves, le problème ne vient pas de la technique, mais de l'humain. Il faut donc davantage se méfier de l'humain et

tenter d'en combler les lacunes. Pourquoi ne pas faire un parallèle entre l'aéronautique et la médecine, en insistant sur l'importance de la simulation? Si l'intuition est la somme des expériences vécues et imaginées, la simulation peut amener à développer cette faculté.

Toutefois, il ne faut pas omettre que l'IA change profondément la relation patient-médecin en une relation médecin-machine. Or l'humain a tendance à « se reposer » sur la machine, au moindre doute. D'où l'importance de développer l'esprit critique et de ne pas remettre en cause de manière trop fondamentale la capacité décisionnelle ni d'improvisation.

ETHIQUE DE L'ÉTHIQUE DE L'IA DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

Christophe Denis, (LIP6/Sorbonne Université),

En vidéo

Face à l'explosion démographique, le nombre de maladies chroniques à soigner augmentera, et tout cela devra se faire pour un coût moindre. L'équation va donc devenir de plus en plus ardue. L'IA peut se montrer un outil indispensable dans la résolution de ce problème. Mais sa place prégnante dans nos sociétés peut l'amener à faire des choix éthiques. Or laisser la liberté à cette technologie de faire ces choix pose des questions sociales évidentes. L'IA est donc prise en tension entre deux objectifs. Se pose alors la question de l'explicabilité des systèmes d'apprentissages automatisés, afin que l'humain n'abandonne pas totalement les mécanismes qui régleront ces choix, et qu'il s'interroge sur la place laissée à la transparence dans un tel univers.

METAGENOPOLIS INRAE PLATFORM, MACHINE LEARNING & ACTIVEEON ORCHESTRATION ON-PREM AND ON-CLOUDS

Nicolas Pons et Sebastien Fromentin, de l'INRIA, Denis Caromel et Amine Louati, d'ActiveEon.

En vidéo

La société, récemment créée, travaille sur le microbiote humain. Le but est d'analyser la flore intestinale par prélèvement de selle pour mieux comprendre les pathologies du corps humain. Elle a ainsi trouvé 66 marques dans le cas de la cirrhose du foie, au sein même du microbiote. Grâce à un système d'apprentissage automatique, elle arrive à un meilleur diagnostic de la maladie, meilleur qu'avec une simple biopsie. L'équipe a ainsi démontré

qu'elle peut faire du deep learning sur le microbiote intestinal, afin d'augmenter les possibilités de diagnostic. Elle fait partie d'un projet européen d'analyse d'un million de microbiotes : le « microbiome of humans project ». Des questions sont posées par le public quant à la gestion des données: la société a travaillé avec Microsoft Azure, en cloud, car OVH n'avait pas encore l'autorisation de santé, mais cela devrait changer. A ce jour, le traitement d'un échantillon coûte moins de 1 euros.

EXPLOITATION DES DONNÉES NUMÉRIQUES DES PATIENTS ET RECOURS SYSTÉMATIQUES AUX GAFAM

Alexandre Templier, QUINTEN - Trusted AI for growth

En vidéo

Alexandre Templier a été invité suite à une tribune publiée dans le monde contre les Gafam. Il pose la question de leur domination sur un modèle économique basé exclusivement sur l'exploitation des données personnelles, et de la peur des professionnels de santé qui craignent de se faire « uberiser » par ces mastodontes. Quinten a 12 ans, et son but consiste à rendre les organisations apprenantes par l'exploitation de la data. Il insiste sur la notion de singularité, dont on est encore très loin, car elle est « comme l'horizon », et recule à mesure que l'on avance. La question, pour la médecine réside dans le fait de choisir si on veut des robots qui « font à la place » des humains, ou plutôt comme un exosquelette, qui laisserait la main au médecin sur les mouvements, l'écoute et les décisions. En arguant sur la définition de l'intelligence artificielle, en aucun cas équivalente au deep learning, il insiste sur le fait que si l'on attend que le médecin ne soit plus qu'un valideur d'opérations, ce sera le mort de la médecine, car les futurs médecins apprennent en regardant les anciens faire et raisonner. La clé, selon lui, de l'IA en santé, réside ainsi dans la dynamique plutôt que dans la détention d'un savoir relatif à la santé. Sur l'industrie pharmaceutique, il souligne la non efficacité des processus et l'inertie lié au mécanisme d'apprentissage, pour passer d'une santé empirique à une santé « data driven ». Il cherche ainsi à rétablir la complexité de l'IA, ses modèles et ses cas d'application, pour sortir d'une vision à majorité définie par les Gafam.

BIOÉTHIQUE ET SANTÉ

Bénédicte Bévière-Boyer Maître de conférence en droit privé et sciences criminelles

En vidéo

Entre appréhension de la personne, relations médicales, recherche, santé publique et commerce, les domaines révolutionnés par le numérique sont plus que nombreux. Face à cela, la tâche du juriste est considérable: il doit repenser l'ensemble des règles qui régissent l'homme en société, ses interactions, avec une présence de plus en plus forte des Gafami. Que ce soit les droits des usagers de santé, la recherche, ou la définition des politiques de santé publique, tous les secteurs seront affectés. Le juriste ne doit donc pas s'attacher à un acteur en particulier, mais considérer la santé dans son aspect global. Bénédicte Bévière-Boyer détaille ensuite les objectifs de la réglementation de la santé en numérique. Elle constate une implication croissante de l'Etat face à la mainmise des Gafami dans le domaine. C'est ainsi qu'a été créé en 2018 le Health Data Hub. Mais à ce jour, la protection juridique des données de santé reste insuffisante: la loi de la bioéthique ne va pas assez loin dans l'énoncé des règles applicables. Elle revient ensuite sur les enjeux de la loi « Ma santé 2022 », dont les dispositions sont à ce jour davantage orientées sur l'organisation professionnel du numérique plutôt que sur la protection de la personne. Elle prévient enfin des ravages des cyberattaques croissantes dans le domaine de la santé. Pour une meilleure régulation, elle milite pour un débat international autour de la réglementation du numérique en santé, plutôt que des initiatives nationales, voire européennes.

VISION JURIDIQUE DES FREINS DE L'IA POUR LA SANTÉ

Alain Legendre, Avocat

En vidéo

Alain Legendre commence par rappeler les différents freins à la réglementation de l'IA. A ce jour aucune définition juridique de l'IA n'existe vraiment, ni même de régime juridique. Selon lui, avancer sur la question et permettre à l'IA de déployer toute son utilité, se fera avec une meilleure collaboration entre les juristes, les concepteurs, les utilisateurs et les bénéficiaires de l'IA en santé. « Impliquons-nous pour ne pas subir », avance-t-il. Pour continuer à pratiquer une médecine humaine, il faut intégrer les facteurs humains (erreurs, émotions, hasards heureux ou malheureux...) dans les systèmes d'IA. Un des derniers points limitant concerne la souveraineté en matière

d'IA (notamment du point de vue de la collecte des données ou du consentement de l'utilisateur), avec des questions situées du point de vue du choix des prestataires technologiques, et de la concurrence internationale qui pourrait avoir des conséquences désastreuses. L'avocat insiste tout de même sur le risque de tomber dans des empilements juridiques inexploitable et incompréhensible par les intéressés. En guise de conclusion, il pose la question de savoir si l'IA ne doit-elle pas posséder sa propre souveraineté, même partielle en matière de santé.

QU'EST CE QUE L'IA POUR LE DIAGNOSTIC ? COMMENT L'INSCRIRE DANS LA RELATION PARENT-MÉDECIN ?

Loïc Etienne, président du Medvir

En vidéo

Fondateur de 3615 Ecran Santé, Loïc Etienne est pionnier des téléconsultations. Il a créé ensuite le site docteurclic.com. Il revient avant tout sur l'apport de l'IA dans la relation « humaine » soignant-soigné. En décrivant le cycle du traitement, de la plainte du patient à la guérison, il présente son travail sur les ontologies du langage entre patients et médecins. L'enjeu est de comprendre ce que dit le patient, et ce qu'il ne dit pas, et comment le médecin peut trouver les mots pour faire passer son message. Il a alors dressé des ontologies du symptôme et du diagnostic. Il dresse alors les grandes tendances de la médecine 3.0 et ses perspectives (médicaments personnalisés, nanotechnologies...) avec en ligne de mire, la médecine prédictive. Ceci pourrait amener à la médecine 4.0, mais Loïc Etienne met alors en garde: dans la réflexion éthiques, le danger tient dans le fait que les machines parlent entre elles, parfois « en dehors de nous », et pourraient ainsi avoir un avis, nous excluant du libre arbitre. Il dresse alors les limites de l'IA, distingue le raisonnement artificiel, la connaissance artificielle et la reconnaissance artificielle. A ce jour, le non-dit n'est pas appréhendé par la machine. Selon lui, l'anamnèse du diagnostic par le médecin fait partie intégrante du diagnostic. Il souligne en outre que dans une large partie de la médecine, le patient guérit tout seul, le médecin n'est qu'un facilitateur de guérison. Il pointe alors la difficulté majeure actuelle: l'explicabilité de l'IA. « Nous avons besoin d'une machine qui sait expliquer ce qu'elle fait, or ce n'est pas le cas à ce jour », note-t-il. Pour le moment, les principales IA apprennent sans juger, elles ont besoin des humains pour leur dire que ce qu'elles apprennent est bon ou non. De là, il en déduit qu'il n'existe au monde, aucune intelligence artificielle forte. Si les technologies

continuent de progresser, il estime que peut être en 2050, nous en approcherons. Mais d'un point de vue de l'éthique, il milite pour anticiper, et donc mettre tout le monde autour de la table (politiciens, scientifiques, juristes, assureurs, citoyens...), pour réfléchir et mener une forte réflexion: revoir un code d'éthique, dresser les droits et devoirs du citoyens numériques, repenser les études de médecine, etc.

