

ANNEXE 5 - Retranscription

[Cette retranscription complète a été réalisée à partir d'un enregistrement audio et avec l'autorisation des intervenants, les seules modifications apportées étant dans un souci de clarté des propos et d'anonymisation des participants.]



Emmanuelle Rial-Sebbag (Responsable de la Plateforme Genotoul Societal) : Merci encore à tous de suivre cet atelier qui, je vous le rappelle, s'inscrit dans une thématique plus globale qui est celle de l'éthique, du numérique et de la robotique. Nous en sommes à notre troisième volet, après avoir regardé quelle était la place des robots au sein de l'humanité lors du premier atelier, et la dernière fois où nous avons également travaillé sur les relations robot-robot et robot-humain. Aujourd'hui c'est une session sur l'éthique des algorithmes, et celle-ci est un peu particulière puisqu'elle s'inscrit dans une initiative portée par la CNIL qui est chargée, depuis la loi sur le numérique, d'organiser des débats sur les questions éthiques liées au numérique, et je le dis sous la houlette de Monsieur Demiaux ici présent. Nous avons voulu nous inscrire dans cette initiative avec cet atelier qui aura une forme un petit peu particulière, et qui fera l'objet d'une restitution à la CNIL pour qu'ils puissent eux-mêmes faire une synthèse des différents travaux qui auront été menés pendant cette année. Pourquoi un peu particulière aujourd'hui ? Parce que nous allons tester un nouveau matériel grâce à ce petit boîtier, à partir duquel nous allons essayer de réfléchir tous ensemble et de dégager des pistes de réflexion comme nous avons l'habitude de le faire. Je vais vous rappeler qu'il faut impérativement appuyer sur le micro si vous voulez vous exprimer sinon vous ne serez pas enregistrés, car effectivement tous nos débats vont être enregistrés aujourd'hui, feront l'objet d'une retranscription anonymisée, et c'est ce qui sera remis en partie à la CNIL et qui sera également mis sur le site internet de la Plateforme « Ethique et Biosciences ». Je laisse donc maintenant la parole à notre animateur Jérôme Béranger qui est chargé de vous présenter cette table ronde, et encore merci.

Jérôme Béranger : Bonjour à tous. Je suis chercheur associé à l'INSERM dans l'unité 1027, et je suis chargé d'animer cet atelier sur « l'éthique des algorithmes, enjeux pour la santé ». Pour ponctuer cet atelier nous avons la chance d'avoir deux conférenciers qui vont présenter leurs réflexions et leurs travaux. Notamment à ma gauche Monsieur Philippe Besse qui est associé à l'Université de Toulouse, l'INSA, l'Institut de mathématique et le Labex CIMI, qui va vous présenter une conférence sur la « loyauté des décisions algorithmiques en santé », l'objectif étant de mettre en lumière comment les caractéristiques techniques et les propriétés de ces procédures algorithmiques interrogent l'éthique, notamment pour les utilisateurs, les médecins et les chercheurs. Il va argumenter ses propos notamment sur la qualité de précision et la justesse des algorithmes, mais également sur l'interprétation, les responsabilités, et les biais autour de ces algorithmes. A ma droite j'ai le Professeur Christine Balagué qui est membre de l'Institut Mine-Télécom, titulaire de la Chaire sur les réseaux sociaux et objets connectés, et qui a été pendant trois ans, de 2013 à 2016, Vice-Présidente du Conseil National du Numérique. Christine va vous faire une présentation sur l'« éthique des

algorithmes dans le domaine de la santé », notamment comment l'éthique des algorithmes se pose dès la recherche et jusqu'aux domaines applicatifs ? Qu'est-ce que l'on entend par l'éthique des algorithmes ? Quels sont les dimensions, les enjeux et les solutions autour de ces algorithmes ? Après chaque intervention on aura une séance de questions-réponses de dix minutes où l'on pourra échanger entre nous, après les deux interventions on fera une pause, puis on fera une restitution des questionnaires par rapport à la session interactive que Lucie va vous présenter tout de suite.

Lucie Serres (Coordinatrice de la Plateforme Genotoul Societal) : Bonjour à tout le monde. Merci à vous d'être venus, tant aux participants qu'aux intervenants. Je vais donc prendre le relais sur le questionnaire. Je me permets juste de vous rappeler que si l'on vous a fait émarger ce n'est pas du tout pour faire la police mais juste pour savoir à qui s'adresser si quelqu'un emporte un boîtier sans faire exprès, on vous demandera donc de bien les ramener à la fin, et d'émarger à nouveau s'il vous plait. Vous avez tous un petit boîtier, alors pour l'aspect technique je vous précise que si un clignotant rouge s'affiche c'est que votre réponse n'a pas été prise en compte. Je vous précise aussi qu'en haut du boîtier il doit être noté 41 lorsque vous allez voter, qui est le réseau sur lequel nous sommes tous, si l'un d'entre vous ne l'a pas merci de le préciser. Enfin vous pouvez corriger vos réponses si vous vous êtes trompés, si c'est une question qui n'appelle qu'une seule réponse c'est le dernier bouton sur lequel vous aurez appuyé qui sera pris en compte, si c'est une question qui amène deux réponses et que vous voulez corriger l'une des deux il faut re cliquer sur les deux réponses, et si c'est une question à choix multiples par contre il n'y aura pas de correction possible. Voilà j'espère que tout le monde a bien compris. On va donc commencer.

Emmanuelle Rial-Sebbag : Je voudrai juste ajouter deux petites choses, la première c'est veuillez excuser Anne Cambon-Thomsen qui est la fondatrice de cette plateforme et qui n'a pas pu être avec nous aujourd'hui, mais qui bien sûr s'associe à nos travaux ; et la deuxième c'est que je voulais aussi profondément remercier Lucie pour tout le travail qu'elle a effectué et pour toute cette organisation qui a été nettement plus lourde que d'habitude, et pour laquelle elle a fourni de gros efforts donc merci à elle.

[Session interactive - Problème technique dû à un défaut d'affichage du questionnaire]

Jérôme Béranger : En attendant j'ai oublié de vous dire que l'on aura lors de l'atelier une allocution de Bertrand Monthubert qui est Conseiller Régional Occitanie délégué à la recherche et à l'enseignement supérieur. Et à la suite de ce questionnaire on pourra faire ressortir deux grands thèmes pour débattre plus en détails, poursuivre et clôturer cette journée.

[Tour de table – Présentation des participants]

Intervention de Philippe Besse

Bonjour et merci d'être venu écouter. Je vais essayer de ne pas trop déborder sur le temps pour vous parler d'un problème délicat. Ça fait quelques temps que l'on a constitué un groupe de travail avec une collègue juriste, Céline Castets-Renard professeur à l'UT1, et un autre collègue Aurélien Garivier, professeur à l'UPS, pour réfléchir sur ces problématiques. La difficulté lorsque l'on aborde ces sujets est que l'on tire sur un fil et c'est une énorme pelote qui sort. On passe beaucoup de temps et un gros travail est nécessaire pour arriver à structurer et à bien cerner les problèmes pour les aborder. C'est un travail délicat pour des gens qui découvrent ces thématiques.

Introduction - Quelles questions ?

Je veux d'abord aborder dans l'introduction ce dont je ne vais pas parler ici, mais ça permet de cadrer le décor et d'y voir un peu plus clair.

Une question très générale et générique est de savoir si la technologie est neutre. De mon point de vue, la réponse est non, tout le monde n'a pas accès à ces technologies liées aux données massives et aux algorithmes qui permettent de les traiter.

Ensuite, sur les usages que l'on peut faire de ces technologies, Michel Serres parle de *Pharmakon* à savoir que ces mêmes outils peuvent être utilisés comme remède ou poison ; comme Platon parlait de l'écriture utilisable comme remède et poison. Les exemples sont nombreux, mais on peut citer par exemple les grands d'internet qui se mettent à explorer les données médicales, à utiliser des algorithmes d'apprentissage pour faire de l'aide au diagnostic, donc c'est la partie remède ; et le côté poison c'est la NAS qui utilise ces mêmes algorithmes pour détecter d'éventuels terroristes à partir de l'usage qu'ils font de leur téléphone cellulaire avant de leur envoyer un drone pour s'en débarrasser. La partie poison de ces mêmes algorithmes.

Il y a aussi un autre domaine, dont je ne parlerai pas parce que je ne suis pas compétent, c'est tout ce qui touche à l'entrave à la concurrence. Nous sommes tous touchés comme consommateurs, par les algorithmes qui font du *pricing* automatique incluant une forme de discrimination sur le prix de tout ce que vous pouvez acheter sur Internet. Il y a aussi les comparateurs de prix, les recherches dont les résultats peuvent être ordonnés de manière plus ou moins loyale vis-à-vis du consommateur ou du commerçant. Un livre qui vient de sortir sur ces *compétitions virtuelles* qui montre que ces compétitions de prix sur Internet ne vont pas nécessairement dans le sens de l'intérêt du consommateur.

Il y a un autre sujet dont je ne parlerai pas, c'est tout ce qui touche à l'ouverture des données, à leur anonymisation de façon à ce qu'elles soient accessibles à la recherche scientifique et à d'autres études. En quoi cette ouverture tend vers la fin du consentement libre et éclairé dans le cas de données de santé, parce qu'elles sont prises implicitement, de façon obscure ou opaque vis-à-vis des patients qui les fournissent. L'exemple phare de cela c'est la NHS qui a eu un programme d'ouverture des données, appelé *Care.data*, avec une notion implicite de *Social License*, c'est-à-dire d'autoriser implicitement le dépassement du cadre légal pour un gain commun dans la gestion des problèmes de santé. Mais ce projet a posé beaucoup de problèmes, il y a eu une levée de boucliers et il a été abandonné. Un peu après, il y a une initiative similaire appelée *Data Science Initiative*, qui est un

projet piloté par l'école polytechnique, en collaboration avec le CNAM, pour l'ouverture de la base *Sniiram*, c'est-à-dire de toutes les données de cartes vitales. C'est une base de données assez gigantesque, sans doute la plus grande base de données au monde avec 62 millions de parcours de santé inscrits dans cette base. Cette base de données est ouverte, tout le monde peut y avoir accès, mais avec une énorme anonymisation parce que l'identification d'un individu est remplacée par son âge et son appartenance à une région géographique. Donc on perd bien évidemment l'accès à la personne, mais on perd aussi l'accès au parcours de santé.

Introduction – Science, santé, éthique

Je retiens du débat qu'il y a eu en Angleterre deux notions qui me semblent importantes que sont *trustworthiness* et *accountability*. Ce sont les deux notions qui font que finalement un projet de nouvelle technologie est acceptable ou non, c'est-à-dire qu'il apparaît comme loyal vis-à-vis du public et accepté par celui-ci, ou qu'il ne l'est pas. C'est vraiment une contrainte majeure pour faire passer ce genre de projet. *Trustworthiness*, que l'on peut traduire par mériter la confiance en termes de fiabilité, de crédibilité, et de non-discrimination des outils qui peuvent être développés à travers ces projets. Et une autre notion qui est importante est celle d'*accountability*, qui se traduit par responsabilité mais aussi par la capacité à rendre compte. Ce sont des notions que l'on va retrouver par la suite, et il me semble qu'elles sont utiles pour définir ce que l'on peut attendre de la *loyauté des algorithmes*.

Ensuite je voudrais aborder rapidement trois points, deux points principaux et le troisième que je n'aurai pas le temps de développer.

La première question qui se pose c'est l'utilisation des algorithmes dans la production de recherches scientifiques. Les chercheurs sont tous confrontés à des flux de données importants, et on a besoin de moyens adéquats pour pouvoir les traiter. Je reviendrai sur quels sont ces algorithmes par la suite, mais un exemple de problème déontologique émerge rapidement, il concerne les questions de reproductibilité des résultats de la science car beaucoup de publications annoncent des résultats qui se trouvent ne pas être reproductibles. Vous avez quelques références à ce sujet qui mettent en avant ces problèmes de déontologie.

Le deuxième sujet plus en aval, ce sont les décisions qui découlent de l'utilisation de ces algorithmes. On pourrait prendre un exemple de la médecine personnalisée qui est très à la mode, sans en parler en tant que médecin mais en tant que statisticien, et dire comment cette notion de responsabilité, de capacité à rendre compte, intervient dans la relation médecin-patient.

Enfin comment, au vu des problèmes rencontrés, la recherche fondamentale réfléchit actuellement à la construction d'algorithmes qui pourraient être loyaux par définition et par construction, plutôt que déloyaux. On va voir à quel titre ils peuvent l'être.

Algorithmes et déontologie scientifique – Un peu d'histoire des sciences

Le premier point concerne les questions déontologiques scientifiques et statistiques, liées à l'afflux massif de données. Pour cela, j'ai une diapositive qui montre un historique de l'évolution du volume des données entre les années 30, où l'on réfléchissait en kilooctets, jusqu'actuellement, où l'on parle de téraoctets ou pétaoctets. Comment l'afflux massif de données a-t-il changé les pratiques de la science ? La science classique c'est une démarche hypothético-déductive, et dans ce cadre-là la statistique joue toujours un très grand rôle dans la façon qu'elle permet d'accepter ou de réfuter les hypothèses présentées.

Dans les années 30, ce sont les travaux de Fischer, toujours très utilisés. On se pose une question en santé, en biologie, et à partir de là on formule cette question sous la forme d'une hypothèse, à partir de cette hypothèse on planifie une expérience, on recueille des données, on estime les paramètres d'un modèle, jusqu'à l'obtention de ce que l'on appelle une p-valeur, la fameuse p-valeur, qui si elle inférieure ou supérieure à 5% permet de prendre une décision. C'est la démarche classique.

Ensuite dans les années 90, il y a eu un premier changement de paradigme dû à la masse des données. Les banques, les assurances, la vente par correspondance, toutes les entreprises amenées à gérer des bases clientèles importantes se sont rendu compte qu'ils avaient toute une masse de données qu'il serait intéressant de valoriser pour construire la gestion de relation client. C'était l'apparition de ce que l'on a appelé le *data mining*, ou la fouille de données, où les données sont préalables à l'analyse, donc il n'y a pas de planification de l'expérience, c'est un premier changement de paradigme.

Ensuite avec l'arrivée des biotechnologies, et à la suite du séquençage du génome, est arrivée une masse considérable de données omiques : transcriptome, protéonome... où finalement pour un échantillon toujours de faible taille parce que ça coûte cher, donc pour quelques dizaines de patients, on a une quantité considérable d'informations, de variables qui sont observées sur ces patients-là. On est dans une situation qui est assez embarrassante pour le statisticien avec p , le nombre de valeurs ou de variables observées, beaucoup plus grand que la taille de l'échantillon n . Alors que le biologiste dans cette situation se dit content d'avoir beaucoup d'informations, le statisticien le contredit car il y a en fait beaucoup d'indétermination. Cela a permis de motiver tout un pan de la recherche en statistique sur la construction de modèles parcimonieux afin de tirer de ces données spécifiques une information qui soit fiable ; cette situation est je pense l'une des causes du manque de reproductibilité des résultats scientifiques. Je vais donner juste un exemple, il y a eu beaucoup de travaux pour trouver les gènes responsables de telle ou telle pathologie, par exemple des gènes qui pourraient être responsables de la dépression. Puis Hek et al. en 2013 ont refait tout un paquet d'analyses mais n'ont pas réussi à retrouver que ces gènes pouvaient être responsables de la dépression, les seules parties du génome où ils ont trouvé un « signal » sont des zones non codantes. Voilà donc un type de problème ou de situation où, sous la pression de publications, certains chercheurs mettent en avant des résultats qui ne sont pas reproductibles.

Le troisième changement de paradigme, après p plus grand que n , intervient avec le développement massif d'internet, la vente en ligne, les réseaux sociaux... Le nombre n de clients, de patients, devient très grand. Une conséquence est que tous les tests sont significatifs au seuil classique de 5 % et l'utilisation classique des tests statistiques est remise en cause.

C'est alors que les algorithmes d'apprentissage machine ou d'apprentissage statistique sont devenus beaucoup plus systématiquement utilisés que la théorie des tests issues des années 30. Il

s'agit donc d'une évolution des choix méthodologiques. Ainsi l'objectif d'identifier des biomarqueurs, gènes ou protéines, en vue de construire un diagnostic précoce est une application d'algorithmes dits d'apprentissage machine. Comme dit en introduction, les grands de l'informatique ou d'internet investissent cette partie de l'intelligence artificielle depuis quelques années pour l'analyse de ce type de données avec ce type d'algorithmes.

Algorithmes et déontologie scientifique – Ethique & Epistémologie

Allons un peu plus loin sur les aspects épistémologiques liés à la science des données qui remplacerait la statistique, parce que c'est un peu plus commercial de parler de science des données que de statistique. Certains auteurs annoncent la fin de la théorie, et l'obsolescence de la démarche scientifique, en avançant que les hypothèses ne viennent plus de la théorie mais des données. C'est une remarque juste, à partir du moment où l'on est à même de traiter un paquet de données, on peut effectivement faire émerger des hypothèses à valider ensuite à partir de ces données. Il n'empêche que ce n'est pas parce que les hypothèses viennent des données qu'il faut évacuer tout un travail de validation et de vérification *a posteriori*, et là la démarche scientifique reste tout à fait valide. Je pense qu'il n'y a donc pas de rupture épistémologique mais qu'il y a surtout une évolution méthodologique. Je ne vais pas reprendre cet exemple de la *Sniiram* parce que ce n'est pas le fond du débat, mais il est important de vraiment préserver une grande rigueur d'investigation si l'on veut éviter le *data snooping*, c'est-à-dire de fouiner dans les données jusqu'à trouver ce qui ne peut être que des artefacts. C'est le risque majeur lié à des pratiques dites de sur-apprentissage, ou de sur-ajustement, bien connues de la communauté, soit de l'apprentissage machine informatique, soit de la communauté statistique. Si l'on veut éviter ces problèmes et obtenir une reproductibilité de la recherche, il est important de diffuser les données et les codes d'analyse de façon à ce que toutes ces analyses soient vérifiables et reproductibles. C'est ce que l'on peut appeler aller vers une science ouverte.