TABLE RONDE : “PERSPECTIVES INCRÉMENTALES OU DISRUPTIVES” ?

Audray Chavas, Modératrice

Loïc Etienne, Président Medvir

Frédéric Landragin, CNRS Laboratoire LATTICE

Edouard Kleinpeter Informaticien GREThA Université de Bordeaux

En vidéo

Dans la recherche, on avance toujours par petit pas, mais il faut viser loin. Loïc Etienne commence en citant un proverbe chinois « Si tu veux creuser ton sillon droit, accroche ta charrue à une étoile ». La disruption nécessite une vision large. Or, en France, le président du Medvir se montre critique, il estime que nous sommes trop dans une vision incrémentale, et qu'il manque une optique de long terme, une vue du chemin à tracer, ce qui limite les progrès en matière d'IA. Les pouvoirs publics notamment, n'aident pas assez le secteur à établir ce chemin. Il ne soutient pas cette démarche, et limite donc la recherche entière à rester dans l'incrémental. Edouard Kleinpeter, lui s'interroge sur l'explicabilité. Même si certaines décisions peuvent être rendues « explicable » a posteriori - des techniques sont développées dans ce sens - « Comment un médecin peut-il négocier à partir d'un diagnostic posé par une machine dont il ignore le processus de décision? ». C'est pour lui, par l'explicabilité, que les progrès seront visibles.

Frédéric Landragin, lui, spécialiste dans l'IA et le langage, part de son exemple de la traduction automatique, dont les algorithmes ne font que repérer des mots clés, pour proposer une version différente d'un texte. A la Commission européenne, où tous les documents sont traduits en 24 langues, et dont les traducteurs représentent un budget d'un milliard d'euros par an, les traducteurs automatiques ne remplaceront pas les humains. Ils se limiteront à être une aide à la traduction. Et le chercheur d'étendre ce principe, selon lui, à tous les domaines de l'IA.

Tout le monde s'accorde à cette vision, car il a été démontré scientifiquement que les groupes humains + machines prennent de meilleures décisions que l'humain seul ou la machine seul. Edouard Kleinpeter estime pour sa part que l'on ne sera pas dans le disruptif, mais qu'on restera dans l'incrémental, à ce niveau. Frédéric Landragin acquiesce, estimant que tant qu'on ne résoudra pas le problème de l'implicite, du non-dit, on restera dans l'incrémental. « Une IA n'arrive pas faire des déductions de choses absentes, où elle se trompe une fois sur deux ». Le problème est trop complexe. Loïc Etienne propose alors qu'on parle d'intelligence humaine augmentée, plutôt que d'intelligence artificielle, qui nous rend prisonnière de cette vision. Et notamment dans l'élaboration du diagnostic en santé, où ce seront deux intelligences (le médecin et la machine), qui doivent se parler.

ENTRETIEN SUR LA SCIENCE-FICTION

Stuart Pluen Calvo, Directrice du recueil de nouvelles "Demain la santé" aux éditions La Volte

Raphaël Granier de Cassagnac, Chercheur en physique des particules et auteur de science fiction

En vidéo

Raphaël Granier de Cassagnac est chercheur au CNRS en physique des particules, et auteur de science fiction, dont les sujets tournent tous autour de l'intelligence artificielle. Pour un appel à texte de nouvelles de la maison d'édition La Volte, il imagine qu'une intelligence artificielle, couplée à un réseau social, repense totalement notre système de santé, à un niveau géopolitique. Des individus de différents pays avec différentes cultures vont être confrontés et devoir gérer ce nouveau système de santé. Cette idée est née d'observations actuelles: Amazon Alexa, qui pourra soi-disant déceler des symptômes en fonction de notre voix, et Amazon qui investit massivement dans la santé. Ajoutons à cela la première génération d'humain génétiquement modifiée en Chine, et plus proche de nous, les pompes à insuline directement reliée au corps, qui la régule en permanence. L'auteur est convaincu qu'un jour existera un réseau social, avec un algorithme spécifiquement dédié à la santé. Dans un avenir proche en tout cas, tout cela tend vers un monde « globalisé », hyperconnecté, d'où l'idée de décrire l'approche et les liens de six personnages de cultures différentes avec ce système de soins technologique. Dans sa nouvelle, le rapport au médecin a explosé. Ces derniers sont davantage perçus comme des techniciens accompagnant la technologie. En revanche, il concède que l'hypothèse que le

succès de la médecine à distance, entièrement connectée, appuyée par l'adhésion des médecins dans la technologie est romanesque, et que lui-même n'est pas convaincu que cela fonctionne. Il décrit ensuite tous les personnages qui portent le récit, tous très différents. Selon l'auteur, la multiplication des expériences en termes de santé fera la richesse du système à venir et à construire.

Wéбинаire en anglais

Where is the quantum computer revolution in France ? : start-ups in sight

Jeudi 05 novembre 2020



Coordination scientifique :

- Elvira Shishenina (QuantX)
- Christophe Calvin (CEA)
- David Menga (EdF)



Renseignements, programme...

<https://www.association-aristote.fr/ou-en-est-la-revolution-de-lordinateur-quantique-en-france-les-start-ups-en-vue/>

ARISTOTE
À la croisée des révolutions numériques

QC HARDWARE IN FRANCE: STARTUPS IN SIGHT

Séminaire Quant X et Aristote,
5 novembre 2020 en ligne

Coordination scientifique

Elvira Shishenina (QuantX), Christophe Calvin (CEA) et David Menga (EDF)

La conférence est organisée par Quant X, une association de diplômés de l'Ecole Polytechnique, pionniers de l'industrie de l'informatique quantique et la société savante Aristote. Elle a été élaborée par Elvira Shishenina, Quantum Computing research scientist chez Total, ainsi que David Menga, ingénieur chercheur chez EDF R&D. Elle a pour but de présenter le travail et le positionnement de cinq jeunes pousses spécialisées dans l'informatique quantique.

C12 QUANTUM ELECTRONICS



Créée par Pierre Desjardins et Matthieu Desjardins, la société est une émanation du laboratoire de physique de l'Ecole Normale Supérieure. Elle a pour but de concevoir des processeurs quantiques à partir de matériaux élémentaires: des nanotubes de carbone. « Un nanotube de carbone est le plus petit fil électrique qu'il est possible d'imaginer, son diamètre est de l'ordre du millième de diamètre d'un cheveu » détaille Pierre Desjardins. Le problème des matériaux quantiques consiste dans leur instabilité, ce qui provoque des erreurs. Donc à ce jour, les processeurs quantiques font beaucoup d'erreurs et l'on n'est jamais sûr du résultat. Mais le laboratoire de physique de l'Ecole Normale a découvert après 10 ans de recherche, que des nanotubes de carbone pouvaient constituer en de très bons transistors quantiques. C'est donc à partir de ces matériaux que C12 a choisi de réaliser des processeurs.

Les nanotubes de carbone offrent trois avantages: ils sont

stables (minimisent les erreurs), commutables (peuvent être allumés ou éteints, sans interférer avec leur environnement), et peuvent être connectés facilement (tout Qubit peut être connecté à un autre Qubit). La jeune pousse devrait aboutir à un premier prototype en 2022, pour un processeur de 5 Qubits. En 2025, elle espère atteindre la commercialisation de processeurs de 50 à 100 Qubits, mais devra pour cela réaliser encore de gros progrès technique et scientifique, notamment sur la gestion de l'hétérogénéité des nanotubes.

PASQAL



Constantin Daylac, R&D Quantum software Engineer présente l'entreprise, qui travaille déjà en partenariat avec EDF. Elle est spécialisée dans les simulations quantiques à partir d'atomes froids (cold atoms). Les atomes froids sont peu connus encore dans le monde de l'informatique quantique. Constantin Daylac revient d'abord sur la définition des simulations. Elles viennent aider, à partir d'équations « d'évolution » - à opposer à des équations de définitions - à faire des prédictions sur les variations des paramètres d'un objet au cours du temps. Mais les résoudre reste souvent très difficiles, et les solutions sont seulement approchées par des méthodes itératives. D'où la nécessité pour les physiciens de faire des simulations. Elles permettent par exemple de se représenter une galaxie, l'évolution d'un fluide sur une aile, ou de micro postillons lors d'un éternuement.

De la même manière, les physiciens, pour certains problèmes, utilisent les équations de Schrödinger, pour se représenter l'évolution d'un système quantique, à l'aide de la fonction hamiltonienne. Mais ces équations sont insolubles pour un ordinateur classique, car le nombre d'opérations itératives est trop élevé. Pasqal fournit donc de la « matière quantique artificielle », développée par Antoine Broweys et Thierry Lahaye, de l'institut d'optique de Saclay. Ce sont des particules de rubidium qu'ils arrivent à organiser dans l'espace comme ils le souhaitent, et dans un état énergétique particulier. Ils ont choisi du rubidium car il correspond à un atome de Rydberg, avec une distance noyau - électron très élevée. Cette propriété fait qu'un atome excité dans un état quantique particulier, ne peut exciter les atomes voisins. Ce qui confère une certaine stabilité.

A partir de ces propriétés, Pasqal réalise des hamiltoniens personnalisés, réalisés dans cette matière quantique, afin de résoudre en observant la matière, des problèmes industriels, par simulation quantique. La physique quantique et ses propriétés sont utilisés à des fins de modélisation et de résolution d'équation évolutives. Par exemple, pour résoudre des questions de répartitions de grilles de recharges électriques de véhicules, pour EDF, en modélisant les paramètres sur un graphe particulier de répartition des bornes de charges. A ce jour, Pasqal cherche d'autres cas d'applications pour ses hamiltoniens personnalisés, afin de réaliser plusieurs POC.

DIAMFAB



La présentation est réalisée par Gauthier Chicot, CEO et cofondateur de DiamFab, une émanation du CNRS. La société produit des diamants synthétiques pour des systèmes électroniques. « Concrètement, nous fabriquons des plaques de diamants de synthèse pour des systèmes électroniques de hautes performances », explique-t-il. Les diamants sont utilisés pour les bijoux, mais aussi en mécanique, en optiques, en médecine (pour des stimulations neuronales, par exemple), en électronique, et aussi pour des composants électroniques quantiques, ou pour des capteurs quantiques.

Dans les années 50, General Electric a réussi à synthétiser du diamant, et à la fin des années 60, il a été rendu possible de le doper, pour lui conférer des propriétés électroniques particulières, notamment avec du bore, ensuite, dans les années 80. Dans les années 2000, la recherche est arrivée à un substrat

de diamant de qualité commercialisable, et en 2019, seulement, (c'est très récent) avec DiamFab, il a été possible de réaliser des plaques (wafer) de diamant de haute valeur ajoutée, pour des composants électroniques. Le diamant a beaucoup d'atout: il est composé de carbone, résistant à haute température, et à haute pression (à la différence du graphite, résistant seulement au CNTP). Le but de Diamfab est de le synthétiser et de le doper en nitrogène, en bore et en phosphore, pour le doter de propriétés électroniques particulières. Le diamant possède de meilleures propriétés physiques concernant les applications électroniques, et pourrait donc remplacer les composants à base de silicone ou de gallium. Par exemple le diamant résiste à des courants 5000 fois supérieurs par rapport au silicone, des tensions 30 fois supérieures, et des températures de plus de 200 degrés. Une aubaine.

La société possède ce point fort d'arriver, à partir d'un matériau de haute pureté, à contrôler le dopage d'impuretés pour contrôler leur quantité, et donc les propriétés physiques associées. Mais aussi l'épaisseur des couches et d'arriver à superposer plusieurs couches de propriétés différentes.

Ceci en fait un matériau de choix pour la physique quantique, et donc l'informatique quantique. En substituant un atome d'Azote à un atome de carbone, DiamFab arrive à créer un spin d'électron variable, permettant de stocker de l'information, sans toutefois besoin de basses températures, ni de vide important. C'est cette propriété qui permet d'en faire un composant adapté à l'informatique quantique, et un matériau d'avenir, pour les problèmes (notamment de basse température) qu'il résout. En contrôlant les propriétés de cette espace de vide de carbone rempli par un atome d'Azote (Nitrogen-Vacancy Center) DiamFab arrive à déterminer différentes propriétés quantiques de son matériau de base.

Il ne lui reste qu'à travailler sur l'industrialisation du procédé pour obtenir de grande quantité de wafer de bonne qualité.

ALICE & BOB



La présentation est réalisée par Théau Peronnin, CEO et cofondateur d'Alice & Bob, une start-up qui cherche à réaliser un ordinateur quantique universel visant à minimiser les erreurs due intrinsèquement liées au qubit. Si des machines quantiques par supraconduction existent déjà de l'ordre de 50 à 70 Qubits, développée par Google et IBM, par exemple,

elles ne sont pas quantiquement fiables. Le problème avec les phénomènes quantiques, c'est que les composants sont extrêmement sensibles, et donc sujets à tous les bruits et toutes les interactions possibles. « Ainsi une machine quantique est un paradoxe: vous avez un système isolé parfaitement quantique, mais dès que vous interagissez avec, vous le troublez et introduisez du bruit, » explique Théau Peronnin. Toutes les machines, même les plus élaborées perdent alors la totalité de leurs informations seulement après 20 itérations. C'est un sacré problème... Les ordinateurs aussi puissants soient-ils ont un défaut majeur: ils font des erreurs. Au rythme où avancent les recherches, il ne sera pas possible de faire tourner le moindre algorithme correctement avant 2050 sur une machine quantique, car la technologie aura besoin d'atteindre préalablement « l'universalité », ie, la capacité de faire tourner un algorithme sans erreur.

Alice & Bob s'attache à chercher à réduire ces erreurs par un twist, directement dans le processus physique de la machine. Pour comprendre, il faut revenir aux bases : dans l'informatique classique, une information se caractérise par un Bit, en l'occurrence, 0 ou 1. Si l'on veut amoindrir les erreurs liées aux composants physiques de la machine, on répète l'opération. On réalise plusieurs copies de l'information, et on récupère le résultat le plus courant. Par exemple, si l'information est 1, on part de 11111, pour aboutir à 11101 après copies. Le résultat majoritaire sera alors 1, ce qui constitue un bit logique (le résultat du vote des copies). Cette méthode permet de palier les imperfections matérielles de la machine.

Un Qubit, lui, est représenté par un point sur une sphère, avec une trajectoire définie. Le bruit va aller croissant (le Qubit est bien plus sensible), car il va dévier la trajectoire du point sur la sphère. Au total, on accumule donc deux erreurs: le changement de bit (0 ou 1) mais aussi une erreur quantique pure (le spin). Il est possible, comme dans le premier cas, de pallier ces deux erreurs par une méthode de redondance. Il faut ainsi corriger dans une matrice à deux dimensions, sur une ligne pour une erreur et sur une colonne pour l'autre erreur. Cela augmente considérablement le nombre de calcul par rapport au bit. Pour aboutir à 1 qubit logique, il faut plus de 1000 qubits imparfaits, et pas loin de 100 000 qubits imparfaits pour aboutir à un qubit logique universel.

En s'appuyant sur les travaux de Mazhar Mirrahimi, de l'Inria, et de Zaki Leghtas de l'Ecole des Mines, Alice & Bob développe des Qubits qui s'autocorrigent de manière autonome sur une

erreur. Le principe mélange des concepts d'automatique pour la régulation, et la superposition en état de « chat de Schrodinger » d'un oscillateur harmonique.

Ce qu'il faut retenir, c'est que pour obtenir un Qubit logique, on réduit de manière exponentielle les Qubit imparfaits à avoir, puisque dans le tableau, on ne considère plus que les lignes ou les colonnes. Ainsi, pour produire un Qubit logiques, cela ne nécessite que 30 Qubits imparfait et idem pour un Qubit universelle. Ce qui est une avancée considérable. Cela divise par 3000 la quantité de machines nécessaires. Cela fait gagner 11 ans sur les avancées informatiques, si on part du principe qu'on divise par deux tous les ans la surface d'une machine nécessaires pour produire 1 qubit.

QUANDELA



La présentation est réalisée par Shane Mansfield, le directeur de la start-up, fondée en 2017, émanation du CNRS, et regroupe 12 personnes. Elle s'attache à développer un ordinateur quantique optique, et travaille autour de l'utilisation de la lumière en informatique quantique. La start-up a développé et commercialise une source à photon unique. Tout repose sur un « semiconductor dot », c'est à dire de taille nanométrique. Il fonctionne comme un atome artificiel.