Loyauté des décisions algorithmiques – Définitions

Voilà, je termine sur les aspects épistémologiques pour me concentrer sur le cœur du problème, sur les décisions algorithmiques en liens avec des flux de données. On appelle décision algorithmique, tout simplement une décision issue d'un traitement automatisé. De façon très schématique il y a deux types de traitement.

Soit vous avez un algorithme procédural qui exécute une séquence de commandes déterminées, c'est l'exemple typique du fameux algorithme Admission Post-Bac (APB), que tous les parents d'élèves et jeunes étudiants connaissent pour l'avoir utilisé récemment. Cet algorithme procédural, est laissé de côté, pour nous intéresser aux algorithmes qui apprennent à partir des données, algorithmes d'apprentissage machine ou statistique.

Schématiquement vous avez la grande famille de l'intelligence artificielle, qui contient une sous-discipline appelée apprentissage machine et, parmi les algorithmes d'apprentissage machine, il y a un sous-ensemble qui est l'apprentissage statistique en lien avec cette discipline. Algorithmes qui apprennent à partir des données. Chercher un diagnostic optimal ou un traitement en fonction des

données biologiques, décider d'une action commerciale, avoir une action préventive dans l'industrie, accorder ou non un crédit, mettre sous surveillance un fichier S ou pas... toutes ces décisions-là sont apprises à partir des données. Et dans toutes ces situations on est confronté à la mise en œuvre d'un algorithme, ou d'un modèle selon le point de vue, qui est appris à partir d'un échantillon d'apprentissage dont les paramètres sont optimisés, et dont les capacités sont évaluées très généralement sur un échantillon test qui doit être nécessairement indépendant de la partie apprentissage, sinon on fait du sur-apprentissage. C'est un peu technique et je vais laisser ces aspects plus théoriques de côté.

Loyauté des décisions algorithmiques – Définitions

Dans ce cadre-là, comment parler de loyauté des algorithmes ? C'est-à-dire d'*accountability* et de *trustworthiness*. Je vais traduire ces deux termes par trois propriétés que peuvent posséder ou non ces algorithmes d'apprentissage. La première propriété est celle de l'explicabilité ou de la transparence. Est-ce que ces algorithmes et la décision qui en découle peuvent être expliqués en termes simples ? La deuxième qualité, souvent oubliée, est liée à la justesse de la décision, qui découle de la qualité de prévision. Et la troisième, qui tombe plus précisément sous le coup de la loi, c'est l'aspect discriminatoire de certaines décisions algorithmiques, conséquences des biais qu'ils peuvent présenter.

Alors d'un côté vous avez des contraintes juridiques, que je ne vais pas exposer : la loi république numérique qui vient d'être votée et dont un décret d'application est sorti tout récemment en mars, le règlement européen sur la propriété, la circulation des données, qui sera actif à partir d'avril ou mai 2018. Donc on a un cadre juridique d'un côté, et de l'autre côté un ensemble de caractéristiques techniques, de propriétés de ces algorithmes. Je ne vais pas vous le montrer en détail mais entre les deux il y a un grand flou, un grand *far west*, une zone de non droit, et c'est là finalement qu'il y a un besoin de comportements éthiques, car nous sommes en situation de disruption technologique, ce dont on va reparler.

Pour l'explicabilité des algorithmes, le décret de la loi pour une république numérique dit que l'administration, cela ne concerne que l'administration, doit être en mesure d'expliquer la décision si quelqu'un, une personne impactée par cette décision, le demande. C'est typiquement le cas d'APB, et le ministère va être obligé, en septembre, d'expliquer clairement ce que fait APB. Ensuite pour la qualité, il y a un souci car la loi ne prévoit rien, n'impose rien, sur la qualité de ces algorithmes, je reviendrai dessus.

L'autre question délicate concerne tout ce qui touche à la discrimination ou au biais des décisions. Le biais peut-être individuel, c'est-à-dire discrimination personnelle ou collective. Cette dernière est plus facile à mesurer par des considérations statistiques. Cela se complique encore car la discrimination peut être intentionnelle ou non. Si c'est intentionnel c'est plus clair, mais la loi interdit de stocker toute information personnelle sensible (origine ethnique, genre, âge, orientation sexuelle, religieuse, politique...), alors qu'il est souvent facile implicitement ou non de retrouver ces données sensibles à partir des autres informations comme la géolocalisation ou les habitudes de consommation. Voici toute la complexité du système ou les insuffisances juridiques.

Le principal enjeu est je pense une acceptabilité ou non des nouvelles technologies, voir à ce titre les difficultés rencontrées par les OGM ou les nanotechnologies. C'est pourquoi les grandes entreprises se soucient de ces problèmes éthiques.

Loyauté des décisions algorithmiques – Explicabilité et transparence – Modèle linéaire

D'abord je vais passer très vite sur des aspects d'explicabilité et de transparence. Dans le cas d'un modèle statistique élémentaire, il est facile de mettre en relation une variable, par exemple la température ou la concentration en ozone du jour pour prévoir la concentration en ozone du lendemain. C'est un modèle simple où l'on peut expliquer comment telle variable influe sur la variable que l'on cherche à prévoir. Ce petit modèle statistique rudimentaire, je vais l'enfermer dans une boîte appelée neurone, et ce neurone avec les poids WA et WP qui sont les coefficients du modèle, ça marche comme le modèle précédent avec un seul neurone. C'est pour modéliser quelque chose de quantitatif.

Loyauté des décisions algorithmiques – Explicabilité et transparence – Modèle logistique

Dans l'étape suivante je ne modélise pas quelque chose de quantitatif mais de qualitatif et même binaire. Par exemple pour prévoir l'occurrence d'une maladie, d'une panne, de la rupture d'un contrat de téléphonie mobile, d'une faillite d'entreprise, d'une défaillance de remboursement de crédit... Il suffit d'ajouter au modèle statistique élémentaire une petite fonction qui transforme la valeur quantitative en une valeur comprise entre 0 et 1. Je modélise ainsi une probabilité de panne, de maladie, de défaillance, de tout ce que vous voulez. Ces modèles dits de régression logistique sont bien connus des épidémiologues. Ce sont eux qui montrent qu'un fumeur a 10 fois plus de risques de développer un cancer du poumon qu'un non-fumeur. Ces modèles sont toujours explicables.

Loyauté des décisions algorithmiques – Explicabilité et transparence – Réseau de neurones

Compliquons à peine le modèle, en reliant plusieurs petits neurones logistiques en un réseau appelé perceptron et datant des années 50, alors l'explication n'est plus possible ; nous devenons incapables de préciser comment telle variable influe de telle façon sur la variable à prévoir. Ce modèle devient non linéaire, constitué de transformations non linéaires de combinaisons linéaires de transformations non linéaires... l'explication devient impossible. On peut déterminer quelles sont les variables importantes mais on ne sait pas comment elles interviennent. Depuis le milieu des années 90, tous les algorithmes récents d'apprentissage machine que ce soit les k plus proches voisins, les réseaux de neurones, les *support vector machine*, le *boosting*, *random forest*... tous ces algorithmes, largement utilisés pour leurs bonnes qualités prédictives sont en fait des boîtes noires.

Loyauté des décisions algorithmiques – Explicabilité et transparence – Deep Learning

L'étape suivante est le *deep learning*, très à la mode actuellement pour faire de la reconnaissance d'image, de la traduction automatique, jouer au go, ... vous passez des quelques couches du perceptron aux 152 couches d'un réseau capable de reconnaître des images avec de meilleurs résultats qu'un expert humain mais avec une totale opacité.

Loyauté des décisions algorithmiques – Qualité de prévision

Je vous ai dit qu'il y avait trois volets que sont l'explicabilité, la qualité de prévision et les biais. Pour la qualité de prévision il y a une espèce de croyance très active, qui consiste à penser que plus on a de données meilleure va être la prévision.

En partie c'est vrai et en partie c'est faux. Pourquoi c'est vrai d'abord ? Parce que le théorème de la loi des grands nombres explique que plus vous faites de mesures et plus vous pouvez approcher la moyenne de ces mesures avec une grande précision.

Néanmoins, si plutôt que de chercher la prévision d'une moyenne vous calculez la prévision d'un comportement individuel ça ne marche plus pareil, parce une prévision individuelle est entachée d'un bruit résiduel. C'est par exemple ce qu'il se passe ici dans le modèle de prévision de concentration de l'ozone, le modèle serait exact si tous les points étaient alignés mais il y a un bruit dû à des facteurs non contrôlés qui font que, même si vous aviez des milliards de mesures, vous ne pourriez pas éviter ce bruit résiduel qui ne s'annule que lors du calcul de la moyenne. Ainsi le comportement individuel peut être compliqué à prévoir, il est entaché d'une marge d'erreur qui peut être importante.

Loyauté des décisions algorithmiques – Qualité de prévision

Une autre source d'erreurs vient du fait qu'il n'est pas sûr que vos données, même massives, décrivent bien ce que vous voulez observer.

Citons deux exemples. Le premier est le fameux *Google flu trend* qui a été imaginé en 2008 par Google et dont le but était de faire du suivi d'épidémie de grippe à partir des recherches sur Internet. Donc vous géolocalisez une recherche, vous avez une liste de mots-clés, et en fonction des mots-clés qui peuvent être le rhume, des courbatures, de la fièvre... et suivant la fréquence de ces mots-clés, vous essayez de suivre à la trace l'épidémie de grippe. Ils ont estimé des modèles qui marchaient très bien en 2008, puis en 2009 et 2010 ils se sont largement plantés parce que vous n'observez pas la grippe mais le phénomène médiatique lié à la grippe. Il suffit qu'une grippe H1N1 sévissent n'importe où dans le monde, pour se dire « *tiens qu'est-ce que c'est la grippe H1N1* » et cela fait grimper le pic d'épidémie. Donc ce n'est pas parce que vous avez beaucoup de données que vous avez une donnée fiable et représentative de ce que vous voulez observer.

J'ai rencontré tout récemment un autre exemple sur le même principe. L'historique des recherches sur internet d'une personne servirait à prévoir l'occurrence d'un cancer du pancréas avant que la personne ne le sache elle-même, simplement à partir des recherches qu'elle a faites des symptômes qu'elle imagine avoir. On a un taux de faux positifs faible, enfin ils ont réglé le curseur afin d'avoir un

taux de faux positifs très faible, mais le taux de vrai positifs est aussi très faible. La qualité de détection de cet outil est plus que négligeable, mais cela permet de publier.

Loyauté des décisions algorithmiques – Biais et discrimination

Je vais aborder le troisième volet qui est celui du biais de ces algorithmes. Pour cela je vais prendre un exemple. Désolé ce n'est pas un exemple médical mais il y en aura un ensuite, c'est un exemple qui a pas mal agité la communauté aux Etats-Unis et comme cela risque d'arriver en France rapidement c'est bien d'être sensibilisé à cela. Il s'agit des problèmes de justice prédictive. Ainsi vous avez une société aux Etats-Unis qui fait de la police prédictive pour savoir comment gérer les patrouilles de police, même si ce n'est pas *Minority Report* je vous rassure. Vous avez une autre société qui s'appelait *NorthPointe*, mais maintenant *Equivant*, et qui vend une suite logicielle pour la gestion des pénitenciers. Dans cette suite le logiciel *Compass* propose une estimation du risque de récidive d'un détenu ou d'un accusé. A partir d'un questionnaire rempli par l'intéressé, une moulinette estime avec un modèle de Cox le risque de récidive de la personne concernée.

Loyauté des décisions algorithmiques – Biais et discrimination

Cette société affirme que ce risque n'est pas discriminatoire. Ça veut dire quoi discriminatoire entre une population caucasienne et une population afro-américaine ? Cette société montre que les distributions de ces risques sont similaires entre les deux populations. C'est vérifié en comparant les statistiques ou histogrammes assez similaires entre les deux populations afro-américaines et caucasiennes. Cette société affirme aussi que les taux d'erreurs sont similaires sur les deux populations.

Par ailleurs deux journalistes du site web d'investigation *ProPublica* ont fait un gros travail d'analyse. Ils ont suivi pendant 2 ans 2000 détenus libérés dans un comté de Floride et dont le score calculé par le logiciel *Compass* était connu. Au bout de deux ans ils ont observé s'il y avait ou non récidive. A partir de là ils ont construit une matrice dite de confusion qui croise deux niveaux de score : faible et élevé avec l'observation ou non de la récidive. Cette matrice dénombre les faux positifs et les faux négatifs, les vrais négatifs et les vrais positifs. Le taux d'erreur correspond évidemment aux faux positifs et aux faux négatifs. Les faux positifs c'est le cas d'un taux élevé de récidive alors qu'en réalité il n'y a pas de récidives, et les faux négatifs c'est le contraire. Les journalistes ont montré que les matrices construites pour les afro-américains ou pour les caucasiens ne sont pas symétriques mais pas dans le même sens ; le taux de faux positifs est beaucoup plus important pour les afro-américains que pour les caucasiens. En ce sens, *ProPublica* dit « *le score est discriminatoire* ». Ceci illustre la première difficulté : comment définir une notion de discrimination ? Sur quel critère ? Chouldechova (2016) a montré dans un article qu'avec un taux d'erreurs très élevé (près de 40%), et un taux de récidive des afro-américains plus élevé, c'est le biais social, et en imposant les contraintes du logiciel *Compass*, les matrices de confusion s'inversent. Le modèle ne fait que renforcer le biais social.

Loyauté des décisions algorithmiques – Biais et discrimination

C'était un exemple de justice prédictive, en voici un autre en santé concernant la médecine de précision, par opposition à une médecine de population. La question du biais en médecine personnalisée s'exprime par la question: sommes-nous tous égaux ? La réponse est non. Pourquoi ? Parce que les fameuses bases *GWAS*, les bases d'association pan génomique entre les indicateurs génétiques, les *singular nucléotides polymorphismes (SNPs)* ou mutations, et les traits phénotypiques, ces grandes bases sont largement biaisées. Le biais ethnique est révélé dans une publication récente de 2016 qui explique qu'en 2009 96 % des échantillons de ces bases ont des ancêtres européens sur 1,5 millions d'exemples. En 2016 il y a une petite amélioration avec 85% d'ancêtres européens. Une autre source de biais est l'âge car toutes ces bases de données sont largement occupées par des personnes relativement âgées, il n'y a pas de jeunes, et il y a très peu de bases avec des suivis longitudinaux, c'est-à-dire que la notion d'impact environnemental sur les maladies étudiées n'est pas prise en compte. Enfin le dernier biais est dû au genre. Plusieurs articles insistent sur l'importance de l'effet du genre sur le développement des maladies concernées. Dans ces bases, s'agissant des chromosomes sexués X et Y, le chromosome X est largement sous représenté et le Y est quasiment absent. Donc si vous êtes une femme d'origine africaine et jeune, je ne pense pas que la médecine personnalisée vous concerne.

Conclusion

Je vais conclure en redisant que la loyauté des algorithmes d'apprentissage se décline selon trois aspects : explicabilité, qualité de prévision, et absence de biais.

Pour l'explicabilité, lorsque l'on compare les textes juridiques et les propriétés de ces algorithmes, il y a un grand flou. Dans le cas d'un modèle classique statistique, la loi peut obliger l'administration française à donner une explication, mais si c'est un algorithme boîte noire, que peut-il être expliqué alors que l'explication est impossible ?

Pour ce qui est de la qualité de prévision, la loi ne dit rien et on retrouve un vieux débat bien connu des statisticiens. Il a fallu batailler et faire du lobbying pendant des années pour que des textes de loi soient votés obligeant de publier des marges d'erreurs en accompagnement des résultats de sondages. Et ce n'est que depuis cette année, que cette pratique est systématisée. Même problème, il va falloir batailler un certain temps pour que les décisions algorithmiques soient accompagnées de leur qualité de prévision.

Le troisième problème assez délicat est celui du biais, parce qu'évidemment la discrimination est punie par la loi mais il faut arriver à faire la preuve de cette discrimination. En y réfléchissant avec Céline Castets-Renard on ne voit pas d'autres stratégies que de faire du *testing* comme pour mettre en évidence une pratique discriminatoire à l'entrée d'une boîte de nuit. Considérer deux profils identiques en changeant le nom et l'adresse, et regardez quelles sont, en retour, les réponses de l'algorithme qui accorde un crédit ou non. Ce testing est « déloyal », donc en principe pas vraiment autorisé par la loi mais certaines Cours de Justice en tiennent compte.

Pour résumer nous avons abordé les questions de déontologie scientifique, et d'éthique des algorithmes. Je ne vais pas reprendre tout ce que je vous ai dit, mais vais citer le cas du site web

23andMe qui propose des analyses de génome et calcule des facteurs de risques sur les grandes maladies multifactorielles. Je ne sais pas ce qu'il faut penser de ces analyses, heureusement interdites en France, mais autorisées par la FDA aux Etats-Unis. En conclusion toujours, on peut s'intéresser aux efforts de recherche pour la construction d'algorithmes plus loyaux ou plus responsables. La démarche se fait sous la forme de recherche d'un meilleur compromis. A partir d'un algorithme avec de bonnes prévisions mais sans explication possible, est-il possible de produire un modèle explicable en dégradant le moins possible la qualité de prévision ? De façon identique, est-il possible de construire un algorithme qui soit sans biais ? Soit en débiaisant l'échantillon d'apprentissage pour éviter de reproduire et de renforcer le biais de société, soit en contraignant l'apprentissage à réduire le biais. Mais pour ce faire, la donnée sensible, l'appartenance au groupe que la loi protège doit être connue, mais la loi interdit d'archiver cette information ou alors avec suffisamment de garanties d'anonymisation et sans ré-identification possible. Il s'agit alors de construire un algorithme recherchant un meilleur compromis entre biais, anonymisation des données sensibles (confidentialité différentielle), et qualité de précision. Beaucoup de travail en perspective pour me collègues.

Jérôme Béranger : Merci Monsieur Besse c'était vraiment une présentation passionnante, et on a mieux compris en allant au cœur des algorithmes, et de leurs caractéristiques, comment on pouvait juger de leur loyauté ainsi que les enjeux et risques éthiques autour de ces derniers. On va poursuivre avec des questions-réponses pendant 10 minutes par rapport à cette intervention orale. Donc si dans l'assemblée il y a des questions sur cette conférence c'est maintenant.