Lorsqu'il est excité par un laser, et qu'il revient à son état énergétique initial, il émet un photon d'une énergie spécifique. En tournant en chaîne, il est possible d'émettre des chaînes de photons, absolument identiques.

L'informatique quantique repose sur le Qubit (un bit ordonné dans une sphère, dans une multiplicité d'état, et non juste deux états 0 ou 1), et il est possible, très facilement, d'encoder des Qubits dans un photon. En le faisant passer par un miroir semi-réfléchissant, il ressortira comme un combinaison possible de deux états, et en ajoutant un mouvement de rotation, on obtient un deuxième paramètre d'état du photon. Les deux sont contrôlables et permettent de coder, donc un Qubit dans un photon. Le problème ? Ces états sont extrêmement sensibles, et les états des photons, très fragiles, prêt à se modifier à tout moment. Mais tout l'intérêt réside dans le fait qu'il n'y a pas de phénomène de décohérence: je maîtrise les paramètres du photon. « En tant que théoricien, je préfère travailler avec quelque chose que je connais statistiquement parlant. Les photons uniques ainsi paramétrables me paraissent donc bien

plus faciles à manipuler », explique Shane Mansfield.

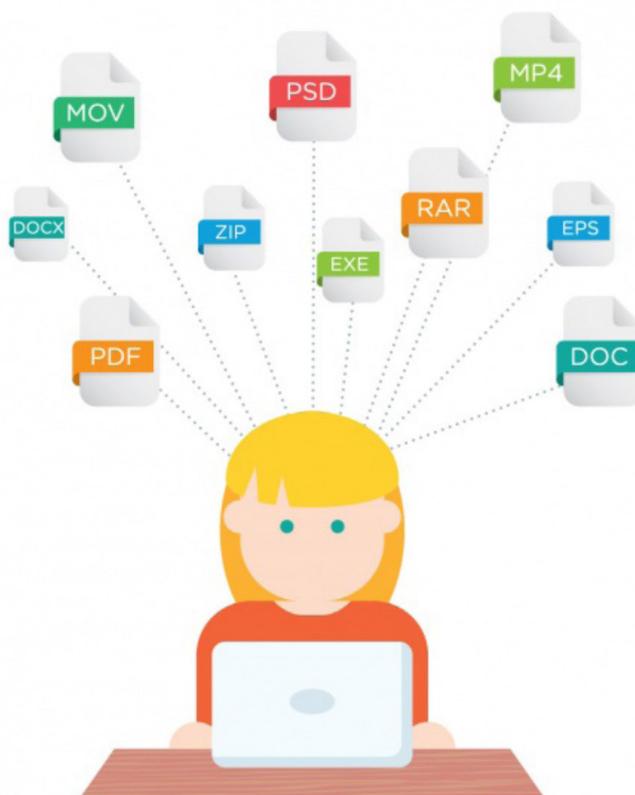
Mais on ne peut s'arrêter là. Le but de l'informatique quantique n'est pas de reproduire des Qubits, qui peuvent être synthétiser à partir de bits, eux-mêmes, sur un ordinateur normal. Pour en goûter tous les avantages et savourer la magie quantique, et profiter des capacités considérables de calculs se déploient, ces qubits ont besoin d'interagir entre eux. Pour cela, Quandela se base sur les interactions de Hong-ou-Mandel. Si l'on émet deux photons sur un miroir semi transparent, on obtient 4 différentes occurrences de chemin de lumière (les deux photons sont réfléchis, transmis, ou l'un des deux seulement est réfléchis). « Mais c'est là que la magie quantique opère, et nous obtenons au bout du compte, l'annulation de l'amplitude de ces différentes occurrences », détaille Shane Mansfield. Les paires de photons finissent par être intriquées. C'est ainsi que Quandela arrive à créer de l'intrication photonique, et peut faire en sorte que les Qubits interagissent ensemble, ce qui est le cœur de l'informatique quantique.

Shane Mansfield détaille ensuite les compétences techniques de sa source de photons, bien supérieures à celle d'une source optique par conversion paramétrique descendante spontanée (spdc), notamment en termes de fréquence et de vitesse.

De ces capacités, la start-up a produit son premier ordinateur quantique à photon entièrement fonctionnel: le promotheus, programmable via un ordinateur classique pour y effectuer des calculs. Il est déjà commercialisé. A long terme, le but est d'arriver à implémenter des programmes de machine learning sur ce type d'ordinateur. La start-up cherche donc maintenant à développer la partie logicielle pour bien tourner sur ces types d'ordinateurs.

Webinaires de présentation de la Cellule Nationale de Veille sur les Formats ?

Mercredi 4 et Mardi 10 novembre 2020



Coordination scientifique :



Renseignements, programme...

<https://www.association-aristote.fr/webinaires-de-presentation-de-la-cellule-pin-formats/>

ARISTOTE
À la croisée des révolutions numériques



La cellule Formats

Pour une expertise nationale sur les formats de fichiers

Lorène Béchard & Mélanie Rebours

#PINFormats

Webinaires PIN - 4 novembre 2020

2010's



Les travaux du Programme Vitam sur la préservation

Identifier les besoins en terme de préservation

- les fonctionnalités à intégrer au logiciel Vitam : Identification, Conversion de format...
 - https://www.programmevitam.fr/ressources/DocCourante/autres/fonctionnel/VITAM_Preservation.pdf
- les proportions des principaux formats (type de format, nombre de fichier, volume des fichiers) et ceux spécifiques à la France non identifiés par le référentiel PRONOM (<https://www.nationalarchives.gov.uk/PRONOM/Default.aspx>)

Un groupe de travail réuni pendant 2 ans

- Les membres du Programme Vitam
- Des interventions d'institutions extérieures en pointe sur le sujet : Bibliothèque nationale de France (BNF), Institut national de l'audiovisuel (INA), Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur. (CINES)...

Participation à des événements internationaux : IPRES, contact DPC, OPF...

- iPRES : Conférence internationale sur la préservation numérique (Boston 2018, Amsterdam 2019)
- DPC : Digital preservation Coalition, <https://www.dpconline.org/>
- OPF : Open preservation Foundation, <https://openpreservation.org/>



Les livrables du chantier préservation

Identification des formats de fichiers :

https://www.programmevitam.fr/ressources/DocCourante/autres/fonctionnel/20200131_NP_Vitam_preservation-identification-format-v2.0.pdf

Validation des formats de fichiers :

https://www.programmevitam.fr/ressources/DocCourante/autres/fonctionnel/20200131_NP_Vitam_preservation-validation-format-v2.0.pdf

Extraction de métadonnées :

https://www.programmevitam.fr/ressources/DocCourante/autres/fonctionnel/20200131_NP_Vitam_preservation-extraction-MD-v2.0.pdf

L'étude du SIAF sur la préservation

Identifier les ressources à allouer au sujet de la préservation par les services d'archives

- Définir le sujet : périmètre, connaissances, concepts et normes en vigueur
- Modéliser les processus et des scénarios à mettre en œuvre : les ressources nécessaires...
- Les livrables sont consultables sur le site FranceArchives : <https://francearchives.fr/fr/article/162808225>



Un sujet de niche ?

Un besoin impérieux de mutualisation : partager les connaissances, les savoir-faire

Un besoin de créer une communauté : uniquement quelques « sachants » à l'échelon national

- Un besoin de participer aux événements internationaux pour enrichir les réflexions et connaissances
- Pose la problématique de la langue



Comment poursuivre les efforts ?

Partager la charge pour assurer une meilleure progression et prise en compte du sujet

- Ne pas repartir de 0
- Gagner du temps en partageant les travaux effectués

Créer une « cellule » sans complexité administrative

- Trouver une institution « neutre » pour le portage du sujet, afin de fédérer les établissements et institutions concernées

LA solution ? s'agréger au Groupe PIN déjà existant et dédié à la préservation en y apportant des forces vives et de nouvelles problématiques



Le Groupe PIN

Un lieu d'échange qui fête ses 20 ans, de réflexion et d'action pour faire émerger des solutions dans les domaines suivants :

- Les informations à pérenniser
- Les questions juridiques
- Les systèmes d'archivage
- Les problèmes d'organisation sous-jacents



2019



Cellule nationale de veille sur les formats

➤ Lancement en 2019 d'une cellule de veille nationale sur les formats de fichiers

- Sous l'égide de l'association Aristote et de son groupe de travail PIN (Pérennisation de l'information numérique)
- Une dizaine de partenaires
- Participation ouverte, soumise à adhésion à l'association Aristote



BnF



ARCHIVES NATIONALES

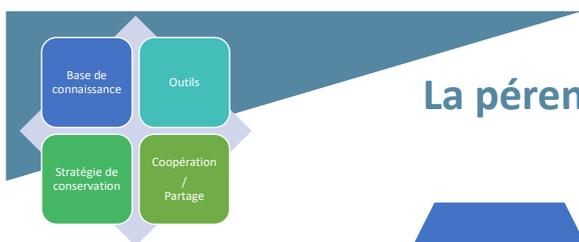
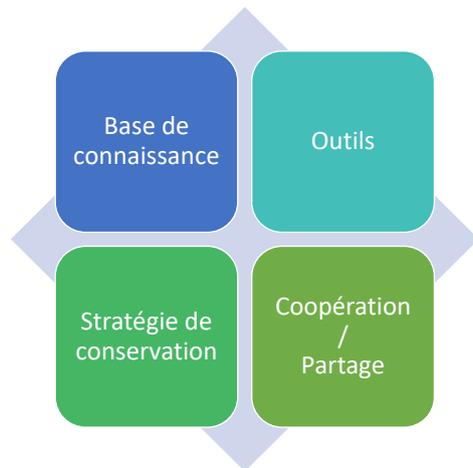
PROGRAMME vitam
archivage numériqueHN
Huma-NumMoselle
L'Eurodépartement

ina

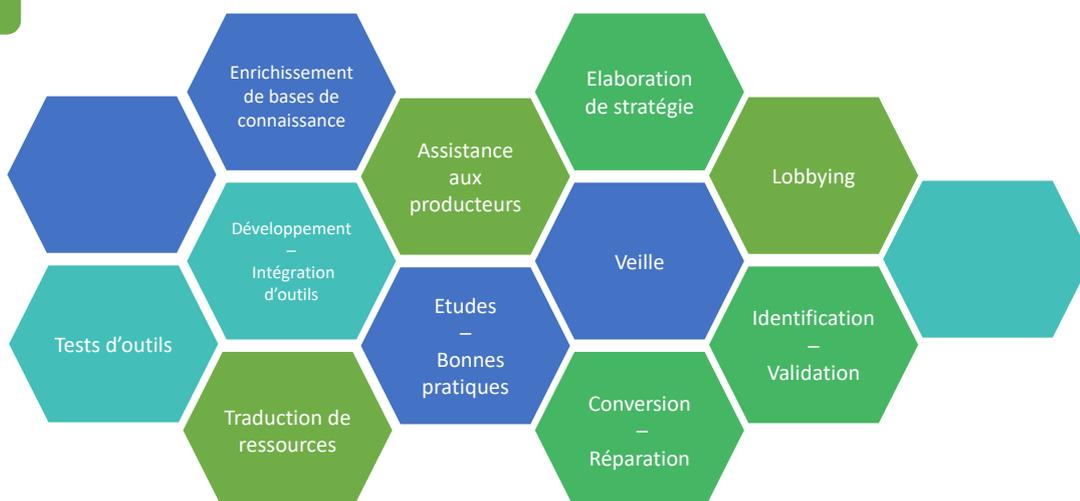
Cellule nationale de veille sur les formats

➤ Les objectifs

- Mutualiser les activités de veille
- Sensibiliser les professionnels sur le sujet
- Contribuer et influencer sur les outils
- Etre l'interlocuteur francophone dans les travaux internationaux

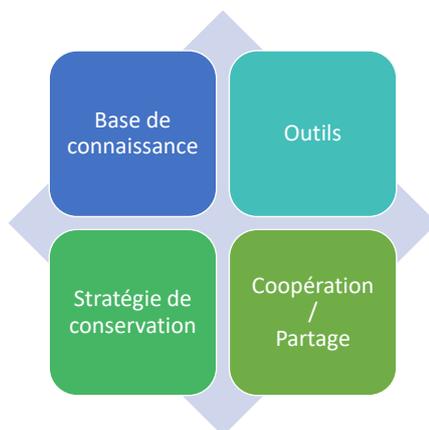


La pérennité des formats : panorama des activités



Axes de travail

- Identifier les expertises existantes sur les différents types de formats / Etablir une liste de sources génériques de connaissance sur les formats
- Etablir une cartographie des formats utilisés en France, notamment les formats spécifiques
- Classifier les formats en fonction de leur pérennité
- Mettre en place un dépôt national de conservation des spécifications des formats de fichiers
- Identifier les champs d'études nouveaux : par exemple, travailler sur les formats 2D, 3D et les formats géographiques
- Recenser les jeux de fichiers de tests existants / Mettre en place un corpus de fichiers de tests



- Partage d'expérience suite à tests d'outils : VeraPDF par ex
- Recenser les outils/méthodologie de réparation des formats
- Evaluer les problèmes spécifiques posés par la langue française vis-à-vis de formats et outils, produits par des anglo-saxons
- Echanger sur les outils d'extraction de métadonnées et sur les formats de métadonnées techniques
- Identifier des outils pour l'analyse automatique du contenu des fichiers

- Identifier et traduire les sources anglo-saxonnes indispensables
- Mettre en place des actions de communication, ateliers pratiques, webinaires, etc.
- Elaborer une documentation pédagogique sur la notion de « fichier » et de « format de fichiers »

- Echanger sur les pratiques de validation : quels outils pour quels formats ?
- Echanger / Définir les critères d'obsolescence des formats
- Identifier des critères pour le choix d'une stratégie de conservation : Conversion vs Emulation
- Améliorer les pratiques de préservation du XML

Composition de la cellule et programme de travail 2019-2020

Sous-groupe « Identification des expertises »

- Constitution d'un annuaire des expertises en France et à l'étranger

Sous-groupe « Connaissance des formats et critères d'obsolescence et de pérennisation »

- Recensement des formats existants, notamment les formats spécifiques
- Définition de critères d'obsolescence et de pérennité pour les formats

Sous-groupe « Outils et Corpus »

- Alimentation de Wikidata (utilisation du modèle de cycle de vie du DCC et du registre COPTR (Community Owned digital Preservation Tool Registry : https://copttr.digipres.org/Main_Page)

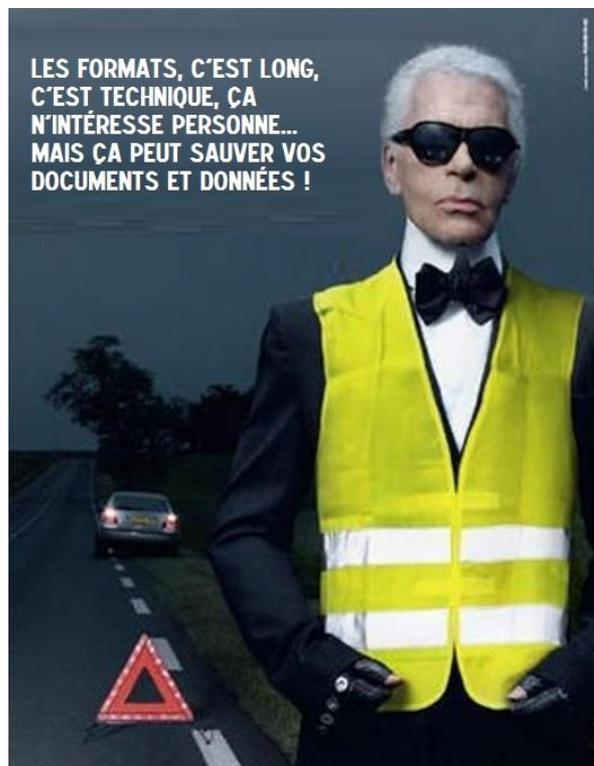
Sous-groupe « Traduction »

- Traduction de la grille d'évaluation de la NDSA (National Digital Stewardship Alliance : <https://ndsa.org/publications/levels-of-digital-preservation>)
- Traduction du Rapid Assessment Model du DPC : <https://www.dpconline.org/digipres/dpc-ram>
- Traduction du Handbook sur la préservation numérique élaboré par le DPC : <https://www.dpconline.org/handbook>



Merci de votre attention !