- Ce n'est pas réellement une question mais au fil de votre discours vraiment magnifique j'ai noté un certain nombre de points. Vous avez pris comme paradigme de nous parler de trois points en nous montrant des côtés qui sont en effet à la fois déloyaux, pervers et inéluctables. Vous avez parlé des grands nombres en disant c'est à la fois vrai et faux. Je ne vais pas prendre le contrepied de ce que vous avez dit mais vous avez montré des exemples où ça a été faux, mais vous aviez dit juste avant que lorsque l'on alliait la recherche d'hypothèses au travers de la fouille de grandes *data*, avec des hypothèses préconçues pour vérifier l'expérience, on évitait ce type de biais. Hors c'est quand même ce que font les GO les plus récents lorsque qu'ils vont chercher des données à partir d'un phénotype, c'est-à-dire en discriminant la collecte des individus au sens phénotypique, médical, et pas politique du terme, et moyennant quoi on arrive en parallèle aux publications, vous avez montré ces biais... à des publications où l'on démonte finalement la recherche d'endophénotypes extrêmement précis, c'est à dire que la mise en place d'hypothèses de plus en plus précises permet d'avoir des performances qui sont égalées d'une étude à l'autre et ce quelque soit l'origine ethno-géographique des gens. Et donc la leçon de tout ça c'est ce que vous en avez dit au début, c'est que si l'on corrèle à la fois la puissance de l'outil de recherche dans les données et la confrontation à postériori, ou à priori, avec une hypothèse on se met malgré tout à l'abri d'un certain nombre de points. Je voudrais avoir votre commentaire là-dessus, parce que vous avez forcément été un petit peu critique vis-à-vis de ces données mais il y a quand même des choses parfaitement pertinentes qui sont sorti de ce type d'analyses aussi.

Philippe Besse : Il y a des choses pertinentes qui en sortent, mais là effectivement on entre un peu dans une zone d'ombre où il n'est pas facile de prendre position. Ce dont je peux parler c'est de mon expérience. Mon expérience est celle d'un statisticien qui pendant 15 ans a eu des collaborations avec des équipes de biologie à l'INRA, à l'INSERM... je crois que l'un des premiers problèmes que nous connaissons tous est la pression de publication. Il faut voir comment un projet est géré au moment où l'on dépose le projet, jusqu'à la publication des résultats. Comment ça se passe ? On rédige un projet, on a besoin de mettre des sujets un peu sexy pour obtenir les financements, de dire qu'on va utiliser les dernières technologies. Je prends des étudiants en thèse et au fil du temps finalement les projets et les résultats ambitieux que l'on avait avancé ne sont pas au rendez-vous. Néanmoins il faut quand même avoir un certain nombre de résultats, et c'est là où l'on commence à biaiser le processus, délicatement, pas toujours très consciemment, toujours avec beaucoup de bonne volonté parce qu'il faut que la thèse soit soutenue, que les articles soient acceptés. Donc finalement il y a un peu de biais qui peut déjà suffire à distordre les résultats. C'est l'expérience que j'en ai eu en tant que statisticien où les résultats ne sont pas très probants mais en les présentant sous une autre forme finalement ils deviennent significatifs et c'est ceux-là que l'on met en avant. Alors il y a des vérifications à posteriori, mais je pense que ça fait partie des éléments qui font que 20 %, 30 %, 40 % des résultats ne sont pas reproductibles. C'est un premier point, après le deuxième point, mais là aussi ça reste plutôt de l'ordre de l'intuition, c'est la complexité du vivant qui fait que certes on arrive à se focaliser sur des petits phénomènes dont on arrive à montrer qu'il peut y avoir un effet de corrélation, ou un test qui devient significatif, mais est-ce qu'il n'y a pas derrière des phénomènes cachés actifs et beaucoup plus complexes ? Cela reste complètement du domaine de l'intuition.

- A propos de la masse des données, vous montrez très clairement en linéaire la dispersion des points par rapport à la ligne idéale, donc les phénomènes stochastiques et la complexité du vivant dont vous venez de parler. Est-ce que vous en tant que statisticien vous avez un moyen au travers de la densité de chaque point, ou de la densité du nuage de points autour de chaque situation cerclée, d'introduire une autre variable de discrimination avec un poids statistique à chacune des positions par rapport à la courbe idéale ? Et est-ce qu'il y a des algorithmes qui permettent de faire ça ?

Philippe Besse : Je ne le vois pas comme ça, il faudrait que l'on en discute plus, mais je pense qu'actuellement l'outil de preuve le plus adapté est la qualité prédictive du modèle. En prenant un échantillon indépendant, est-ce que je suis capable de reprédire ? Mais là encore on est dans un phénomène d'une telle complexité, avec tellement de variables, de facteurs, qui interviennent. Est-ce que l'échantillon que je vais prendre je ne vais pas avoir la chance, ou malchance, que ça marche pour cet échantillon ? Et ça ne marchera peut-être pas avec celui qui est juste à côté parce qu'il a des effets cachés. Ça demande une rigueur et je pense une ouverture des données, il n'y a que cette ouverture des données qui permette de confronter facilement les résultats, que chaque équipe puisse facilement avoir accès aux données pour pouvoir refaire les calculs, les analyses, et essayer d'augmenter la puissance des tests en faisant des méta-analyses mais ça devient effectivement plus compliqué. C'est là-dessus qu'il me semble que l'effort peut être mené.

- J'ai du mal à croiser les biais, qui pour moi font partie de la qualité dans les modèles classiques, et la notion de discrimination.

Philippe Besse : C'est deux choses assez distinctes. Effectivement dans la qualité d'un modèle il y a le biais des données qui peut intervenir, comme je l'ai montré si les données ne sont pas représentatives de ce que l'on veut observer c'est sûr que l'on se trompe, mais après sur l'aspect discriminatoire c'est un problème qui n'est pas orthogonal, mais qui est assez différent. C'est le fait qu'effectivement si je construis un outil par exemple simplement pour accorder ou non du crédit à une personne, même si je ne connais pas son origine ethnique peut-être qu'avec d'autres variables je vais avoir une information sur cette origine ethnique, et de façon implicite finalement mon modèle va être discriminatoire, c'est-à-dire systématiquement va plutôt refuser un crédit avec une certaine origine ethnique plutôt qu'avec une autre, c'est ce biais-là qui est en fait visé par la loi.

- Juste une question. Vous avez parlé d'ouverture des données pour faciliter justement la reproductibilité des résultats, est-ce qu'il ne faudrait pas aussi ouvrir les algorithmes qui ont servi à obtenir ces résultats ? Parce que si l'on a un problème d'explicabilité, que j'ai du mal à comprendre aussi d'ailleurs, enfin je ne comprends pas pourquoi on n'arrive pas à expliquer la complexité alors qu'on y arrive très bien avec des sujets à mon avis tout aussi complexes... ça doit être compliqué je ne dis pas que c'est facile, mais le fait que l'on n'arrive pas à expliquer j'ai quand même un peu de mal, on n'arrive pas à expliquer mais on utilise.

Philippe Besse : Quand j'ai un modèle comme celui-ci par exemple d'autorisation de crédits, je peux expliquer en disant que si vous avez un revenu supérieur à telle valeur vous avez une bonne chance que votre crédit soit accepté, c'est simple à comprendre, mais maintenant si le modèle a certaines zones de l'espace où il y a un crédit plus faible parce qu'il est lié à d'autres variables qui peuvent autoriser le crédit alors dans d'autres zones de l'espace il faut un niveau de revenu plus élevé corrélativement aux autres variables, parce qu'on a des phénomènes non linéaires qui interviennent, et ça on ne peut plus l'expliquer simplement.

Jérôme Béranger : Si je rebondi sur ces propos, c'est vraiment l'image du réseau de neurones avec les couches cachées, et l'image de la boîte noire. D'ailleurs si personne d'autre n'a une question, j'en ai une petite qui peut compléter, parce que vous êtes revenu plusieurs fois dans vos propos sur l'image de la boîte noire et des couches cachées, est-ce que l'on pourrait penser à moyen terme qu'un algorithme ou une plateforme puisse visualiser, ou permettre justement de mieux comprendre, ces boîtes noires et donner de la transparence au fonctionnement ?

Philippe Besse : Il n'y a pas de façon générique de le faire, c'est-à-dire qu'en reconnaissance d'image la pratique consiste à dire : « Je masque une partie de l'image et je vois si je peux toujours la reconnaître ». Donc par exemple je masque les yeux des personnes, est-ce que la reconnaissance faciale marche toujours ? Ça permet de voir quelles sont les portions d'image qui sont significatives, importantes, donc ça donne du sens mais ça reste ponctuel pour chaque algorithme, pour chaque méthode, on donne à posteriori une interprétation mais on ne peut pas relier l'entrée à la sortie, donc l'explication n'est pas simple. Imaginez juste la situation suivante en vous mettant dans le rôle du patient. Un médecin vient vous voir et vous dit : « Voilà l'algorithme *Alpha Doctor* de Google, ou *Dr Watson* d'IBM, a décidé que compte tenu de votre génome, transcriptome, protéome... vous en avez pour trois semaines et ça ne vaut pas le coup de vous opérer », c'est l'algorithme qui a décidé. Voilà un type de relation que l'on peut effectivement imaginer, et il n'y a plus d'explication possible

Jérôme Béranger : En fait la boîte noire ça va permettre, à partir d'un échantillonnage qui va être significatif ou pas, de donner la réponse en disant : « On peut acter telle décision ».

Philippe Besse : Si l'algorithme a très bien appris, avec beaucoup de données, peut être que la décision sera très bonne, et c'est là où c'est important d'évaluer le taux d'erreurs parce que si le taux d'erreurs est de 40 %... ou de 1 pour 1.000 ce n'est pas pareil.

- Si je peux apporter quelques précisions et commentaires, en fait la fonction des réseaux de neurone c'est justement de trouver une fonction discontinue, après le fait que ce soit une boîte noire il y a des travaux qui essaient d'explicitier au travers de l'intérêt de visualiser telle couche intermédiaire et la structure du réseau, de regarder quelles sont les données initiales qui ont contribué à l'apprentissage de tel facteur.

Philippe Besse : On peut apporter quelques éclairages sur un réseau donné pour savoir un peu comment il marche, essayer de visualiser son fonctionnement, mais ça reste inapplicable au patient qui est en face de moi si je suis médecin, ou au médecin si je suis patient.

- Ça dépend si j'ai utilisé ses propres données pour apprendre à mon réseau de neurones.

Philippe Besse : Oui mais comment toutes les protéines du protéome interviennent dans ce réseau ? Comment les 100.000 protéines et 40.000 gènes interviennent dans ce réseau ?

- C'est un commentaire sur les boîtes noires, parce que nous avons deux écoles dans un même laboratoire de génétique animale, avec les gens qui cherchent à comprendre quelles sont les mutations qui font tel phénotype ou tel autre, et en même temps depuis 1930 il y a des gens qui font des boîtes noires qui disent : « Lui c'est l'animal fils de l'autre », alors par un espèce de réseau de distance entre les individus basé sur la généalogie ils disent : « J'attends celui-ci qui va naître le mois prochain de cette vache qui va être mieux », et on arrive à trouver des complémentarités, on avance à moyen et à long terme dans la compréhension, et à court terme il y a des solutions qui sont toujours accompagnées de données sur la qualité, c'est-à-dire quelque chose qui dit à l'utilisateur : « Attention ce n'est pas une position déterministe ».

Jérôme Béranger : Merci beaucoup, on va poursuivre. Alors j'ai une très bonne nouvelle la session interactive fonctionne désormais, donc on va pouvoir faire une pause entre les deux conférences, et faire le questionnaire. Prenez chacun votre boîtier s'il vous plaît.

Lucie Serres : C'est reparti et tout semble bien fonctionner. Voilà je vous laisse répondre, en sachant ce n'est pas le cas pour les premières questions mais pour la suite il n'y a pas forcément de bonne ou de mauvaise réponse, il faut répondre selon ce que chacun pense et ressent.

[Session interactive – Passation du questionnaire en PPT avec votes électroniques]

Lucie Serres : Je remercie chacun d'entre vous pour votre participation. La restitution des résultats se fera après la pause, et je vais donc laisser la parole à Christine Blagué pour son intervention.

Intervention de Christine Blagué

Mon intervention va être axée dans une optique beaucoup plus sociétale, je vais essayer aussi de vous faire comprendre comment on peut avancer sur ce sujet de l'éthique des algorithmes, et puis quelles sont les initiatives en cours. Les travaux que l'on a pu mener au Conseil National du Numérique ont fait évoluer un peu ce sujet, et les travaux que l'on a mené dans le cadre de la CERNA ont aussi contribué à apporter un éclairage sur cette question de l'éthique des algorithmes. Alors le Conseil National du Numérique je pense que vous connaissez c'est un organe de 30 personnes, et on avait donc rendu un certain nombre de rapports que je vais décrire, et puis la CERNA c'est le Comité d'Éthique de la Recherche sur le Numérique d'Allistene dont je parlerai tout à l'heure, et je vais vous présenter les résultats d'un rapport qui vient juste de sortir lundi.

Les algorithmes, un sujet de débat médiatique dans le monde

Alors de manière plus globale, parce que la santé c'est un domaine parmi d'autres dans lequel se pose cette question des algorithmes. Depuis maintenant plusieurs années, et en particulier depuis un an, un an et demi, les algorithmes sont devenus un sujet de débats médiatiques, il y a des articles régulièrement dans *Le Monde*, je suis passée également sur France Culture à ce sujet autour de la *quantability*, de la transparence des algorithmes, et des débats qui peuvent aujourd'hui se poser autour des algorithmes, pas qu'en France mais dans les autres pays également.

Rapports et missions gouvernementales

Alors ces débats ont quand même évolués parce qu'il y a eu beaucoup de travaux, de rapports, et de publications autour de ce sujet. Mais deux rapports ont quand même marqués, ce sont des rapports du bureau d'Obama en 2016, un de janvier et un de mai, soulevant la question : « Vers quelle société va-t-on ? », notamment avec les technologies de *big data*, les systèmes algorithmiques, et l'impact que ces systèmes peuvent avoir sur la vie privée et les individus. En France un rapport a été fait par Bercy sur la régulation des algorithmes, dont je reparlerai tout à l'heure et pour lequel j'avais été auditionnée, qui a donné lieu à une plateforme qui s'appelle aujourd'hui TransAlgo dont je vous parlerai.

Valeurs universelles de l'éthique

Je ne vais pas vous parler des questions statistiques qui ont été excellemment traitées précédemment, on va regarder plutôt les aspects sociétaux et les dimensions de ces questions éthiques posées par les algorithmes, en particulier en santé, mais je dirais que ces dimensions sont génériques à celles que posent les algorithmes dans tous les domaines aujourd'hui.

Quels sont les questions éthiques posées par les algorithmes en santé ?

Le premier point que je vais évoquer avec vous aujourd'hui c'est la question des données et de la finalité. La deuxième question, qui a déjà été évoquée dans l'intervention précédente, est celle de l'opacité des algorithmes, et donc quelque part derrière pour les individus de la manipulation. Les questions de différenciation et de discrimination en troisième, puis en quatrième les biais et les jugements de valeurs portés par les algorithmes, les biais ayant été traités de façon statistique je m'attarderai plus sur la question des jugements de valeurs.

Données et finalité – Data driven medicine

Concernant les données on sait tous que l'on est dans une médecine drivée par des *data*, de plus en plus massives, et il ne faut pas oublier que derrière ça il y a aussi des objectifs pressentis par le privé qui sont assez considérables. Là je prends l'exemple de Sofia Genetics, dont le PDG affirme que : « Grâce au séquençage à haut débit et aux algorithmes actuels, je suis convaincu que dans cinq à dix ans le cancer sera une maladie maîtrisée ». On connaît aussi toutes les théories autour du transhumanisme qui disent : « On va vivre cent ans, c'est vraiment presque demain que ça va arriver ». Donc cette idée selon laquelle avec ces données massives ainsi que les évolutions et les recherches sur le génome on va faire progresser l'humanité, avec cette vision quelque part transhumaniste où il faut plus de *data* parce que c'est ça qui va nous faire progresser.

Données et finalité – Les problèmes liés aux données, input des algorithmes

Alors ces *data* juste dans le cadre des algorithmes posent un certain nombre de problèmes. Alors un algorithme... il y avait la question sur la définition tout à l'heure dans l'enquête, donc un algorithme il y a des entrées, un traitement, et une finalité. Et la question des données d'entrée pose déjà des questions éthiques, lorsque l'on fait un protocole de recherche, en particulier dans le domaine des SHS, il peut faire l'objet d'un design humain, et ce design peut être biaisé.

Il y a la question de la qualité des données. Quel est le niveau de la qualité des données que l'on utilise dans le cadre des algorithmes ? Je prends par exemple la question les objets connectés en santé sur laquelle je travaille aujourd'hui, c'est une question très claire... on sait bien que l'on prend 10 capteurs, et que même si ce sont des dispositifs médicaux, ils donnent 10 mesures différentes. Qu'est-ce que l'on fait avec cette qualité des données ?

Il existe aussi les questions de biais de la donnée, de données incomplètes ou vulnérables, et de sécurité des données évidemment. On a vu des cas, notamment l'OPM aux Etats-Unis où il y a eu 21 millions de personnes concernées, ces données ont été récupérées dans une cyberattaque et il y a beaucoup de données de santé parmi ces données-là. La question que l'on se pose évidemment au départ d'un algorithme c'est la question de la qualité des données, et de toutes ces problématiques liées aux données, qu'il faut se poser et qui posent des questions éthiques.

Opacité et manipulation

Je vais vous parler de sujets qui ne sont pas directement liés à la santé, mais qui quelque part y sont liés, et qui expliquent pourquoi aujourd'hui on a beaucoup parlé des algorithmes dans le domaine des médias.

Opacité et manipulation – Admission Post-Bac

Le premier exemple, et ça a été dit tout à l'heure, c'est le cas d'APB. Cet algorithme touche le grand public aujourd'hui et c'est pour ça que l'on en parle. Je rappelle juste que dans le domaine médical par exemple, c'est très récent avec les résultats des concours, aujourd'hui la conséquence de tout cela est qu'il y a des étudiants qui sont tirés au sort. Il y a des gens qui ont de très bon dossiers pour faire médecine mais qui ne peuvent pas le faire parce qu'effectivement la conséquence de l'algorithme a été : « Finalement la meilleure solution c'est le tirage aléatoire ». Alors on ne va pas débattre de ce sujet mais le tirage aléatoire peut-être le plus éthique des choix, cependant ça pose quand même des problèmes de société, des problèmes humains vis-à-vis des personnes concernées.

Opacité et manipulation – L'utilisateur n'a pas conscience des différences de résultats entre utilisateurs à la même requête

Autre sujet que l'on connaît tous aussi, et qui a fait que ce débat sur les algorithmes a été très médiatisé, c'est la question de Google. On utilise tous Google tous les jours et effectivement on sait bien que l'article de recherche du *PageRank* de Google est sorti en 1998 mais que depuis cet algorithme a évolué, et qu'aujourd'hui dans cette sélection des liens rentre 200 critères liés à l'individu, à la navigation, aux critères personnels, à ce que vous avez dit sur Gmail, à tout un tas de données que Google récupère par ailleurs ; donc si vous avez deux personnes qui lancent la même requête, et si ces deux personnes ont des profils un peu différents, on trouve une classification de l'information différente. Alors on peut se poser la question dans le domaine de la santé sur les conséquences que cela peut avoir sur des questions de vaccination, d'information sur la santé.

Et à droite (cf. diaporama), il y a une métaphore se demandant qu'est-ce que les gens vont penser quand ils vont voir un médecin qui leur dit : « Bonne nouvelle d'après Google vous n'avez rien », quand on sait que cet algorithme n'est pas transparent parce que les gens n'ont pas conscience du fait que selon les différents utilisateurs on n'a pas forcément les mêmes résultats en termes de requête.

Opacité et manipulation – Effet de manipulation d'un moteur de recherche (SEME) sur le résultat des élections

Avant de rentrer dans le domaine de la santé, je partage avec vous ces résultats parce qu'il y a eu beaucoup de travaux autour des effets de manipulation des moteurs de recherche dont on peut aussi s'inspirer. La campagne présidentielle américaine a été source de beaucoup de publications, notamment celle d'Epstein en 2015 qui a montré que selon la manière dont Google classe l'information, au travers d'une expérimentation avec quatre groupes, un moteur de recherche peut

modifier les préférences de vote des indécis de plus ou moins 20%, voire plus de 20%, et ces 20% c'est l'écart que l'on peut avoir entre deux candidats au second tour dans les grands pays. Alors ça renvoie quand même à des problèmes sociétaux, on a vu les élections américaines et le Brexit. Il y a quand même des conséquences sachant que ces auteurs montrent que cette manipulation, en tous les cas ces effets-là, les individus n'en sont pas du tout conscients.

Opacité et manipulation – Les fake news en santé

Un autre sujet grand public pour lequel la question des algorithmes est très médiatisée c'est la question des *fake news*. Les *fake news* c'est le fait qu'aujourd'hui sur internet se diffuse à la fois de l'information vraie et fausse. Ça a été un sujet et c'est pour cela que ce débat sur les algorithmes a été mené en lien avec les dernières élections présidentielles. Mais il y a beaucoup de *fake news* en santé, ce n'est pas un sujet nouveau, sur internet il y a beaucoup d'informations fausses et beaucoup d'informations vrai. Il y a un certain nombre de publications qui ont été menées récemment disant que toutes ces *fake news* nous sont amenées par des algorithmes, notamment parce que les gens regardent l'information sur Facebook par exemple, et il y a deux phénomènes liés à l'algorithme de Facebook. Un qui correspond à la chambre d'écho qui est le fait que je suis en homophilie avec mes amis donc si je suis républicain je vais plutôt être ami avec des républicains, et si je suis démocrate je le serai plutôt avec des démocrates, je partage donc le même type de contenus. Puis le deuxième phénomène c'est que Facebook, mais aujourd'hui tous les médias, font du filtrage de l'information c'est-à-dire qu'est-ce que je vais regarder tous les jours comme informations ? Et quelles informations amènent ces réseaux sociaux ? Ce filtrage ce faisant avec du *deep learning*, quel type de décision prend le réseau social ou le média pour dire quelle est l'information pertinente pour moi à un moment donné ? Et le fait que l'on soit dans un univers d'informations vraies et fausses peut poser à terme beaucoup de problèmes dans le domaine de la santé, je ne vais pas développer ce point mais il y a un excellent film qui s'appelle Contagion qui illustre ce phénomène. Je ne sais pas si vous l'avez vu mais c'est un virus qui se développe très vite à l'échelle mondiale, et dans le film vous avez un combat entre les chercheurs, les institutions, et les gouvernements, qui disent qu'il faut se vacciner, faire un certain nombre d'actions, et puis un blogueur qui dit pleins de choses, étant très reconnu et réputé, et qui arrive à convaincre la moitié du monde autant que le reste des institutions malgré le fait qu'il ne dise que des *fake news*.

Opacité et manipulation – Algorithmes « éthiques » de détection des fake news photos ?

Cette question a quand même quelque chose d'intéressant. J'ai quelques exemples avant de rentrer dans le domaine de la santé, il y a eu des *fake news* dans le cadre de la campagne présidentielle française, des photomontages, et c'est un sujet de recherche que de développer des algorithmes qui détectent ces *fake news*. Il y a déjà eu des thèses sur ces sujets, on regarde la crédibilité de la source sur plusieurs périodes par exemple, mais on peut se demander quand même si ces *fake news*, aujourd'hui basées sur la diffusion de photos montées, peuvent être détectées. C'est un sujet de recherche en tant que tel, et aujourd'hui il y a quelques initiatives telles que Les Décodeurs du Monde qui sont vingt journalistes à détecter des news qui paraissent bizarres afin de dire si elles sont fausses ou pas. Et puis vous avez Facebook qui a mis en place du *fact checking* où

l'on peut dire : « Cette information est fausse », mais là aussi c'est fait de manière très manuelle. Le problème qui se pose aujourd'hui c'est par rapport à l'impact et à l'effet de ces algorithmes de *fake news*, car les moyens mis en place sont je ne dirai pas faibles mais vraiment ridicules. C'est donc tout un courant de recherche visant à développer des algorithmes autour de la détection des *fake news*.

Opacité et manipulation – La Fake News Machine

Je ne vais pas regarder le monde de manière très négative mais il ne faut pas non plus se leurrer, il y a aujourd'hui ce que l'on appelle les *fake news machine*, c'est-à-dire qu'il y a dans un certain nombre de pays tout un tas d'organisations qui utilisent des technologies d'algorithmes, des réseaux sociaux, et qui achètent des individus, des relais d'opinions, des influenceurs, et qui utilisent des mécanismes utilisés classiquement en marketing par des marques pour mettre en avant des produits. Ils utilisent ces mécanismes de manière très puissante pour déstabiliser des démocraties, des élections, et je passe assez vite parce que vous avez probablement lu pas mal d'articles dans les journaux autour de ces sujets. Ce rapport (cf. diaporama) vient juste de sortir, et je vous invite à le lire, pour voir à quel point ce monde-là est organisé, il y est dit que l'on peut manipuler une élection avec 400.000 dollars. Alors ça c'est des exemples sociétaux je dirais, mais on peut bien évidemment imaginer pour le public qui est sur internet tous les jours, qui va y regarder les informations, comment le domaine de la santé peut à terme lui aussi être manipulé par les algorithmes.

Opacité et manipulation – Algorithmes prédictifs en santé : le cas du cancer du sein

Rentrons maintenant dans quelques sujets plus proches de la santé. Si l'on s'intéresse aux algorithmes prédictifs alors évidemment c'est quand même fabuleux parce qu'on a des connaissances qui ont évolué, en particulier avec les recherches sur le génome. Si je prends le cas du cancer du sein, on sait effectivement aujourd'hui que si l'on a un certain nombre de gènes, et en particulier le BRCA1 et le BRCA2, on a une probabilité plus forte d'avoir un cancer du sein que dans la population générale, soit 40 à 85 % de risque de cancers avant 70 ans. Evidemment toutes ces recherches aussi basées sur l'algorithmie font évoluer la science. On a donc une partie de l'explication qui vient effectivement de la présence ou non de ces gènes, et puis une deuxième explication qui est de plus en plus présente et médiatisée au travers des effets environnementaux que l'on connaît, de par la manière dont on se nourrit et on vit dans un environnement plus ou moins pollué. Ce rapport-là (cf. diaporama) aussi vient de sortir disant que 40% des cancers pourraient être évités si on avait un comportement différent en termes de nourriture, d'activité physique, ou de lien avec l'environnement. La question qui se pose derrière tout ça est que devient le patient ? Avec ces évolutions et ces progressions de la connaissance le patient devient une probabilité. On nous dit : « Aujourd'hui effectivement vous avez une probabilité entre 40 et 85 % d'avoir un cancer du sein avant 70 ans si vous avez l'un des deux gènes, ou les deux gènes », mais finalement c'est beaucoup plus compliqué que ça parce que ce pourcentage varie si vous avez mangé de la viande rouge ou pas, fait du sport ou pas, été dans une zone polluée ou pas, et donc ça devient compliqué à expliquer.

Opacité et manipulation – Algorithmes prédictifs en santé : le cas du cancer du sein

La question qui se pose vis-à-vis de cette progression de la connaissance médicale, basée aussi sur ces algorithmes, c'est le fait que de tout ça ne sont que des corrélations et non pas des causalités. Alors comment communiquer aux patients les résultats de ces processus complexes ? Comment expliquer que le risque est de 50 %, mais que ça peut être 70 % ou 30 % dans certains cas, et que l'on n'est pas tout à fait capable de mesurer le lien avec l'environnement ? Quelle décision doit-il prendre ? Moi je me souviens d'un gynécologue, je suis plutôt dans une famille à risque en terme de cancer du sein, qui m'a dit il y a 20 ans : « Faites-vous enlever les deux seins ». Je prends juste cet exemple à titre personnel mais c'est pour dire : « Comment on parle au patient de tous ces résultats issus de l'algorithmie, de phénomènes complexes, qui ont quand même énormément fait progresser la connaissance dans ce domaine ? ».

Opacité et manipulation – Ethique et algorithmes d'apprentissage machine

Dans le cadre de cette question de l'opacité, ça a été dit par Philippe Besse précédemment, mais je voulais partager avec vous un rapport que l'on a fait et vous parler des travaux que l'on mène à la CERNA. La CERNA c'est donc le Comité d'Ethique de la Recherche sur le Numérique d'Allistene, et Allistene c'est un organisme qui regroupe l'Institut Mine-Télécom, le CNRS, et l'INRIA, avec plutôt des chercheurs en sciences dures. Allistene a décidé de créer un comité d'éthique pluridisciplinaire justement lié à toutes ces questions de *big data*, de nouvelles technologies, de robotique, d'algorithmie, et dans la CERNA il y a des philosophes, des juristes, des gestionnaires, des sociologues, et évidemment des chercheurs en sciences dures. On n'est pas un comité d'éthique au sens où l'on donne un avis sur des projets, mais on essaie d'éclairer ces réflexions éthiques. On a sorti plusieurs rapports sur les données et leur traitement massif, un autre sur l'anonymat, et un sur la question de l'apprentissage machine que l'on a sorti lundi dernier. Ce dont on débat aussi aujourd'hui est finalement : « Est-ce qu'il faut parler d'algorithmes ? », et ce qui entre de plus en plus dans le débat renvoie à ces questions d'apprentissage machine et de méthodes associées à ces algorithmes.

Opacité et manipulation – Applications de l'apprentissage machine

Je passe assez rapidement parce ça a été dit, mais il y a quand même beaucoup d'applications dans l'apprentissage machine. Il y a des moteurs de recherches, des traductions automatiques comme le fait Google par exemple, des agents conversationnel et je vais un peu en parler parce que c'est un sujet aussi dans le domaine médical avec notamment les *chatbots*, et on voit exploser ces technologies aujourd'hui, il y a des robots évidemment, et tout un tas de technologies.

Opacité et manipulation – Chatbot médical lancé par la NHS, janvier 2017

Un exemple qui vient d'être lancé en terme de *chatbot* médical, c'est la NHS en Angleterre qui a lancé une expérimentation pendant six mois où quand des patients appellent un questionnaire leur est proposé, ce n'est donc pas une personne qui est au téléphone mais un *chatbot*. On peut donc se poser les questions suivantes : « Quelle est la part du médecin qui va être remplacé par ce

chatbot ? », « Quelle est la réaction des patients par rapport à cette interaction avec une machine ? ». Dans ces technologies on a toujours au départ une vision très positive, et d'ailleurs la vision présentée est d'aider les services de santé à mieux gérer les patients parce qu'il y a trop d'appels et d'attente téléphonique. Est-ce que l'on peut optimiser ces attentes téléphoniques ? Et puis derrière il y a des aussi des objectifs basement matériels si je puis dire, de baisse de coût, mais qui ne sont pas que matériels puisqu'évidemment en France ça peut être des diminutions de coûts en termes d'impôts, ce qui touche donc tous les citoyens. Il y a cette idée derrière selon laquelle : « Quelque part on va remplacer une partie, un premier diagnostic va être fait de manière tout à fait automatique ». Puis il y a la question de l'interaction avec la machine. Alors il commence à y avoir pas mal de recherches autour de ces sujets, mais il existe aussi beaucoup d'industriels et tout un discours autour de cette idée selon laquelle : « Oui les gens vont adopter ces technologies, ils vont considérer ce *chatbot* comme un ami, et il va donc y avoir une confiance avec cette technologie ». Quand on s'intéresse à l'expérience des utilisateurs vis-à-vis de ces technologies, ce que je fais dans mes travaux, ce n'est pas tout à fait le cas, et on voit bien avec les objets connectés qu'il n'y a pas d'usage récurrent et que les gens abandonnent très vite ces technologies. Il y a donc un paradoxe aujourd'hui entre ce monde tout à fait connecté que l'on nous présente et la réaction des individus qui n'est pas du tout la même.

Opacité et manipulation – Diagnostic automatisé : le cas IBM Watson

Alors un sujet bien connu c'est quand même IBM Watson, on est là évidemment que dans de l'apprentissage avec du diagnostic absolument automatisé, ce n'est pas le cas en France mais aux Etats-Unis on peut demander une consultation Watson. Jusqu'où cela va aller ? On sait qu'un certain nombre d'hôpitaux en France sont équipés de Watson, pour l'instant c'est plutôt un système d'aide à la décision mais on est dans cette phase transitoire. Jusqu'à quand cela ne va être qu'un système d'aide à la décision ? Il est évident, quand on parlait tout à l'heure de capacité de la machine, que la grande capacité de Watson est d'avoir emmagasiné tout un tas de travaux de recherches et d'articles, qui sont annotés et traités, sur lesquels il y a de l'apprentissage. Alors évidemment que nous avec notre cerveau on n'est pas capable de faire ce traitement de synthèse des travaux publiés aussi rapidement, on n'aura jamais un cerveau aussi puissant que Watson. Mais jusqu'où peut-on aller dans ces décisions ? C'est une vraie question.

Opacité et manipulation – Robots bavards empathiques

Qu'est-ce que l'on voit apparaître aujourd'hui ? On a ce que l'on appelle l'*affective computing* qui est tout un champ de la robotique, qui correspond au développement de tous ces robots bavards empathiques, et il y a des chercheurs spécialisés dans cet *affective computing*, il y a des pays dans lesquels on trouve ces robots, au Japon ou en Chine on trouve ces robots dans les supermarchés. On en est pas encore là en France mais ce que l'on va trouver très vite c'est les *chatbots*, et des produits de type Alexa d'Amazon par exemple qui est une petite boîte que vous mettez chez vous, à laquelle vous pouvez parler, qui capte toutes vos données, et comme c'est un objet connecté il va aussi capter toutes les données que vous avez sur votre ordinateur, votre téléphone, ou votre télévision. Il y a quand même des enjeux derrière ces technologies qui sont

extrêmement importants en termes d'impact sur la vie privée. C'est paradoxal parce que tout est fait pour que cet objet soit perçu comme empathique, et c'est bien l'objectif de ces recherches en *affective computing* que de créer de l'empathie.

Opacité et manipulation – Les robots assistants

Il y a les robots assistants qui renvoient à l'apprentissage dans la relation avec l'humain, mais l'objectif est bien d'utiliser ces robots auprès des personnes qui ont besoin d'aide à domicile, en particulier les personnes âgées.

Opacité et manipulation – Les recommandations personnalisées

Puis il y a tout le domaine des recommandations personnalisées, toutes ces traces que l'on laisse sur internet et qui permettent aujourd'hui à énormément d'entreprises de développer des algorithmes de recommandations. Donc si vous voulez réserver un voyage pour vos vacances vous allez sur Airbnb, TripAdvisor, ou Orbitz, et effectivement vous êtes sous ces algorithmes. Si vous utilisez Facebook ou Twitter également. Il y a aussi beaucoup d'algorithmes autour des objets connectés, c'est à dire des objets sur lesquels on va avoir des recommandations en termes d'activités physiques ou nutritionnelles.

Opacité et manipulation – Apprentissage machine

Cet apprentissage machine a quand même évolué, et historiquement il y a eu trois phases. Une première phase avec des systèmes experts où l'on parlait de perception et de raisonnement. Une deuxième phase qui nous a été montrée avec toute la question de l'apprentissage statistique. Et puis une troisième vague où l'on est aujourd'hui et où l'on va quand même aller chercher de l'explication, essayer de faire du raisonnement, et ça c'est effectivement le graal que l'on essaie d'avoir avec du *deep learning* et du *machine learning*.

Opacité et manipulation – Opacité des décisions

Je passe sur les réseaux de neurones qui ont été largement développés. La question est celle de l'opacité des décisions prises avec ces techniques. Lorsque l'on a un robot devant nous, est-ce que l'on sait comment ce robot va prendre ces décisions ? Comment est-ce qu'il va décider de nous parler ? Lorsque je vais appeler le *chatbot*, est-ce que je sais quelles questions il va me poser par rapport aux données qu'il aura peut-être collecté sur moi, ou peut-être qu'il n'en collecte pas ? En tous les cas c'est totalement opaque, et ça crée donc des problèmes vis-à-vis des individus. La deuxième question qui a été évoquée est cette idée selon laquelle il est difficile de construire un modèle explicatif à partir des réseaux de neurones, on en a discuté je ne reviens pas dessus.