Contact : secretariat@association-aristote.fr





aristote

La cellule Formats

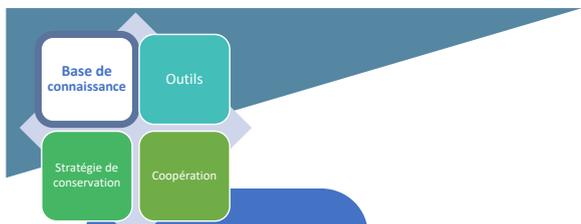
Axes de travail et premiers résultats

#PINFormats

Webinaires PIN - 10 novembre 2020

Composition de la cellule et programme de travail 2019-2020

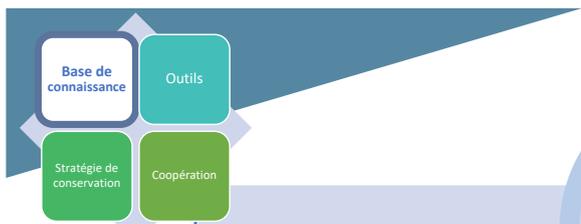
<p>Sous-groupe « Identification des expertises » Présentation Dominique Naud (Siaf)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Constitution d'un annuaire des expertises en France et à l'étranger
<p>Sous-groupe « Connaissance des formats et critères d'obsolescence et de pérennisation » Présentation Emeline Levasseur (AN)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recensement des formats existants, notamment les formats spécifiques • Définition de critères d'obsolescence et de pérennité pour les formats
<p>Sous-groupe « Outils et Corpus » Présentation Thomas Ledoux (BNF)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recensement des corpus de fichiers librement réutilisables • Utilisation de Wikidata pour recenser les outils
<p>Sous-groupe « Traduction » Présentation Edouard Vasseur (ENC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Traduction de la grille d'évaluation de la NDSA • Traduction du Rapid Assessment Model du DPC • Traduction du Handbook sur la préservation numérique élaboré par le DPC



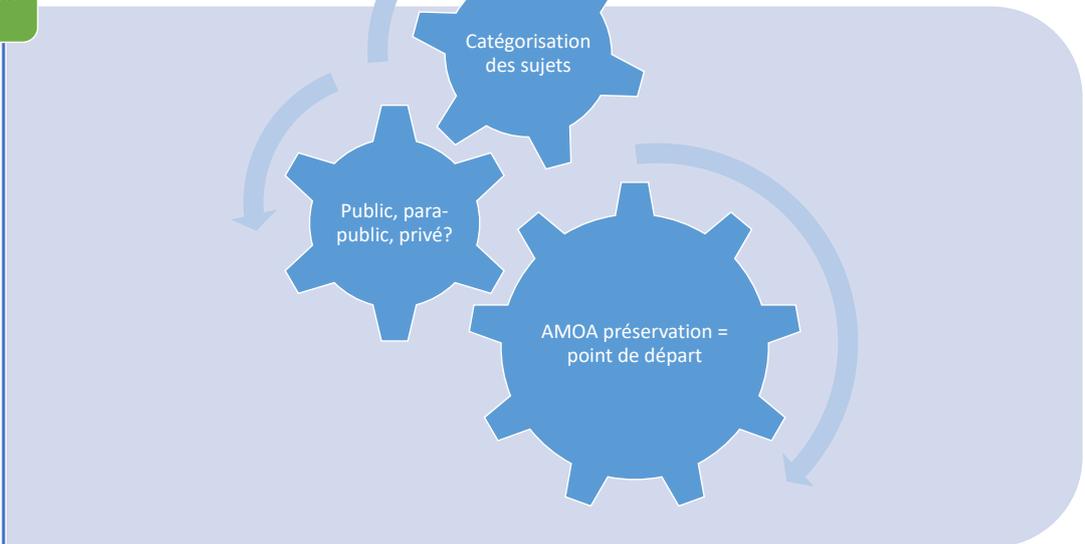
Identification des expertises

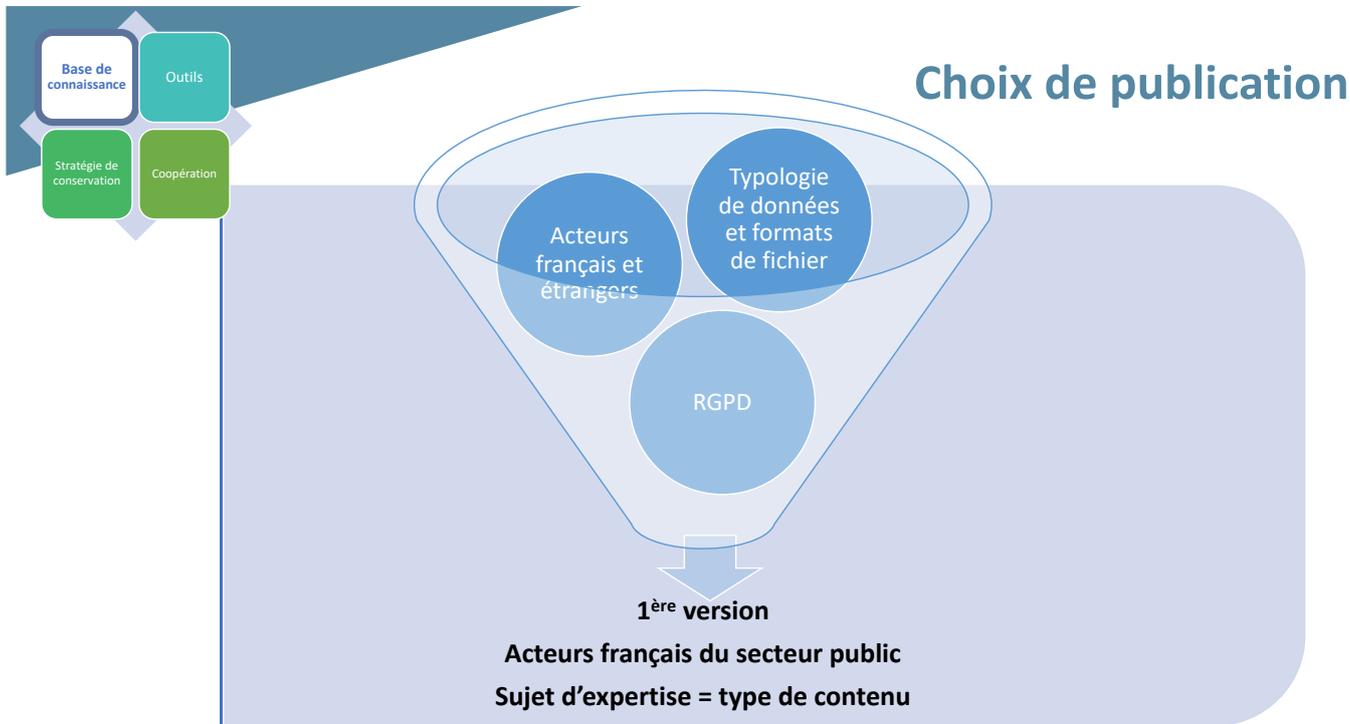
Composé du Ministère des Armées (MINARM), du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et du Service interministériel des Archives de France (SIAF)

- Constitution d'un annuaire des expertises en France et à l'étranger



Evolution 2019-2020





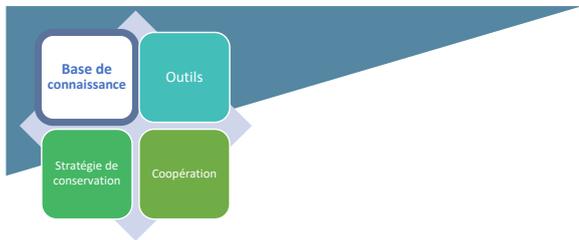
1^{ère} version publiable

GLOSSAIRE

Pour faciliter votre circulation dans cet annuaire et vous permettre d'affiner votre recherche, les sujets d'expertises ont été regroupés selon la classification COPTR, dont voici ci-dessous leur équivalent en français.

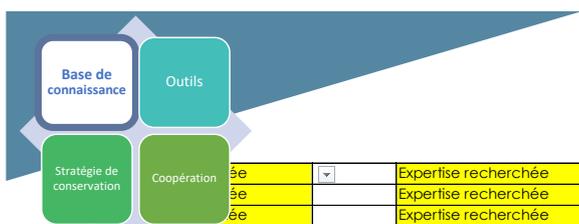
Content type	Type de contenu
Audio	Audio
Binary Data	Données binaires
Container	Conteneur
Database	Base de données
Disk Image	Image disque
Document	Document
EBook	Livres électroniques
Email	Courriel
Geospatial	Géospatial
Image	Image
Project Management Data	Gestion de projet
Research Data	Données de la recherche
Software	Logiciel
Spreadsheet	feuille de calcul
Video	Vidéo
Web	Web
Not content type specific	Hors classement

Pour toute contribution, et lorsque cela est possible, nous vous invitons à vous servir des listes déroulantes pour améliorer l'uniformité de nos données.