Opacité et manipulation – Les questionnements et les préconisations en six thèmes

Alors j’essaie au travers de ma présentation de partager et de discuter avec vous les points que l’on a travaillé dans le cadre de la CERNA. On s’est posé un certain nombre de questions, et on a fait un certain nombre de préconisations autour de 6 thèmes que sont la question des données, de l’autonomie des systèmes apprenants, de l’explicabilité de l’évaluation, des décisions des systèmes d’apprentissage, du consentement, et de la responsabilité. Je ne vais peut-être pas rentrer dans les détails, mais je vous invite vraiment à lire ce rapport qui est à partager et à discuter, et nous on est prêt à échanger avec vous sur ces sujets.

On a par exemple essayé de mettre en avant de nouveaux types de responsabilités, et ce qui est intéressant c’est que l’on a mis en avant des responsabilités non pas que du côté du concepteur de l’algorithme mais aussi du côté de l’entraîneur vis-à-vis de la question de l’apprentissage. On a donc dit qu’il faut absolument qu’il y ait une responsabilité du côté de celui qui entraîne, c’est quelque chose de nouveau et que l’on n’a pas vu jusqu’à aujourd’hui. Je ne vais pas le développer mais vous aller voir un certain nombre de recommandations sur des questions de qualité des données d’apprentissage, de diversité par rapport aux données, de discrimination qui a été vu précédemment, et puis évidemment l’idée de l’explicabilité selon laquelle il faut laisser des traces, de la documentation, sur la manière dont on a fait ces algorithmes. La question de l’autonomie c’est cette idée visant à éviter le biais de caractérisation, à être là aussi très vigilant dans la manière dont on communique sur l’autonomie des systèmes apprenants par rapport aux humains. On doit expliquer le comportement du système sans donner prise à des interprétations ou à des médiatisations irrationnelles. La question de l’explicabilité et de l’évaluation, je ne vais pas rentrer dans les détails. Et puis la question des décisions. Je vous invite à aller voir simplement ce rapport qui est destiné principalement aux chercheurs, ça permet d’avoir quelques éléments de *best practice*, en tous les cas de ce que l’on peut faire par rapport à ça.

Biais et jugements de valeur

Ce que je voulais également mettre en avant c’est la question vis-à-vis du fait que les algorithmes ont des jugements de valeurs, ce qui commence aujourd’hui à être argumenté dans la littérature, et je laisse la question des biais qui a été traitée précédemment.

Biais et jugements de valeur – Les algorithmes ont un jugement de valeur

Il y a un type d’algorithme intéressant dans le domaine de la santé qui est celui de l’imagerie médicale, avec cette idée selon laquelle il existe différents points de vue selon que l’on soit le concepteur qui a développé ce système, ou le médecin radiologue qui l’utilise. L’imagerie médicale est basée sur le fait que l’on va affirmer à partir d’une imagerie si la personne a une pathologie ou non. On sait que les algorithmes ont un risque, et ce risque est évalué par un pourcentage de faux positifs et de faux négatifs. C’est donc une question de décision et de *trade off* entre le nombre de faux positifs et le nombre de faux négatifs. Ce qui est intéressant de voir c’est que si l’on est médecin on préfère avoir des faux positifs que des faux négatifs, mais si l’on est concepteur de l’algorithme on fabrique des systèmes d’imagerie médicale et on veut faire avancer la science, d’autant plus si on a

une pression de publication, et là ce qui nous intéresse davantage c'est les faux négatifs plutôt que les faux positifs, on a donc des points de vue à ne pas négliger.

Biais et jugements de valeur – Les algorithmes constituent un élément d'un système plus global

On peut aller beaucoup plus loin, et se dire que souvent lorsque l'on parle d'algorithmes on parle de code, de réseau de neurones, de technologie, de processus algorithmique, mais on peut avoir une vision plus globale si l'on parle d'éthique des algorithmes. Il faut se poser la question de ce que l'on appelle l'assemblage socio-technique digital qui est autour de l'algorithme, c'est-à-dire : « Qui fait l'algorithme ? ». Il y avait une question tout à l'heure là-dessus, mais bien évidemment si c'est Google ce n'est peut-être pas la même chose que si c'est un hôpital ou un organisme public.

Quels sont les systèmes de pensée derrière ? Quelles sont les formes de connaissances recherchées par cet algorithme ? Quelles sont aussi les organisations et les institutions ? Quels sont les acteurs derrière ? Il semble très important aujourd'hui d'aller vraiment analyser ces points de vue sur les questions éthiques en plus d'aller regarder la transparence du code ou les questions de biais liés aux résultats des algorithmes.

Biais et jugements de valeur – Effets transformatifs, normatifs et non prévisibles des algorithmes

On sait aussi que les algorithmes ont des effets transformatifs qui formatent nos représentations. Il y a un très bel ouvrage de Dominique Cardon qui est un sociologue et que je vous recommande sur les représentations des algorithmes, qui dit par exemple que des algorithmes de *PageRank* qui classent l'information c'est un classement méritocratique, c'est-à-dire que l'on dit qu'il y a des sites mieux que les autres, comme par exemple tous les sites où l'on met des étoiles, où l'on évalue des lieux dans le domaine du tourisme ou des dispositifs, et ils sont plutôt de type benchmark. On est donc formaté de manières différentes suivant les types d'algorithmes vers lesquels on va. Il y a des effets transformatifs évidents de secteurs économiques, des effets sur l'emploi, et quand on voit IBM Watson on peut se demander quels sont les effets sur le monde médical, et la profession du médecin ?

Il y a aussi des effets normatifs, et là c'est par exemple intéressant de regarder les technologies du bon comportement apportées par les algorithmes et les objets connectés. Qu'est-ce que l'on vous dit ? On vous dit : « Vous mangez mal, on va vous faire une bonne recommandation parce que nous on sait ce qui est bien ». Alors heureusement il y a l'OMS qui a des règles sur lesquelles on s'appuie, mais parfois on ne s'appuie pas que sur ces règles-là. Ou alors on va vous dire : « Vous ne faites pas assez d'activité et il faut faire telle et telle activité physique ». Alors c'est très intéressant ces changements de comportement, mais lorsque l'on fait reposer ce problème sur les individus plusieurs recherches ont montré que l'on détourne l'attention de solutions systémiques et que ça pose des problèmes.

Et puis il y a des effets non prévisibles des algorithmes. Les algorithmes peuvent avoir des problèmes liés à la mauvaise qualité des données d'entrée et donc la finalité de l'algorithme peut être impactée par un élément du système, ils peuvent avoir des effets inattendus comme par exemples les

algorithmes non supervisés, et ils peuvent aussi être erronés car il faut savoir qu'il peut y avoir des bugs de codage et que l'on oublie simplement ces vérités, on prend souvent un algorithme comme quelque chose de fiable, de sûr et non discutable.

Biais et jugements de valeur – L'IA de Facebook a créé des chatbots qui ont développé leur propre langage....

Sur les effets inattendus c'est très intéressant, il y a 2 ou 3 jours est sortie une information de chercheurs de Facebook qui travaillent sur l'intelligence artificielle, et beaucoup sur les *chatbots*. Ils ont deux *chatbots* qui ont été entraînés à la négociation, qui négocient entre eux, puis les ingénieurs ont laissé ces *chatbots* continuer à négocier, et ils se sont aperçus que ces *chatbots* avaient développés leur propre langage qui n'était plus compris par les ingénieurs qui avaient eux-mêmes programmés ces machines. C'est tout récent et il y a un débat, certains chercheurs me disent : « Mais non c'est complètement fou ce qu'ils disent ça ne peut pas arriver », et d'autres disent « C'est une vraie réalité ». Donc cette question de l'effet imprévu de l'algorithme c'est quand même une question en termes d'éthique.

Challenges de la transparence – Challenges

Je termine très vite sur les challenges de la transparence pour dire que lorsque que l'on dit opacité maintenant comment fait-on ? La question de la transparence des algorithmes n'est pas simple. Comment rendre un algorithme transparent ? Ou explicable ? Ou *quantable* ? Evidemment il y a une différence entre algorithmes publics et privés, c'est très clair l'algorithme public est maintenant dans la loi. Mais c'est plus compliqué que ça, un algorithme est hétérogène, il peut y avoir plusieurs contributeurs, c'est complexe et il existe cette métaphore de l'algorithme spaghetti ou du *Big Ball of Mud*. Il y a un caractère ontogénétique performatif c'est-à-dire que l'algorithme évolue, il est itératif, et si l'on mesure cette transparence à un moment donné ça pose des interrogations : « Est-ce que l'on mesure correctement l'effet de cet algorithme ? ». Et puis il y a des effets hors de contrôle selon le contexte.

Challenges de la transparence – Approches

Il y a différentes approches, et c'est ça je voulais aussi partager avec vous, on peut dire : « Il faut aller voir le code c'est ça la transparence, il faut ouvrir le code », mais ce n'est pas du tout ce qui est le plus en train d'être fait dans les recherches. Effectivement il y a un certain nombre d'algorithmes publics, type APB, qui vont être ouverts mais dans le privé en général les algorithmes ne seront pas ouverts. Il y a cette idée de produire une auto réflexion sur le code, c'est-à-dire que les concepteurs doivent s'autocritiquer et c'est ce que l'on a essayé de faire dans tous ces rapports à la CERNA avec des pistes de réflexions. On peut faire du *reverse engineering*, c'est à dire que l'on spécifie méticuleusement un certain nombre de requêtes à l'algorithme, avec évidemment des variables différentes, puis on regarde ce que donne l'algorithme. Et là ce que l'on mesure c'est la manière dont marche l'algorithme, je dirais la logique sous-jacente, qui est aujourd'hui dans le texte

de loi. Donc ça c'est quelque chose de faisable qui demande quand même un peu d'équipe et de matériel.

Mais il faut aller plus loin et il commence à y avoir des papiers qui disent : « Il faut aller regarder des équipes de codeurs, comprendre comment les gens développent ces algorithmes », et là c'est purement des recherches en SHS, il faut s'immerger dans l'organisation, les équipes de recherches, décortiquer cet assemblage socio-technique des algorithmes, c'est-à-dire comprendre les acteurs. Est-ce que c'est Google ? Puis il y a eu Snowden à un moment donné. Donc est-ce que ce n'est pas au niveau des Etats ? Dans le domaine de la santé on peut aussi se poser des questions parfois de conflits d'intérêts entre un certain nombre d'acteurs. Et puis il faut examiner comment les algorithmes fonctionnent dans le monde, je n'ai pas le temps de le développer, mais on commence à voir des cas de résistance aux algorithmes, de gens qui réagissent, et des stratégies d'évitement ou de transgression qui sont de vrais sujets comportementaux à étudier.

Les travaux du Conseil National du Numérique (2013-2015) sur la transparence et la loyauté

Je termine en partageant quand même avec vous des travaux que l'on avait fait au Conseil National du Numérique. On avait écrit en 2014 un rapport intitulé « Neutralité des plateformes », et c'est dans ce premier rapport que l'on a fait émerger cette question de loyauté des plateformes qui captent massivement des données sur lesquelles on peut faire du *big data*. Puis on avait rendu en 2015 un rapport au Premier Ministre qui s'appelait « Ambition Numérique », dans lequel il y avait la question de l'autodétermination informationnelle des individus, c'est-à-dire le droit à savoir ce qui est fait avec leurs données, et le droit à l'information sur le traitement.

Le Conseil National du Numérique avait d'ailleurs été acteur de cette consultation pour la loi pour une république numérique. On a donc nourri cette loi que vous connaissez dans laquelle il y a quand même aujourd'hui cette question de loyauté, d'information loyale, claire, et transparente, vis-à-vis des algorithmes y compris privés, et pour les algorithmes publics c'est l'article 4. Il y a aussi la question de la transparence des algorithmes qui aujourd'hui va par exemple être menée par APB. On pourra discuter de comment a été construite cette loi, ça a été dit il y a pleins de choses qui n'y sont pas, mais il se trouve que par rapport à ce qu'il y avait au départ ça a été réduit à très peu d'articles, cependant elle met quand même en avant cette idée.

Suite à cette loi il y a eu le fameux rapport fait à Bercy sur la régulation des algorithmes, que je vous invite à lire si vous ne l'avez pas consulté, il est extrêmement intéressant et argumenté avec des articles scientifiques. On avait émis au Conseil National du Numérique une idée intéressante aussi dans le rapport « Ambition Numérique » qui était de créer une agence de notation des algorithmes, celle-ci n'a pas été choisie pour l'instant par le gouvernement mais c'est toujours dans l'air du temps et elle se discute encore aujourd'hui, même au niveau européen. Ce rapport de Bercy sur la régulation des algorithmes a quand même donné lieu à une action qui est l'initiative TansAlgo.

TransAlgo

Qu'est-ce que TransAlgo ? C'est suite à ce rapport « Modalités de régulation des algorithmes » que la secrétaire d'état au numérique Axelle Lemaire a choisi de mettre en place une plateforme scientifique collaborative destinée à favoriser le développement d'outils logiciels et de méthodes de tests d'algorithmes. Cette plateforme est pilotée par l'INRIA, et je suis au bureau scientifique de TransAlgo puisque l'Institut Mine-Télécom est aussi à l'intérieur de TransAlgo. Cette plateforme va sortir, c'est une plateforme ressource pour tous les chercheurs dans tous les domaines, et on va déjà essayer de mettre en place un état des lieux des recherches sur le sujet. L'idée c'est vraiment que tous les chercheurs qui ont envie de travailler sur cette question de transparence des algorithmes dans le domaine de la santé, et dans tous les secteurs, constituent une communauté pour faire avancer ces sujets au niveau national et international. Il y aura probablement des appels à projets aussi qui vont être menés. Et enfin dernière information, il se trouve que l'on a été sélectionné sur le plateau Paris-Saclay qui se trouve à côté de Paris, dans lequel est l'Institut Mine-Télécom, et on a gagné un Institut de Convergence qui est IDE drive par un programme ANR sur 10 ans. C'est un institut sur les *data*, on vient juste d'avoir l'accord, et on va faire les premiers appels à projets d'ici la fin de l'année. Il y aura une grosse partie qui sera aussi sur la question de l'éthique et de la transparence des algorithmes. Simplement pour terminer c'était pour vous donner une idée de ces communautés qui commencent à se former, de ces appels à projets sur lesquels il va y avoir des financements autour de cette question de la transparence des algorithmes, qui est un sujet qui n'est quand même pas simple. Merci de votre attention.

Jérôme Béranger : Merci Christine pour cette brillante présentation. On va enchaîner avec les questions-réponses pendant 10 minutes et après on fera une pause.

- Merci beaucoup pour cette présentation. Une question plutôt naïve, je me demandais qu'est-ce qu'il se passait à l'échelle européenne concernant les algorithmes, est-ce qu'il y a des efforts de réflexion, de régulation ? J'ai en tête un avis du Groupe Européen d'Ethique sur les nouvelles technologies d'information, mais au-delà de ça est-ce qu'il y a des choses un peu plus organisées ? Ou qui se réfléchissent au niveau européen.

Christine Balagué : Alors à ma connaissance non et j'étais à la réunion du groupe sur *data protection*, c'est là où j'ai rencontré Anne Cambon-Thomsen [ndlr : Fondatrice de la Plateforme Genotoul Societal] qui intervenait, et justement ce jour-là c'était très intéressant parce que c'était *data protection* et on voyait bien que les intervenants nous parlaient beaucoup plus d'algorithmes que de la protection des *data*. Et il y a quand même le règlement européen de 2018 donc cette question a quand même été largement traitée même si il reste des questions ouvertes. Donc on voit probablement une évolution de la question de la protection des données vers la question des algorithmes, sachant que l'algorithme ne peut pas être séparé de la question de la donnée bien évidemment. Mais cette question des algorithmes est à ma connaissance très peu traitée au niveau des réflexions européennes, là où elle est traitée c'est par des autorités de régulation parce qu'aujourd'hui il y a des requêtes de la part d'un certain nombre d'entreprises. Par exemple vous avez un moteur de recherche français qui s'appelle Qwant, que vous connaissez peut être, qui se veut transparent et pas collecteur de données. Et il y a une requête au niveau de l'Europe d'un certain nombre de moteurs de recherche tels que Yandex le moteur russe, et Naver le moteur

Coréen, pour montrer que leur moteur est plus transparent que Google. Je dirais que pour l'instant c'est plutôt la sphère privée qui pose ces questions au niveau des autorités de la concurrence, sur des questions de concurrence de marchés, alors que la question des algorithmes vis-à-vis des individus est absolument majeure aujourd'hui. C'est donc un sujet que l'on commence à porter mais c'est quelque chose qui arrive maintenant, et qui ne pourra avancer qu'au niveau européen

- Merci beaucoup encore pour cette présentation que j'ai trouvée excellente. Pour l'instant, pour faire un résumé, c'est quand même une approche dirigée par le privé, qui finalement demande un peu plus de régulation j'ai envie de dire, il n'y a pas d'institution véritablement en charge du contrôle des algorithmes, ou du moins de leur direction, et je me demandais dans ce cadre-là quelle était la place des comités d'éthique pour justement envisager les futures utilisations potentielles et les éventuels impacts qu'auraient des algorithmes sur la société. Et en particulier ça me fait penser à une innovation qui a été amenée par le règlement sur la protection des données personnelles de l'Union-Européenne qui est donc le *private impact assessment*, le *data protection impact assessment*, qui vise donc à étudier l'impact d'un traitement sur la vie privée des personnes. Mais au-delà de ça, est-ce qu'on ne pourrait aller justement plutôt vers un *algorithm impact assessment* qui prendrait donc plus en compte les aspects sociétaux que les aspects uniquement individuels, et de protection de la vie privée, pour faire en sorte que l'on ait un outil, quitte à rester dans cette démarche d'autorégulation des privés, à leur disposition qui leur permettrait aussi d'accomplir cette *accountability* qui est visée dès le départ et cette transparence ?