1^{ère} version publiable

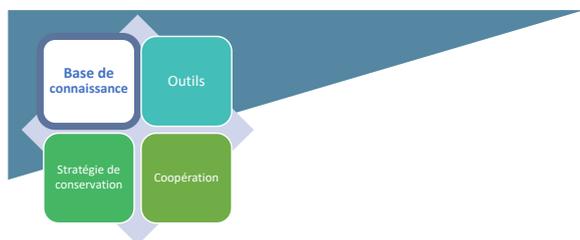
Acteurs (personnes physiques ou morales)	[Pays]	Lieu d'exercice actuel (depuis le)	Contenu type	Précision du sujet	Contact	Références/sources	Public/privé
Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur	France	Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur	Image	TIFF/GeoTIFF, PNG, JPEG, JPEG2000, 3D (.ply, .dae)	svp@cines.fr	https://www.cines.fr/archivage/ https://alfresco.cines.fr/alfresco/faces/isp/browse/browse.jsp	Personne morale secteur public
Institut national de l'audiovisuel	France	Institut national de l'audiovisuel	Video	Tout type de format	expertises@ina.fr	https://www.ina.fr/	Personne morale



1^{ère} version publiable

Expertise recherchée	Document	PDF/A
Expertise recherchée	Software	Design (.agab .anf .axd)
Expertise recherchée	Web	.html .htm .mht
Expertise recherchée	Software	programmation (.cpp), codes sources (.f)
Expertise recherchée	Software	développement (.inc .list), implémentation (.m)
Expertise recherchée	Document	feuilles de style (.css)
Expertise recherchée	Document	mise en page (.fm)
Expertise recherchée	Image	2D/3D (.igs)
Expertise recherchée	Software	Unix (.unix) Archive Unix (.tar)
Expertise recherchée	Document	LaTeX (.tex)
Expertise recherchée	Research Data	HDF
Expertise recherchée	Geospatial	FITS
Expertise recherchée	Image	CAO : STEP (.step .stp .p21)
Expertise recherchée	Image	CAO : catia
Expertise recherchée	3D content type specific	Building information modeling (BIM) : formats ICF
Expertise recherchée	Not content type specific	Imagerie médicale : format DICOM (.dcm)
Expertise recherchée	Research Data	données brutes scientifiques (applications LIMS)

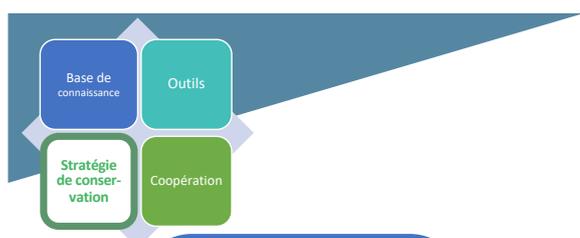
NOUS AVONS BESOIN DE VOUS !



Et après ?

Acteurs (personnes physiques ou morales)	[Pays]	Lieu d'exercice actuel (depuis le)	Content type	Précision du sujet	Contact	Références/sources	Public/privé
--	--------	------------------------------------	--------------	--------------------	---------	--------------------	--------------

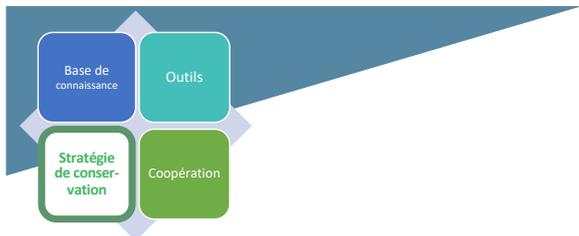
Les acteurs des autres pays



Connaissance des formats et critères d'obsolescence et de pérennisation

Composé des Archives nationales, du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, du Ministère des Armées, de la Bibliothèque nationale de France et du département de la Moselle.

- Contextes et enjeux très différents parmi les participants.
- Plusieurs constats : difficultés de définition, difficultés à formuler des recommandations.



Questions

- Quels sont les critères de pérennisation adoptés par d'autres institutions ?
- Quelle synthèse peut-on en proposer ?

Projet de publication sur HAL.

Critères de pérennisation

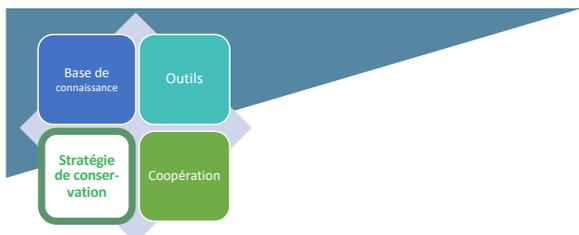
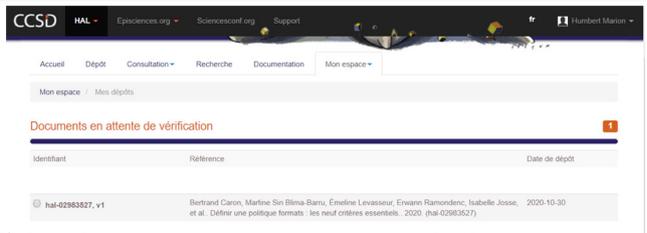
Réponse

Définir une politique formats : les neuf critères essentiels.

CELLULE NATIONALE DE VEILLE SUR LES FORMATS

Sous-groupe « connaissance des formats existants et émergents et définition de critères d'obsolescence et de pérennisation »

Avril 2020



Questions

- Quels formats sont conservés au sein de nos établissements ?

Connaissance des formats conservés

Réponse

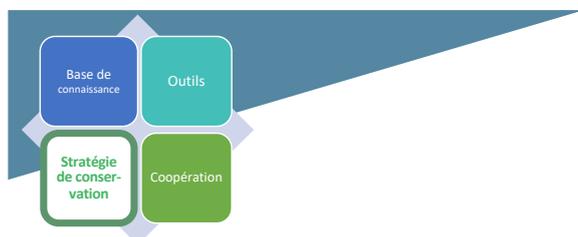
Vers un recensement des formats conservés : échanges, réflexions, documents de travail

CELLULE NATIONALE DE VEILLE SUR LES FORMATS

Sous-groupe « connaissance des formats existants et émergents et définition de critères d'obsolescence et de pérennisation »

Février 2020

DOMAINES (prendre la catégorisation PRONOM)	Intitulé du format	Extension	Type MIME	PUID	Wikidata	Caractéristiques	Outil particulier pour les manipuler au sein de l'institution	outil pour générer un fichier (en fonction des contextes institutionnels) facultatif	Nombre d'objets par institution	Volume en % par institution	Contexte de production (éléments de compréhension propre à chaque institution) facultatif	Commentaire sur l'entrée facultatif
	OpenDocument Text (ODT)	.odt				Ouvert						
	Portable Document Format (Adobe Systems)	.pdf				Propriétaire ouvert						



Questions

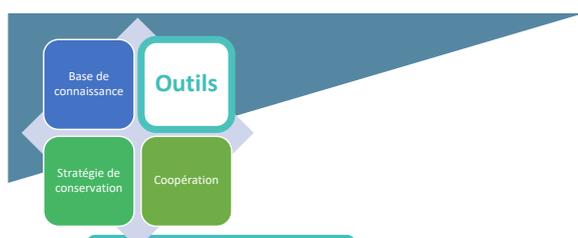
- Quelles sont les caractéristiques d'un format précis ?

Connaissance technique des formats

Réponse



Travaux en cours : TIFF, Mp3, formats bureautiques, messageries.



Composition de la cellule et programme de travail 2019-2020

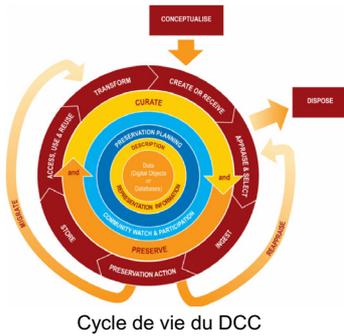
Sous-groupe « Outils et Corpus »

Composé de la BnF, du CINES, du TGIR HumaNum, de Mintika, du programme VITAM

- Recensement des corpus de fichiers librement réutilisables
- Utilisation de Wikidata pour recenser les outils



Etape 1 : créer les catégories du registre



Cycle de vie du DCC

Chaque étape du cycle de vie est modélisé par une entité WD

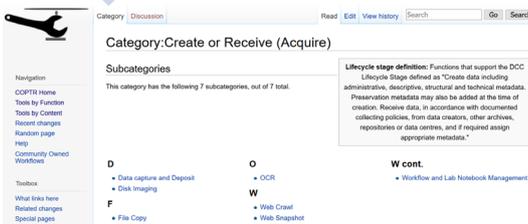
P31 (instance of - *nature de*) : Q714737 (category - *catégorie*)
 P361 (part of - *partie de*) : COPTR
 P1545 (series ordinal - *rang dans la série*) = 1

rang	qid	etape	stage
1	Q:Q90878156	Accéder, Utiliser et Réutiliser	Access, Use and Reuse
2	Q:Q90887043	Créer ou Réceptionner (Acquérir)	Create or Receive (Acquire)
3	Q:Q89021580	Agir transversalement	Cross-Lifecycle Functions
4	Q:Q90889758	Éliminer	Dispose
5	Q:Q90885460	Verser	Ingest
6	Q:Q90890255	Agir pour préserver	Preservation Action
7	Q:Q90890401	Planifier la préservation	Preservation Planning
8	Q:Q90890485	Stocker	Store

<https://w.wiki/N5r>



Etape 2 : lier les processus aux catégories



Lier les processus aux catégories

Activités:

- Chercher une entité WD préexistante appropriée
- En créer une nouvelle, le cas échéant

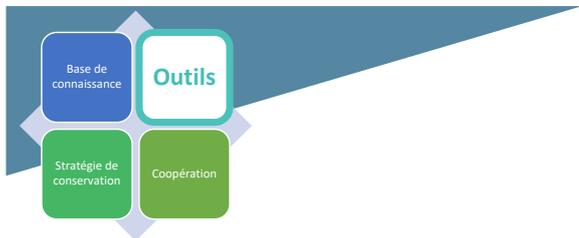
Constat : Très souvent une entité représentant le résultat du processus existe mais pas le processus lui-même.
 Par exemple : "disk image file" ([Q592312](https://w.wiki/N6M)) au lieu de "disk imaging"

NOUS AVONS BESOIN DE VOUS !

of - *facette de*) : ?etape

	process	processus
Q:Q61466324	file copying	Copie de fichier
Q:Q4929239	data collection	collecte de données
Q:Q61466324	web crawling	exploration du Web
Q:Q167555	optical character recognition	reconnaissance optique de caractères

<https://w.wiki/N6M>



Etape 3 : donner accès aux outils



Wikidata

P31 (instance of - nature de)/P279(subclass - sous-classe)* Q7397 (software)
 P366 (use - usage) : ?processus

<https://w.wiki/S4q>

Les outils sont classifiés
De nouveaux outils sont identifiés et découverts

stage	etape	process	processus	tool	toolLabel
Ingest	Verser	file format identification	identification du format de fichier	Q24305922	Digital Record Object Identification
Ingest	Verser	file format identification	identification du format de fichier	Q16927990	JHOVE
Ingest	Verser	file format identification	identification du format de fichier	Q2858088	Apache Tika
Ingest	Verser	file format identification	identification du format de fichier	Q181820	file
Ingest	Verser	data integrity	intégrité	Q6802825	Md5deep
Ingest	Verser	data integrity	intégrité	Q1932013	Md5sum



Traductions

Sous-groupe « Traduction »
 Composé de la BnF, du CD Moselle, de l'ENC, de Mintika et du Ministère des Armées (SHD)

- Traduction de la grille d'évaluation de la NDSA
- Traduction du Rapid Assessment Model du DPC
- Traduction du Handbook sur la préservation numérique élaboré par le DPC



Document 1 : le NDSA Level of Preservation



Domaine fonctionnel	Niveaux			
	Niveau 1 (connaître vos contenus)	Niveau 2 (protéger vos contenus)	Niveau 3 (surveiller vos contenus)	Niveau 4 (pérenniser vos contenus)
Stockage	Posséder deux copies complètes dans des lieux distincts. Documenter tous les supports de stockage où les contenus sont stockés. Utiliser des supports de stockage stables.	Posséder trois copies complètes avec au moins une copie à un emplacement géographique distinct. Documenter le stockage et les supports de stockage en indiquant les ressources et dépendances nécessaires à leur fonctionnement.	Posséder au moins une copie à un emplacement géographique présentant un type de menace différent de ceux des autres emplacements. Posséder au moins une copie sur un support de stockage différent. Surveiller l'obsolescence du stockage et des supports.	Posséder au moins trois copies dans des emplacements géographiques présentant des types de menaces différents. Augmenter la variété des supports de stockage pour éviter les points de défaillance uniques. Avoir un plan et mener des actions pour remédier à l'obsolescence des supports de stockage, des logiciels et du matériel informatique.
Intégrité	Vérifier l'information d'intégrité si celle-ci a été fournie avec les contenus. Générer une information d'intégrité si aucune information n'est disponible. Contrôler la présence de virus. Le cas échéant, mettre les contenus en quarantaine.	Vérifier l'information d'intégrité lors de la migration ou de la copie des contenus. Utiliser des bloqueurs d'écriture lors des travaux sur les supports originaux. Sauvegarder l'information d'intégrité et stocker la copie dans un emplacement distinct de celui des contenus.	Vérifier l'information d'intégrité à intervalles réguliers. Documenter les processus et les résultats des vérifications de l'information d'intégrité. Mener des audits d'intégrité à la demande.	Vérifier l'information d'intégrité à la suite d'événements ou d'activités spécifiques. Remplacer ou réparer les contenus corrompus le cas échéant.
Contrôle	Déterminer les agents humains et logiciels autorisés à lire, écrire, mettre à jour et supprimer les contenus.	Documenter les droits de lecture, d'écriture, de mise à jour et de suppression des agents humains et logiciels.	Identifier les agents humains et logiciels qui mènent des actions sur les contenus et journaliser ces actions.	Examiner périodiquement les journaux des opérations et des accès.
Métadonnées	Créer un inventaire des contenus. Y documenter les emplacements utilisés pour le stockage. Sauvegarder cet inventaire et en conserver au moins une copie à part des contenus eux-mêmes.	Stockier suffisamment de métadonnées pour connaître les contenus (possibilité de combiner les métadonnées administratives, techniques, descriptives, de préservation et structurelles).	Déterminer quel standard de métadonnées appliquer. Trouver et combler les lacunes dans les métadonnées pour se conformer à ces standards.	Archiver les actions de préservation associées au contenu et les occurrences de ces actions. Choisir et implémenter des standards de métadonnées.
Contenu	Documenter les formats de fichiers et toutes les autres propriétés essentielles (significant properties) des contenus, y compris les modalités et la date d'acquisition de cette documentation.	Vérifier les formats de fichiers et les autres propriétés essentielles (significant properties) des contenus. Développer des relations avec les créateurs de contenus pour encourager des choix de formats de fichiers durables.	Surveiller l'obsolescence et les évolutions des technologies dont dépendent les contenus.	Mener des opérations de migration, de normalisation, d'émulation, etc. pour s'assurer que les contenus restent accessibles.

Grille d'évaluation des niveaux de préservation avec les domaines fonctionnels en ligne

<https://hal-bnf.archives-ouvertes.fr/hal-02552208v1> et <https://hal-bnf.archives-ouvertes.fr/hal-02551807v1>



Document 2 : le Rapid Assessment Model de DPC

Grille d'évaluation rapide de la Digital Preservation Coalition

Annexe 1 – tableau DPC RAM

Organisation	
Responsable de l'évaluation	
Date de l'évaluation	
Observations sur le périmètre de l'évaluation	



Niveau stratégique	Niveau actuel	Justification	Niveau cible	Observations
A - Viabilité de l'organisation : Gouvernance, structure organisationnelle, dotation en personnel et en ressources des activités de préservation numérique				
B - Politique et stratégie : Politiques, stratégies et procédures qui régissent le fonctionnement et la gestion des archives numériques				

<https://www.dpconline.org/digipres/implement-digipres/dpc-ram/ram-french>



Document 3 : le Handbook de DPC



Digital Preservation Handbook



Explore the Handbook

- Home
- Contents
- Introduction
- Digital preservation briefing
- Getting started
- Institutional strategies
- Organisational activities
- Technical solutions and tools

f t p

Digital Preservation Handbook



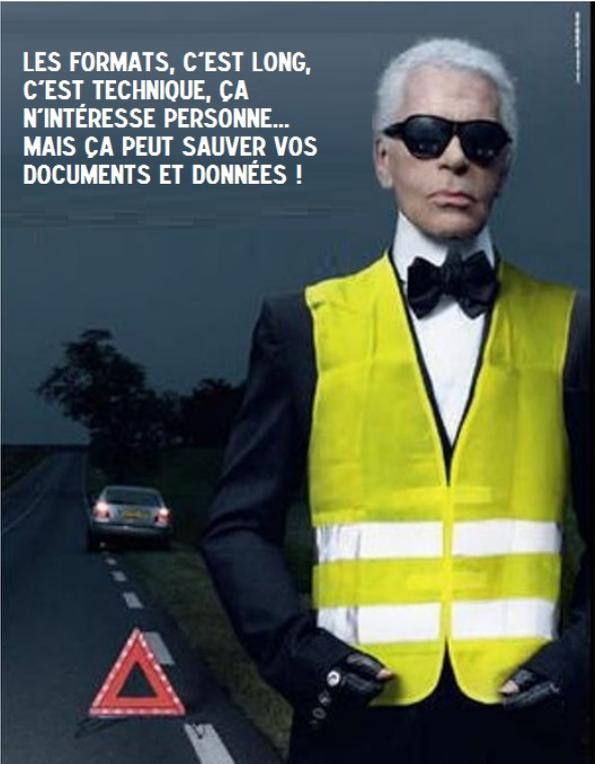
Illustration by Jerjen Stamp digitalbevaring.dk CC BY 2.5 Denmark

Welcome to the revised 2nd edition of the Digital Preservation Handbook. A key knowledge base for



Merci de votre attention !

Contact : archivage.numerique.siaf@culture.gouv.fr





Association Aristote

Ecole Polytechnique
91128 Palaiseau Cedex

secretariat@association-aristote.fr

www.association-aristote.fr