Christine Balagué : Alors sur votre premier point, ce n'est pas tout à fait le privé qui recherche la régulation, là c'est une question de lutte concurrentielle, donc ce qui est recherché va plutôt être une amende qu'une régulation. Mais je dirai que la régulation peut se faire à trois niveaux, ça peut être une *self-regulation*, c'est-à-dire que les acteurs économiques se régulent entre eux. Il y a un paradoxe parce que la question de la transparence favorise la *self regulation*, c'est-à-dire que plus on est transparent et moins on a besoin que quelqu'un vérifie l'opacité de l'algorithme puisque de toute façon on est transparent. Il y a un certain nombre de questions qui se posent sur transparence et *self regulation*, mais pour les acteurs c'est plutôt de la concurrence classique. Mais le sujet est vraiment sorti en raison des effets liés aux campagnes présidentielles, et en particulier la campagne américaine a fait émerger ce sujet sur lequel il y avait quand même quelques articles de recherche, notamment américains, mais les effets massifs du vote américain et les conséquences de ce vote, l'effet des *fake news* sur le Brexit a été montré. On peut prendre chacun des sujets et avoir à chaque fois de gros impacts. Il y a donc cette interrogation sur le fait que l'on n'avait pas vu le sujet des algorithmes arriver. Et quand les chercheurs ont commencé à faire des études, cette idée selon laquelle les réseaux sociaux plus particulièrement avaient quand même une origine importante dans ce type de comportements s'est développée. Vous avez par exemple des journalistes qui disent : « On n'avait pas vu l'effet de ces bulles informationnelles », « Il y avait 58 millions de gens qui étaient pour Trump et on ne l'a pas vu ». C'est cette idée de bulle informationnelle, parce que l'on regarde toujours le même type d'informations et que l'on oublie la diversité. Il y a d'ailleurs un superbe projet ANR qui s'appelle *Algodive* dont l'objectif est justement de montrer aujourd'hui ces bulles d'information. Et la question est de savoir est-ce que c'est lié à la bulle d'information, ou est-ce que c'est lié au fait que moi je ne veux regarder que ce type d'informations ? Il y a quand même des

travaux en cours là-dessus. Tout simplement pour dire que ce n'est pas tout à fait les acteurs économiques, parce qu'en terme de régulation quand on a lancé TransAlgo dès qu'on leur a dit transparence ils ont appelé en disant : « On ne va jamais donner notre algorithme, c'est un secret commercial », alors que ce n'est pas vrai légalement. Le sujet émerge donc par des recherches qui commencent à abonder sur le sujet, et parce que les conséquences sociétales sont quand même très importantes. Enfin sur la question des comités d'éthique, c'est un point très intéressant et j'essaie très modestement de contribuer et de faire avancer ces sujets vers la régulation dans différentes instances, mais je veux dire que chacun à notre niveau il faut faire évoluer ces sujets. Je crois que dans les comités d'éthique les questions de données personnelles sont toujours au cœur des projets, on regarde moins cette question des algorithmes mais maintenant c'est vrai qu'il faut la regarder.

- Juste pour poursuivre, je crois que l'une des grandes difficultés, en tout cas des comités d'éthique actuels qui réfléchissent sur les questions de protection, c'est qu'elles sont très centrées sur la personne donc c'est vraiment une protection individuelle, et c'est comme ça aussi qu'est conçu notre droit, c'est-à-dire que notre droit est quand même là pour protéger la personne, et non pas pour protéger une forme de collectivité, une société, ou un groupe. On a plus de difficultés à l'appréhender, c'est moins dans nos pratiques, nos mœurs, et probablement c'est ce vers quoi il faudra évoluer mais pour tout un tas de raisons, et pas uniquement pour le contexte des algorithmes. Je pense que questionner, ou mettre les questions à une échelle plus collective, ça fait partie des enjeux à venir dans le domaine de la santé, en tous les cas c'est l'une de mes convictions.

Christine Balagué : Je crois qu'il y a les deux niveaux, il y a le niveau collectif parce que là c'est l'impact mais le niveau individuel qui a été montré avec les questions de biais et de discrimination, la discrimination est individuelle. La question de l'opacité elle peut être aussi individuelle.

- Mais pas uniquement, même la discrimination peut être collective. Je pense que c'est ce niveau-là dans l'avenir qui va interroger.

Christine Balagué : Oui il y a les deux niveaux.

- Est-ce qu'il y a des études qui démontrent l'effet des *fake news* ? Et sur quelles classes socio-économiques ?

Christine Balagué : A ma connaissance non.

- Quand je parlais des comités effectivement il y a les CCP mais il faudrait peut-être envisager de se dégager des CCP qui sont assez surchargés, pour éventuellement prévoir un autre comité qui lui serait plus technique, parce que là la question est quand même très technique, il faut des sciences sociales aussi, mais je veux dire peut être un comité qui se chargerait uniquement de ces questions algorithmiques, et qui envisagerait une analyse plus collective

et sociale. Est-ce qu'il y a une stigmatisation ? Est-ce qu'il y a du réductionnisme derrière ? Ce n'était donc pas forcément les CPP que je visais mais une construction.

- C'est juste pour dire que ça c'est quelque chose dont on a déjà discuté dans les précédents ateliers, c'est-à-dire le fait de réfléchir à des instances de réflexion qui pourraient aller au-delà et devenir des instances d'évaluation, et qui iraient bien au-delà de ce que l'on connaît au niveau des comités de protection des personnes et de la recherche biomédicale. Ça fait partie aussi d'un certain nombre de réflexions que nous avons dans l'équipe, aller peut être au-delà en termes d'institutions, alors bien sûr ça s'intégrera mais on est d'accord que ça doit être interdisciplinaire, que ça ne peut pas être que technique.

Jérôme Béranger : Je voulais juste dire pour compléter ces propos, peut-être que l'on peut penser ou envisager que le Conseil Consultatif National d'Éthique, qui au final fait des ateliers pour des cas et des situations bien précises, crée peut-être une sous-session spécialisée que sur le numérique, et qui pourrait répondre à toutes ces questions. Parce que le numérique est quelque chose qui impacte tous les secteurs d'activités, et on pourrait même penser qu'ils fassent une annexe spécialisée dans l'écosystème digital, et après le relayer au niveau régional ou autre.

- Je crois que ce genre de tâche pourrait être dévolu au Conseil National du Numérique, qui pourrait éventuellement organiser ce genre de comitologie au niveau régional, je pense que les compétences spécifiques au numérique sont au CNN plus qu'au CCNE.

Christine Balagué : Alors pour expliquer un peu l'histoire, à la CERNA nous étions allés voir Axelle Lemaire pour lui dire : « Il faut qu'il y ait un Comité d'Éthique du Numérique parce que les enjeux sociétaux sont importants ». Moi je ne suis pas forcément favorable au comité d'éthique, mais j'avais quand même soutenu cette démarche, et effectivement l'idée n'était pas de faire un énième comité d'éthique. Dans la loi pour une république numérique l'animation de débats a été donnée à la CNIL, et donc il y a tous ces débats aujourd'hui, on en a fait un lundi à l'Institut Mines-Télécom sur l'éthique des algorithmes, donc aujourd'hui c'est ma troisième présentation dans la semaine sur l'éthique des algorithmes. On voit que le sujet amène à des débats cette année et c'est très bien. Simplement ce que je voulais dire sur cette question, c'est que ma conviction est que tout ne passe pas par les comités d'éthique, et qu'en tous les cas sur ces questions d'enjeux du numérique ça passe aussi par des débats avec le grand public, l'éducation des individus. Ça me semble majeur et j'ai beaucoup travaillé sur ces questions par ailleurs : Comment fait-on pour éduquer les gens avec ces technologies ? Le fait qu'ils sachent un peu ce qu'il y a derrière un robot, un algorithme de recommandations... et donc cette question de l'éducation me semble majeure, et puis évidemment la question de la régulation. Mais je crois qu'il ne faut pas se focaliser uniquement sur les comités d'éthique, c'est évidemment des endroits indispensables, mais on peut voir aussi le sujet de manière plus large avec des enjeux d'éducation absolument majeurs. Je n'avais pas le slide ici, mais j'ai un slide qui fait parfois peur quand je décris une journée de chacun d'entre nous complètement structurée par des algorithmes, où l'on se lève le matin avec un objet connecté qui nous dit qu'il nous faut nous lever à 7h et pas à 7h10, ça commence le matin jusqu'au soir, et c'est une journée qui n'est pas forcément une journée de geek, loin de là, c'est une journée de chacun d'entre nous et on ne s'en aperçoit même pas.

Jérôme Béranger : Plus de questions ? Alors on va faire une pause pendant 10 minutes, et après on reprendra avec la restitution du questionnaire que l'on a fait. A tout à l'heure.

Emmanuelle Rial-Sebbag : On aura un petit mot de bienvenu d'abord par Bertrand Monthubert avant la restitution.

[Pause]

Jérôme Béranger : On va reprendre et on va débiter cette dernière partie avec l'allocution de Bertrand Monthubert, Conseiller Régional Occitanie délégué à la recherche et à l'enseignement supérieur.

Allocution de Bertrand Monthubert

Merci. Ecoutez je voulais non pas vous accueillir parce que vous êtes déjà accueilli depuis quelques heures, mais je voulais vraiment très simplement et de manière très brève, parce que nous approchons de la fin de cette journée, vous dire évidemment tout le plaisir que nous avons au Conseil Régional Occitanie à vous accueillir et vous féliciter surtout pour les travaux que vous organisez, et pour la qualité du programme de cet atelier, troisième atelier d'une série importante sur les questions d'éthique, de robotique, et d'applications en santé. Etant personnellement passionné par ces questions-là évidemment j'avais aussi envie d'en profiter pour venir écouter ce que vous disiez, malheureusement j'étais en commission cette après-midi donc je n'ai pas pu venir plus tôt, mais je vais rester un peu.

Cette question que vous évoquez est évidemment essentielle, et je pense que c'est pour ça que pour une Région, un Conseil Régional, dont vous savez que les compétences sont fortement tournées d'un côté sur la jeunesse, d'un autre côté sur le développement économique, et enfin évidemment sur tout ce qui est équilibre et égalité des territoires, il est essentiel que des travaux comme cela existent. Nous avons des entreprises, que nous soutenons, qui se développent dans le domaine du *big data*, de la santé, de la e-santé, il y a un cluster dans notre région que nous soutenons évidemment autour des questions de e-santé et pour nous ce soutien doit se faire de manière à ce que derrière cela puisse rendre véritablement des services aux gens. Mais j'ai toute conscience en disant cette phrase : « Rendre des services aux gens », que cette phrase extrêmement simple recèle des questions extrêmement compliquées, et qu'elle n'a absolument rien de simple, bien au contraire. Et pour pouvoir les éclairer nous avons besoin de travaux comme ceux que vous conduisez pour que nous puissions effectivement avoir un développement qui ne porte pas atteinte aux individus, mais qu'est-ce que c'est que porter atteinte aux individus par rapport au groupe ? J'ai cru comprendre, en tous les cas c'est ce que l'on m'a soufflé tout à l'heure, que c'est un aspect que vous avez évoqué, et qui me préoccupe beaucoup. Je ne sais pas si on peut faire le parallèle avec la question des vaccins, la liberté individuelle ou non de se vacciner, je ne sais pas à quel point l'analogie est pertinente ou pas, mais en tous les cas elle me semble au minimum pouvoir être évoquée. Et toutes ces questions-là sont des questions qui sont évidemment essentielles d'un point

de vue intellectuel et philosophique, mais elles sont essentielles d'un point de vue opérationnel, car nous pouvons nous retrouver dans deux situations radicalement opposées, et à mon sens toutes les deux aussi dangereuses l'une que l'autre, celle où on permettrait de faire tout et n'importe quoi avec des risques de dérives évident, et au contraire celle où apeuré par incapacité à poser ces questions-là et à les travailler on ne ferait plus rien du tout, où l'on ne pourrait plus avancer, et où l'on serait en réalité dans une régression. Comment trouver le bon positionnement et le bon curseur ? C'est évidemment quelque chose de difficile, et c'est je crois ce que vous faites.

Donc je terminerai juste en rendant hommage à tout ce qui se passe depuis des années, parce que cet atelier est évidemment non seulement dans un cycle, mais s'inscrit dans une histoire assez longue, ça fait 15 ans que la plateforme éthique a été créée, en tous les cas une histoire importante qui a placé Toulouse de fait je crois à l'avant-garde en France sur ces questions-là. Je voyais avec beaucoup d'intérêt, étant donné que vous savez aujourd'hui qu'il y a eu une réforme dans le doctorat qui impose qu'il y ait de la formation sur les questions éthiques... je voyais avec intérêt qu'il y a quelques jours un séminaire a eu lieu à Lyon, et Toulouse a été représenté justement parce qu'il y avait une forme de précédence, et s'il y a eu une précédence c'est parce qu'il y a eu des acteurs qui localement se sont saisis très tôt de ces questions-là, l'on fait sur les questions de génétique d'abord, aujourd'hui sur des questions de données également, et voilà c'était l'hommage que j'avais envie de vous rendre. Et maintenant manifestement on arrive au moment des questions donc je serai vraiment extrêmement heureux de voir quelles sont toutes les questions qui peuvent émerger. Je vous remercie pour votre attention.

Lucie Serres : On va commencer la restitution des résultats, et je vous préciserai juste qu'Anastasia va faire un tour pour récupérer les boitiers en même temps. Merci à vous.

Restitution des résultats de la session interactive par Jérôme Béranger

On va prendre question par question, vous verrez il y aura des réponses attendues et d'autres beaucoup moins, mais tout à fait intéressantes.

1. La première question était « Êtes-vous un(e)... ? », et on voit que c'est assez hétérogène au final, toutes les différentes professions sont représentées mise à part les côtés enseignants et techniciens, et un volume moindre pour les industriels, doctorants et étudiants.
2. Au niveau des tranches d'âge on s'aperçoit qu'au final on peut trouver un certain équilibre entre les plus de 50 ans qui sont à 45 %, et les moins de 50 ans qui font 55 %.
3. « Êtes-vous un(e)... ? », là on n'arrive pas totalement à une parité gouvernementale mais on y tend avec 57 % d'hommes et 43 % de femmes.
4. « Êtes-vous professionnel(le), doctorant(e) ou étudiant(e) dans le milieu... ? », là on s'aperçoit qu'à 92 % on travaille dans le secteur public.
5. « Êtes-vous professionnel(le), doctorant(e) ou étudiant(e) principalement dans le champ... ? », et là on s'aperçoit que c'est le secteur de la santé qui prévaut, suivi par le numérique et l'éthique à 18 % et 14 %, et autre 23 %.
6. « Êtes-vous professionnel(le), doctorant(e) ou étudiant(e) en... ? », là à 50 % c'était plutôt le secteur des sciences de la vie qui prend le devant, les sciences humaines et sociales sont en deuxième avec 36 %, et beaucoup plus bas les sciences du numérique.
7. « Je suis venu(e) à cet atelier parce que... ? », ça m'intéresse dans le cadre de ma profession à 44 %, par intérêt personnel à 28 %, et parce que je suis un habitué à 17%.
8. « Quelles sont les affirmations suivantes qui vous correspondent ? », je m'intéresse aux algorithmes on s'aperçoit que c'est à 27 %, 31 % je m'intéresse plutôt à la santé, et il y a quand même une majorité à 42 % qui s'intéressaient ici surtout à l'éthique.
9. « Dans le cadre de ma profession, de mes recherches et/ou de mes études... », j'utilise des algorithmes à 41 %, ce qui veut dire que comme on l'a vu avec Christine Blagué tout le monde utilise tous les jours des algorithmes mais ne le sait pas, donc au final on devrait avoir presque 100 % et on s'aperçoit que là c'est à 41 %. Je serai prochainement amené à utiliser des algorithmes à 14 %, et je ne sais pas si j'utilise des algorithmes à 36 %. On voit qu'il y a ce côté d'opacité qui est aussi flagrant ici.
10. « Je participe à cet atelier, portant sur l'éthique des algorithmes en santé, avant tout parce que... », à 41 % vous avez souhaité approfondir ces travaux et réflexions sur l'éthique des algorithmes. A une échelle beaucoup plus basse on s'aperçoit que c'est plutôt une initiation autour des connaissances de ce sujet, et vous souhaitez à 18 % participer au débat de réflexion sur l'éthique des algorithmes vis-à-vis de leur conception et de leur usage.

- 11.** « Sauriez-vous définir ce qu'est un algorithme ? », alors là j'aurais pensé qu'il y aurait beaucoup plus de personnes qui diraient oui, on s'aperçoit qu'il y a à peu près deux tiers des personnes qui pensent savoir quelle est la définition des algorithmes. Alors peut être que si on avait posé ce questionnaire avant l'intervention de Monsieur Besse qui a expliqué ce qu'était un algorithme peut être que le chiffre... il y a eu un biais là-dessus peut être.
- 12.** « Selon vous, les algorithmes dans le champ de la santé peuvent être source de confiance et d'espoir ? », alors 64 %, soit les deux tiers de l'assemblée, pensent qu'ils sont moyennement d'accord au niveau de la confiance et de l'espoir, et peu d'accord 23 %. Ce qui est assez troublant c'est quand même tout à fait d'accord qui n'est qu'à 5 %, c'est vrai que c'est très peu, et donc on sent toute la méfiance et l'inquiétude sur les algorithmes de traitements qui sont en train d'alimenter notre quotidien et l'écosystème digital de la société.
- 13.** « Selon vous, les algorithmes dans le champ de la santé peuvent être source d'inégalités et de discriminations ? », à 68 % oui tout à fait d'accord, les deux tiers de l'assemblée, moyennement d'accord à 23 %, et c'est-à-dire qu'il n'y a que 9 % des personnes présentes qui pensent que les algorithmes ne sont pas des sources discriminatoires ou inégalitaires.
- 14.** « Selon vous, les algorithmes dans le champ de la santé peuvent être source d'innovation et de progrès ? », là on retrouve une certaine logique, les deux tiers de l'assemblée pensent que ça va tout à fait dans ce sens-là, que ça peut vraiment apporter des progrès et de l'innovation, et moyennement d'accord à 19 %. On s'aperçoit qu'il y a quand même une ambivalence, c'est comme le côté de la pièce pile ou face, où selon sur quel côté ça tombe on est inquiet mais on a de l'espoir aussi. Et ça dans toutes les réunions auxquelles j'ai participé sur les algorithmes, ou même sur les données numériques ou les traitements, c'est quelque chose qui revient vraiment à chaque fois, on veut y croire, on sait que c'est l'avenir, notre futur, par contre on est aussi inquiet de ça. On prône justement pour un meilleur encadrement des bonnes pratiques autour de ces nouvelles technologies, qu'elles soient plus loyales, qu'il y ait plus de sens pour la société, et cet atelier je pense est là aussi pour contribuer à tout ça.
- 15.** « Selon vous, les algorithmes dans le champ de la santé peuvent être source de peur et d'inquiétude ? », pareil avec 64 %, les deux tiers, qui se disent tout à fait d'accord sur le fait d'avoir des inquiétudes et des peurs, avec moyennement d'accord à 32 %. On s'aperçoit qu'au final ça fait 95 %, et il y a beaucoup d'études qui ont été réalisées ces dernières années qui ont démontrées que plus de 85 % des français se trouvent inquiets de ce que l'on va faire de leurs données personnelles, notamment dans le domaine de la santé, et du coup même à petite échelle, parce que c'est un échantillonnage, on reste dans cette tendance-là ce qui est tout à fait cohérent avec la société.
- 16.** « Selon vous, les algorithmes dans le champ de la santé peuvent être source de menace pour la vie privée ? », là c'est sûr que quand on regarde les enjeux et les risques de la société par rapport à ce qu'on va faire de leurs données personnelles, c'est toujours l'enjeu premier qui compte, la vie privée, la confidentialité de la personne, c'est donc tout à fait cohérent de voir qu'il y a 91 % des personnes qui se trouvent vraiment inquiètes pour leur vie privée et leur confidentialité.

17. « Selon vous, quel est le domaine d'application des algorithmes le plus pertinent dans le champ de la santé ? », je découvre en même temps que vous les résultats, et c'est vrai que l'on ne savait pas trop à quoi s'attendre sur ces questions-là, mais on s'aperçoit que c'est assez hétérogène au final parce qu'il y a un peu de toutes les réponses, avec quand même une prédominance sur le développement de la recherche médicale ce qui n'est pas illogique parce que c'est vrai que dans la recherche médicale c'est un grand espoir avec les systèmes experts, les algorithmes autour de projets *big data*, on contribue à développer des cours et des conférences au niveau des universités pour des projets de *big data*, par exemple sur l'encadrement. On s'aperçoit aussi que dans 32 % c'est le développement de politiques en santé publique, donc là c'est plutôt sur le thème de la santé publique où l'on se dit que ça peut aboutir à une meilleure compréhension de la pathologie de départements en départements, et ça fait gagner du temps au niveau spatio-temporel, c'est vrai que ces algorithmes-là permettent un rayonnement un peu plus territorial là-dessus, ce c'est pas illogique.
18. « Selon vous, l'introduction des algorithmes dans le champ de la santé impacte-elle la relation médecin-patient ? », 68 % disent que oui, et 23 % ne se prononcent pas ou ne savent pas. Et ce 23 % il m'interpelle, je trouve au final qu'il est assez symptomatique de la situation parce que c'est vrai que dans la relation médecin-patient on ne se rend pas compte si au final il y a un algorithme, ou une aide à la décision, pendant le diagnostic qui a été fait. Personnellement, je ne devrais pas divulguer ma réponse, mais je dis que je ne sais pas parce que je me suis fait opérer de l'épaule donc j'ai vu un chirurgien, des radiologues, je n'ai pas eu de mémoire une relation médecin-patient avec un système expert à côté de moi, peut-être qu'il y en avait un mais je ne l'ai pas vu en tous les cas.
19. « Selon vous, les résultats provenant d'algorithmes dans le champ de la santé sont-ils scientifiquement ... », à 50 % donc la moitié pensent qu'ils sont moyennement pertinents, et c'est assez homogène à 14 % très pertinents et peu pertinents, et 18 % ne se prononcent pas. C'est assez intéressant par rapport à la conférence de Monsieur Besse qui disait justement qu'il y a quand même des doutes qui se posent encore sur la fiabilité des résultats de certains algorithmes, et je trouve que ce sondage-là est assez caractéristique en voyant un peu de toutes les réponses.
20. « Selon vous, les résultats provenant d'algorithmes dans le champ de la santé sont-ils scientifiquement... », très fiables à 5 %, mais voilà moyennement fiables à 50 %, et peu fiables à 23 %. Donc on sent qu'il y a quand même une certaine réticence, ou inquiétude, sur la fiabilité en tant que telle. On sait qu'il y a un vrai espoir, que la recherche médicale va passer par ces systèmes experts et ces algorithmes, mais on a encore une certaine inquiétude sur leur véritable fiabilité de fonctionnement et d'opérationnalité. On est quand même dans une phase de transition, et c'est vrai que dans chaque révolution industrielle on s'aperçoit que c'est associé à une révolution sociale, et dans une transition par définition il y a toujours une dizaine d'années ou je ne sais pas combien pour y être sensibilisé. Christine Balagué parlait tout à l'heure d'éducation et de sensibilisation, on a de la chance selon moi et j'ai envie de dire il ne faut pas s'inquiéter, les questions que l'on se pose maintenant dans dix ans on ne se les posera plus mais

on est dans la transition, et il faut justement profiter de cette transition pour pouvoir accompagner et créer un cadre autour de ça.

21. « Selon vous, quelle est l'échelle la plus adéquate pour réguler l'usage d'algorithmes dans le champ de la santé ? », je ne sais pas si c'est l'effet du règlement européen qui va être en application le 25 mai 2018, mais à plus de 50 % vous voyez une vision plutôt européenne, régionale à 0 % ça ne me surprend pas du tout, nationale à 9 % j'aurais pensé beaucoup plus, et internationale à 36 %. Je pense que 36 % pour l'internationale, je reste très subjectif, mais je pense que ce sera un petit peu compliqué de trouver une régulation internationale par continent, déjà au niveau européen je pense que ça peut être une bonne locomotive, au niveau international il y a des cultures et des lois différentes, ça serait un peu compliqué je pense.
22. « Selon-vous, êtes-vous propriétaire de vos données de santé ? », donc non à 59 %, il faudrait savoir pour les 36 % qui ont répondu oui que d'un point de vue juridique personne n'est propriétaire de ses données. La donnée est considérée comme une extension de vous-même, c'est un droit subjectif, un droit d'usage, c'est comme un don d'organe où vous pouvez selon certaines conditions donner l'un de vos reins mais vous ne pouvez pas en faire commerce. Et à l'heure actuelle, en plus avec la loi Evin en France ça amplifie le phénomène. Mais c'est intéressant de poser la question pour voir qu'il y a 36 % des personnes qui pensent être propriétaires de leurs données. Aux Etats-Unis ils sont propriétaires de leurs données.
23. « Êtes-vous informé de l'usage fait de vos données de santé ? », non à 86 % là je pense que c'est assez significatif et on n'est pas trop surpris de ce résultat.
24. « Selon vous, avez-vous un contrôle sur l'utilisation de vos données de santé ? », à 82 % non donc on sent qu'il y a vraiment une méfiance autour de la maîtrise de ce que l'on fait de nos données. Est-ce qu'on a vraiment le contrôle ou pas ?
25. « Selon vous, en quelle structure avez-vous le plus confiance pour utiliser des algorithmes traitant des données de santé ? », alors là vous voyez que c'est les institutions publiques à 61 % qui ont votre confiance, et à 25 % je n'ai confiance en aucune structure. Donc c'est soit le public soit aucune, et les établissements privés à 7%. Alors je ne sais pas si ces 7 % correspondent aux 7-8 % qui venaient du privé, mais en tous les cas on peut peut-être faire un raccourci comme ça, et les résultats sont assez parlants.
26. « Selon vous, qui est responsable de l'intégrité de l'usage d'un algorithme appliqué au champ de la santé ? », donc là il faut savoir que l'on pouvait répondre à plusieurs réponses à la fois, et c'est assez hétérogène, au final on s'aperçoit qu'il y a 27 % pour le développeur et l'éditeur, 22 % pour les structures garantes de la régulation algorithmique et les professionnels de santé, et 16 % pour les responsables des systèmes informatiques. Je déroulais les questions mais si vous avez des remarques, j'aurais pu le faire aussi en même temps. Est-ce qu'il y a des résultats qui vous surprennent ou pas ?

- Je voulais demander pourquoi vous avez ramené toutes les réponses à 100 % même s'il y a plusieurs réponses, parce que ça donne une fausse information. Quand il y a deux réponses possibles, et qu'il y a 100 % au total.

Lucie Serres : C'est un paramétrage qui n'existait pas ou que je n'ai pas trouvé, mais on le fera pour l'analyse des résultats, on extraira les résultats rapportés aux bons pourcentages.

Jérôme Béranger : Et vous aurez les résultats plus détaillés et qualitatifs par la suite, mais là c'est vraiment pour faire ressortir une tendance et voir les résultats directement. Vous voulez revoir une autre question ?

- Oui s'il vous plaît celle avec les établissements, ça me fait penser à quelque chose dont on parle beaucoup, pas uniquement dans le domaine des algorithmes, mais dans le domaine de la santé régulièrement, c'est la structure publique comme tiers de confiance. Et c'est vrai que dans le domaine des *data* et des *big data* c'est quelque chose qui est souvent avancé, c'est-à-dire que le secteur public pourrait être considéré comme un tiers de confiance et permettrait un usage peut être plus transparent, selon les critères que vous avez tous les deux développés. C'est quelque chose qui m'interroge beaucoup cette histoire de tiers de confiance public, de dire qu'il y aurait une meilleure gestion finalement par les pouvoirs publics de l'ensemble de ces données, et c'est juste quelque chose sur lequel je voulais avoir votre sentiment car pour moi ce n'est pas une évidence. Je suis assez d'accord sur le principe par conviction mais, quelque part si j'essaie de faire mon travail de chercheur et de me dire qu'il faut peut-être comprendre pourquoi c'est ça, je n'ai pas trop d'arguments.

Christine Balagué : Juste trois réponses. La première quand j'ai dit les algorithmes ont des jugements valeurs qui ne sont pas neutres, aucun algorithme n'est neutre. Il peut y avoir des choix politiques dans les algorithmes, et c'est par exemple le cas d'APB aujourd'hui quand on le décortique, il y a des chercheurs qui nous ont présenté ça hier. C'est donc le premier point et on peut se poser la question. La deuxième chose me fait penser qu'à l'Institut Mines-Télécom on a une plateforme, il se trouve que c'est un appel à projet qui a été gagné par l'Institut Mines-Télécom qui s'appelle TeraLab, et c'est un projet PIA [ndlr : Programme d'Investissements d'Avenir]. Elle est donc ouverte à tous les chercheurs partout en France qui travaillent sur des données massives, et a été financée dans le cadre du programme d'investissements d'avenir pour être une plateforme neutre, justement tiers de confiance. C'est donc toute une infrastructure que l'on a montée à l'institut, et que n'importe quel chercheur dans le domaine de la santé ou dans n'importe quel domaine peut utiliser. Elle est dédiée à la recherche et tout l'objectif a été de sécuriser, d'héberger des données de santé, de mettre en place des technologies pour les chercheurs, tout cela en raison de cette question : « Où mettre ces données ? ». Alors on peut se poser la question de l'Institut Mines-Télécom qui n'est pas forcément neutre non plus, mais c'est quand même un institut de recherche et de formation. Ces questions se posent donc aujourd'hui, et cette plateforme est impliquée à la fois en France et en Europe dans plein de projets, il y a par exemple pleins de chercheurs qui déposent des projets européens et qui mettent TeraLab dans leur projet parce que qu'elle est considérée comme plateforme « tiers de confiance ».

Jérôme Béranger : Pour rebondir je connais bien TeraLab parce que je fais partie de leur comité d'éthique. TeraLab s'est associé avec un comité scientifique et également un comité d'éthique, et ils ont ouverts ce comité d'éthique à des profils qui sont à la fois du privé, du public, et associatifs. C'est vraiment une plateforme qui se veut *open data* mais avec quand même une sélection à l'entrée, et ce que le comité d'éthique regarde c'est que tout le monde ne puisse pas entrer et profiter de la technologie de TeraLab, il y a vraiment une philosophie, un ADN, un encadrement d'un point de vue éthique.

- Oui mais ça ne répond pas à ma question si je puis me permettre, parce que si j'essaye d'aller un petit peu plus loin, si on donne l'impression que seul le service public au sens large peut assurer la confiance dans ces outils innovants ça voudrait dire, si on raisonne à contrario, que le secteur privé ne les respectent pas, ce qui n'est pas vrai, non pas pour dire que le secteur privé fait tout très bien, parce que ce n'est du tout non plus mon idée, mais par contre que la culture éthique relève autant du public que du privé. Donc si on les exclut aussi de cette forme de système ça voudrait dire que finalement c'est les grands méchants loups donc l'éthique... C'est aussi qu'est-ce que l'on veut transmettre à travers cette histoire de tiers de confiance ? Et là encore une fois il faut peut-être l'expliquer, expliquer finalement pourquoi ce n'est pas juste parce que c'est public que c'est mieux, et que tout le monde est quand même tenu aux mêmes obligations éthiques et juridiques bien évidemment. Je le dis avec d'autant plus de conviction que le secteur privé est très intéressé par le domaine des *big data* et donc des algorithmes, donc si on les exclut de cette réflexion et qu'on leur fait croire que de toute manière ils ne seront pas associés à la réflexion éthique c'est...

Christine Balagué : Je partage tout à fait votre point de vue, et il y a un paradoxe aujourd'hui parce qu'on pourrait se dire que finalement quand on regarde les systèmes informatiques des CHU et des hôpitaux on sait bien que ces systèmes ne sont pas forcément les plus récents, les plus *up-to-date*, et pourtant on a hyper confiance à ce que ce soit eux qui traitent la donnée. Mais si on regarde les questions, alors je ne suis pas spécialiste, d'infrastructure et de sécurité, pour être à TeraLab ça demande beaucoup d'investissements et d'argent. Il y a donc un petit paradoxe. Et ça me fait penser au troisième point que le voulais citer tout à l'heure qui est cette idée que l'on avait fait émerger au Conseil National du Numérique, qui n'est qu'une idée mais qui me semblait intéressante, d'agence de notation indépendante. Et quand on se pose la question de l'agence de notation indépendante de traitement algorithmique on pourrait imaginer des hébergements, on l'avait pensé PPP c'est-à-dire partenariat privé-public, et il me semble que ces questions-là d'éthique doivent se poser en partenariat privé-public pour faire avancer en parallèle les deux. Et pour terminer il faut savoir que les gros acteurs américains Google, Facebook, Amazon... le 26 septembre 2016 ont fait un partenariat, alors qu'ils sont concurrentes, pour dire : « Il y a des questions éthiques dans ce que l'on fait, l'intelligence artificielle, et donc finançons des chercheurs ensemble pour faire avancer ces sujets ». Alors pour l'instant je n'ai pas vu de recherches qui sont financées dans ce sens, ça a été un coup de communication, mais ils doivent en financer quand même. Il y a cette idée selon laquelle peut être que les privés vont aller plus vite que le public sur ces questions-là, c'est quelque chose de possible, et il faut aussi avoir en tête que ces entreprises recrutent les meilleurs dans le monde aussi en termes de *big data*.

- Si je peux apporter un commentaire sur le sujet, je vois un très gros décalage entre le public qui raisonne de façon éthique pour dix individus, et le privé qui collecte tels que les GAFAM

[ndlr : Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft] des millions de données. Je sais qu'il y a une start-up en France qui a déjà une base de données de plusieurs centaines de milliers de génomes. Où on en est ? C'est hallucinant de voir ce décalage, et on se demande d'ailleurs comment ils ont fait pour obtenir des centaines de milliers de codes génétiques de la population. On voit donc qu'il y a un discours officiel et puis en sous-main il y a beaucoup d'activités qui se font.

- Oui c'était pour rebondir sur cette histoire de confiance vis-à-vis des structures publiques. Quand on regarde la position de la population française vis-à-vis de la vaccination, je trouve que ça ne montre pas une très grande confiance de la population de manière générale vis-à-vis des instances réglementaires et sanitaires. Pour moi il y a une défiance très importante vis-à-vis des consignes qui sont données par les instances réglementaires françaises, en l'occurrence vis-à-vis de la vaccination.
- Je voulais dire effectivement c'est vrai que l'on oublie qu'ils doivent tous respecter les mêmes règles publics et privés. Il y a souvent une représentation du secteur public comme étant le mieux à même de garantir l'intérêt collectif par rapport au privé, qui lui va défendre des intérêts plutôt commerciaux, pécuniaires, et concurrentiels finalement. Donc il y a quand même cette représentativité qui joue aujourd'hui, même si elle est effectivement moins vraie. Je crois aussi qu'il y a un vrai travail à faire de la part du secteur privé pour communiquer justement là-dessus, être transparent et vraiment redonner confiance au public qui a tendance, il me semble, à avoir moins confiance au privé. Parce que c'est là où tout avance, tout va très vite, et on se sent un petit peu débordé quand même par l'avancée des algorithmes. Et quand on voit d'où ça provient, essentiellement du secteur privé, on a peut-être envie aussi de remettre un peu de public là-dedans, pour temporiser et assurer un développement raisonné et raisonnable de ces algorithmes, ce que l'on ne voit pas forcément de manière très claire chez le privé, en tous les cas c'est mon appréhension.

Jérôme Béranger : Pour compléter les différents propos, c'est vrai que moi j'ai ma casquette de chercheur associé mais j'ai aussi une casquette d'entrepreneur privé. Lors de mes travaux de recherche j'ai créé un label éthique sur le traitement des données numériques, et l'idée c'était vraiment de se dire : « Arrêtons les cloisonnements entre le public et le privé ». J'ai constitué à la base de ce label un comité scientifique, d'ailleurs Christine Balagué en fait partie, mais il y a aussi des chercheurs d'universités, des *data scientist*, des sociologues, des philosophes, des entrepreneurs, mais également des associations de malades. Et au final il faut savoir que l'éthique ça parle à tout le monde, c'est transversal et sociétal. Je pense qu'il faut aller vite parce que les technologies vont vites, donc il faut un apport du privé comme une locomotive, mais que ce soit encadré en partenariat aussi avec du public, et je pense qu'accompagner cette synergie des deux fait que l'on arrivera à accompagner et à encadrer au mieux ces nouvelles technologies.

- Je suppose que ces algorithmes sont protégés par le secret commercial, industriel ?

Jérôme Béranger : Oui par la propriété intellectuelle.

- Simple question que je me pose, qui est toute bête, comment peut-on avoir confiance dans quelque chose qui ne peut pas être défini par définition ? Qui ne peut pas être explicité parce que c'est couvert par un secret.

Jérôme Béranger : Si vous avez une instance réglementaire de régulation qui peut regarder à l'intérieur, après il y a des contrats qui font que des clauses de confidentialité peuvent très bien aller à l'intérieur de tel ou tel algorithme regarder si tout va bien, comme le moteur d'une voiture, sans divulguer la recette de cuisine du chef, c'est vraiment cette image-là.

Christine Balagué : Je crois que sur les aspects légaux, le secret commercial n'empêche pas un utilisateur de demander une transparence de traitement, donc le secret commercial est un faux sujet. Par contre dans la loi aujourd'hui il y a cette idée selon laquelle il suffirait pour la transparence de comprendre la logique sous-jacente de l'algorithme. Quelles sont les finalités ? Quels sont les principaux paramètres de l'algorithme mais sans dévoiler toute la méthode ? Et puis cette idée de *comptability*, de rendre des comptes. Je voulais juste revenir sur ce que vous disiez sur le fait que les gens n'ont pas confiance dans le public, il y a des recherches qui ont été menées suite aux vaccinations, et c'est l'exemple du film Contagion que je montrais. Ça a vraiment été montré dans toutes les recherches sur la post-vérité, le fait que l'on soit dans la post-vérité aujourd'hui et que finalement l'information à laquelle les gens réagissent c'est l'opinion ou l'émotion, on est dans cette aire-là. Puis il y a cette idée de confiance, et on a plus confiance, ça a été montré, en quelqu'un qui a vécu la même expérience que nous, qui a fait le même voyage que nous, qui a la même maladie que nous. On a plus confiance en ces gens-là plutôt qu'en une institution, fut-elle publique, qui va peut-être nous cacher des choses, il y a cette idée aussi qui a été montrée dans pas mal de travaux.

- Je n'ai pas l'impression qu'au travers de la réponse on mesure le degré de confiance vis-à-vis de l'hébergeur des données qui sont véhiculées par l'algorithme, mais plutôt la qualité de l'algorithme. Parce qu'aujourd'hui, votre remarque est parfaitement légitime, et sur le terrain c'est des partenariats public-privé, quand on traite des *big data* dans des projets INSERM transversaux à l'échelle européenne, l'hébergeur des données de santé est un hébergeur privé parce que c'est le mieux offrant au niveau du cloud qui va pouvoir héberger de manière la plus efficace les données. Personne ne conteste l'efficacité de l'hébergeur, parce que l'algorithme que l'on a utilisé ne dépend pas de l'hébergeur mais c'est simplement la restitution et le traitement de données. La question que vous posez au niveau de l'algorithme, après là aussi fort justement, c'est que le problème n'est pas de savoir ce qu'il y a dedans mais d'avoir un regard sur la validation de la méthode algorithmique. Vous avez donné tout à l'heure des méthodes de vérification de l'algorithme, on est dans du prédictif certes mais on l'a vérifié à partir d'une hypothèse scientifique, sur une population peut être limitée, mais on a validé les données et on sait que dans la fourchette de confiance que l'on s'est donné celles-ci sont valides, à ce moment-là il n'y a aucune raison de ne pas croire en un hébergeur privé. Après ça la genèse de l'algorithme, et ce que l'on va en faire derrière... Vous parliez tout à l'heure d'un moteur de recherche transparent, c'est magnifique mais je pense que Google demain peut vous montrer que son moteur de recherche est totalement transparent, parce que c'est le traitement à posteriori des données qu'il va recueillir qui vont être soit conservées et traitées secondairement, soit non conservées et volatilisées dans la nature, qui vont vous donner la confiance dans cet algorithme, l'algorithme il sera le même ou à peu près. La question c'est celle des modalités de traitement de l'information que l'on détient et que l'on peut recueillir.

Jérôme Béranger : Là-dessus vous soulevez ce que l'on a mis en évidence dans le label avec le conseil scientifique, c'est qu'au final c'est tout le cycle de vie de la donnée qu'il faut réfléchir, c'est comme une fusée à trois étages. On va y réfléchir, regarder les évaluations éthiques sur la conception de l'algorithme, la nature des données qui entrent et alimentent l'algorithme, la conception, le fonctionnement, les modalités, et aussi l'usage et la pratique que l'on en fait. On s'aperçoit que vous pouvez avoir les deux premiers étages de la fusée qui sont tout à fait éthiquement acceptables, mais que l'usage que l'on en fait à la fin ou le traitement des données ne soient pas du tout éthique du point de vue de la personne ou de la société. Et inversement, il suffit que vous ayez un bon usage et une bonne finalité de l'algorithme, que son fonctionnement vis-à-vis des différentes couches cachées sont toutes à fait saines et bien fondées, mais que les données que vous avez inséré dedans n'aient pas été validées, et ça peut créer un biais dans le résultat final de l'algorithme. On s'aperçoit qu'à chaque étape, qui est assez complexe, d'un algorithme de traitement de la donnée numérique, il peut y avoir un biais ou des problèmes éthiquement non acceptables. Donc c'est tout un ensemble qu'il faut voir et pas seulement la finalité ou les données. Je pense que dans vos premières présentations vous montrez bien que c'est l'algorithme mais aussi la finalité et la conception qu'on en fait, c'est un ensemble.

- Juste un mot, parce que j'ai été étonné par le 0 % sur l'angle régional, mais cela dit je suis arrivé quand même à une réflexion que j'aimerais échanger avec vous qui est qu'au fond on essaye de traiter beaucoup de ces choses-là à un niveau très élevé, au minimum national on l'a vu avec la santé et la question du Système National des Données de Santé (SNDS), il a fallu je crois deux ans pour avoir un décret d'application de la loi santé pour ce qui concerne le SNDS et manifestement l'application n'est même pas encore suffisante. Et ma réflexion est la suivante, à vouloir traiter les choses sur des systèmes le plus large possible, est-ce qu'on ne s'empêche pas en réalité à faire des choses à des échelles qui pourraient être plus petites mais qui permettraient aussi de limiter le risque ? Est-ce qu'un échelon plus petit, que ce soit régional, territorial peu importe, pour faire des expérimentations ne pourrait-il pas être pertinent parfois pour le faire plutôt que de vouloir forcément faire les choses au niveau national avec de gros systèmes qui sont extrêmement difficiles à manier pour des questions de réglementation, de structures administratives, pour pleins de raisons ?

Jérôme Béranger : Et on gagnerait en interactivité aussi forcément.

Christine Balagué : Sur l'aspect régional, je trouve très intéressant, et c'est pour ça que TransAlgo à ces mêmes objectifs, de faire émerger des communautés qui font avancer le sujet. Et du fait qu'il ait un certain nombre de sujets sur la question de l'éthique des applications mobiles, on voit bien qu'il n'y a pas de régulation. C'est tellement compliqué qu'au niveau national ça n'avance pas, et finalement c'est de la *soft regulation*. On pourrait se dire que ça peut passer par des clusters, je travaille aussi avec Cap Digital qui est un cluster dans le numérique, et déjà à Cap Digital on a essayé de faire en sorte que tous les projets déposés aient une composante éthique. Là on sensibilise donc des start-up, des grands groupes, et petit à petit il y a eu un cluster santé sur la région, ce qui peut commencer par sensibiliser. Je crois beaucoup à ce *bottom up*.

- Si je peux apporter un commentaire, en fait si on regarde effectivement les données en tant que telles il y a un accès en lecture, en écriture, mais maintenant il y a aussi de nouveaux droits comme en exploitation, qu'est-ce que je peux vraiment faire de ces données ? Il manque des standards sur l'écosystème global. Imaginez est-ce que l'on donne le droit à Microsoft d'accéder aux données ou non ? On peut très bien lui donner le droit, ou ne pas lui donner le droit, mais si les gens à qui on a donné le droit mettent leurs données sur leur cloud public et bien de toute façon Microsoft les aura. Finalement est-ce que Microsoft utilise ou non ces données ? Dans ce cas-là, on peut se poser la question de savoir quand un algorithme sort quelque chose, concrètement qu'est-ce qu'il a mis en entrée ? Et est-ce qu'en entrée il y a eu des données qui sont exploitées de façon illicites ou non ? Parce que ça c'est clairement le sujet, on sait que l'information est récupérée, piratée. Cette notion d'exploitation des données je crois que c'est assez important, et ça va dans le sens de l'ouverture aussi, de ce qui se passe réellement, parce que ça ne sert à rien de savoir si l'algorithme fonctionne ou pas, faut-il savoir quel est le type et la provenance des données d'entrée.

Jérôme Béranger : Mais ça c'est un questionnement qui revient assez souvent, le *sourcing* de la donnée. Parce que c'est vrai que l'on va brasser des milliers et des milliers de jeux de données, et au final plus le volume des données est important et plus c'est intéressant pour l'algorithme de créer des corrélations. Mais on s'aperçoit qu'au final on ne sait même plus, on n'a même plus de traçabilité pour savoir d'où viennent les données, et c'est là un grand problème qu'il va vraiment falloir résoudre.

Christine Balagué : Il y a des recherches qui sont faites.

Jérôme Béranger : Oui mais pour l'instant il y a énormément de projets *big data*, et en terme de traçabilité ils ne savent même plus d'où viennent les données, c'est-à-dire qu'il peut y avoir des jeux de données entiers qui sont totalement biaisés et qui vont forcément avoir une conséquence sur le résultat final. Alors c'est vrai qu'il y a de plus en plus de recherches là-dessus, parce que ça pose toute une pensée et une réflexion en termes méthodologiques, et il faudra qu'on trouve des solutions.

- Le système distribué va s'appuyer sur des composants, donc s'il y a un composant majeur qui tombe le système ne va pas fonctionner, et on va se rendre compte qu'il y a une panne. Maintenant sur un système qui fonctionne sur des sources de données, imaginons qu'il y ait une source importante qui tombe, le système va continuer à cracher une sortie mais évidemment les résultats seront complètement incohérents et personne ne s'en rendra compte effectivement. Donc avoir la traçabilité des chaînes de traitement, mais aussi le monitoring des chaînes de traitement c'est quand même très important.
- Pour rebondir sur l'échelle européenne et régionale, je partage aussi votre étonnement pour ce 0 %. Mais je pense que l'un n'empêche pas l'autre, c'est-à-dire que ce n'est pas parce que l'on va avoir des développements à l'échelle européenne qui vont nous donner des trajectoires, des notions communes, des directives, des règles aussi il faut en être conscient, que ça va nous empêcher au niveau régional d'avoir notre système d'innovation et nos

laboratoires d'expérimentations. Donc l'un vraiment n'est pas l'opposé de l'autre, et je pense même que c'est au niveau européen que devraient se dessiner les principales lignes, et éventuellement financer des projets aussi. Voilà je pense que vraiment les deux se doivent d'être en synergie. Et juste sur la question du secret industriel et commercial, effectivement dans la loi république numérique le secret peut faire obstacle à l'accès aux données et à leur réutilisation. Et c'est là où l'on rejoint ce que vous disiez tout à l'heure, c'est-à-dire qu'il y a une perte de confiance qui vient aussi du fait que l'on peut facilement apposer ce genre de secret pour justement bloquer la transparence et le système, là où visiblement on a besoin de plus transparence.

Christine Balagué : Et c'est là où l'idée, de l'agence de notation que l'on avait essayé d'imaginer, est de contourner le secret commercial en faisant en sorte que les entreprises soient labélisées, comme les Etats sont labélisés aujourd'hui par des agences de notation. Ça serait exactement le même principe, là on joue sur la réputation des entreprises, et on sait bien que les grands groupes dominants, que sont les plateformes américaines aujourd'hui, sont très sensibles à cette question de l'image. C'est à dire que si à un moment donné on met un E à Facebook, ou à Google, ils sont très sensibles à la question de l'image. Il y a d'autres moyens que la loi pure.

- Pour aller au bout de la notion de subsidiarité, on a atteint celui du niveau régional, pourquoi pas. Mais si on veut aller à l'extrême pourquoi oublier l'individu, la personne ? Je trouve que c'est très bien qu'il y ait des spécialistes, des gens très compétents, mais je ne suis pas sûr que quelqu'un d'extrêmement compétent puisse comprendre réellement les algorithmes, dont bon nombre se trouvent de manière ouverte sur internet, et même de Google. C'est les données qui comptent, qui ont de la valeur aujourd'hui, puis surtout le savoir-faire, et j'espère bien l'éthique de tout cela. Mais le brave individu, là au bout de la chaîne de subsidiarité, on n'en a pas trop parlé. Je crois qu'un peu à la mode du monde de la santé, sachant que l'on essaie dans les Ministères de faire tout le contraire, on infantilise ce brave individu. Pour tout ce qui concerne des objectifs de santé ça ne marche pas si on considère le maillon le plus fin comme n'ayant pas de valeur, et s'il a de la valeur on lui ouvre tout, et pas simplement aux spécialistes. Il faut aller vraiment très loin et on n'a pas du tout l'habitude de faire ça, puisqu'on aura d'excellentes raisons en disant : « C'est privé, c'est commercial », enfin j'en passe. Et il n'est pas vraiment propriétaire de ces propres données, heureusement il peut les donner puis est susceptible de changer d'avis, ou ça va venir je ne sais plus. Donc ce que je veux dire c'est qu'en effet il y a la notion de subsidiarité, mais n'oublions pas l'individu, le citoyen, l'utilisateur. Pour ce qui concerne la santé c'est pire encore, mais à mon sens c'est très parallèle au monde du numérique, ça va vraiment de pair. Et si on l'oublie et bien ça ne marchera pas, faites-moi confiance, enfin pas qu'à moi c'est général.

Christine Balagué : Je voulais juste rebondir là-dessus en disant qu'on n'en a pas parlé mais il y a tout un tas de travaux, alors ce n'est pas que sur la santé évidemment, mais on sait bien que ces techniques de *big data* ne fonctionnent que s'il y a des données massives. Et qui produit la plupart des données massives ? C'est bien l'individu. Donc il y a tous ces travaux qui vont très loin aujourd'hui autour du *digital labor*, qui disent que l'on est exploité par un certain nombre d'acteurs

avec ces données, et que l'on devrait quasiment être rémunéré, avoir un statut. Le fait de revenir à l'individu est beaucoup traité en sociologie par le *digital labor* et toute cette tendance.

Jérôme Béranger : Il y a de plus en plus de réflexions qui se penchent sur la cession de propriété. Je fais partie du Conseil National Stratégique du Numérique en Santé, qui est associé au Ministère de la santé, et on va créer un atelier sur la cession de propriété. Alors on débute cet atelier là, mais on se pose des questions afin de savoir si le fait de donner la propriété, comme un bien immatériel de la donnée, responsabiliserai peut-être un peu plus l'utilisateur lambda, en se disant : « On a des droits mais on a aussi des devoirs ». A l'heure actuelle nous ne sommes pas propriétaires de nos données, et c'est vrai qu'il y a pas mal de réflexions dans ce sens-là. Est-ce que l'on peut finir les trois dernières questions, et si vous avez encore quelques remarques on finira et après on clôturera l'atelier, avec un peu de retard, mais qui est très pertinent.

27. « Selon vous, les algorithmes peuvent-ils conjuguer intérêts collectifs et protection individuelle ? », à 59 % vous avez répondu que oui on pouvait faire les deux.

28. « Selon vous, dans le cadre d'une prise de décision thérapeutique un algorithme est-il plus fiable que la décision humaine ? », à 50 % non, 32 % ne se sont pas prononcés, et seulement 18 % pensent que ça va bientôt remplacer, ou que ce sera plus fiable, que la décision humaine et le médecin.

29. « Dans le cadre d'une prise de décision thérapeutique, pensez-vous que les algorithmes doivent se substituer à la décision humaine ? », 82 % non donc ça je pense que ça ne surprend personne, et il y a 0 % de oui d'ailleurs. Alors la tendance est quand même, je le vois dans les comités scientifiques, notamment médicaux, aux systèmes experts tel que Watson, et aux systèmes autoapprenants, qui resteront des aides à la décision encadrées par un professionnel de santé.

30. « Selon vous, quel est l'enjeu éthique associé aux algorithmes dans le champ de la santé qui devrait prioritairement retenir l'attention des décideurs parmi les suivants ? », donc à 38 % la pertinence et la fiabilité scientifique ont été le plus fortement énoncés, après on a à 20 % la protection et la régulation des données de santé qui revient, à 10 % c'est plutôt la protection et la régulation des algorithmes ainsi que la responsabilité entre les différents acteurs, et les inégalités et discriminations viennent à 13 %. Est-ce que sur ce dernier item vous retrouvez à peu près ce que vous pensiez au début, ou est-ce que vous êtes assez surpris de cette répartition des réponses. Parce qu'au final c'est assez réparti je trouve, avec la pertinence et la fiabilité scientifique en premier, mais quand on regarde les différentes conférences c'est ce qui revenait assez souvent, donc je ne suis pas surpris d'avoir ces résultats. C'était la dernière question. Est-ce que vous avez des dernières remarques, avant que l'on clôture l'atelier ? Oui.

- Quand on prend l'algorithme contre la décision humaine, je pense qu'on suppose que l'Homme en question, le médecin, a à sa disposition les résultats de l'algorithme, en fait la question est un peu mal formulée si je peux me permettre.

Jérôme Béranger : C'est possible. Dernière question ou remarque ?

- Juste une remarque sur la question qui demandait si l'utilisation d'un algorithme allait changer la relation entre le médecin et le malade. Vous y avez répondu d'une manière partielle en disant : « Je n'ai pas eu l'occasion de m'en rendre compte quand on m'a opéré de l'épaule », mais le médecin de l'autre côté a l'occasion de s'en rendre compte, parce que son patient a déjà eu l'occasion de rentrer sur des algorithmes de bases de données de maladies rares, quand c'est une maladie rare, de venir avec les éléments du diagnostic à la consultation, et derrière ce diagnostic il y a de la thérapeutique, ou de l'absence de thérapeutique. Ça change considérablement la relation médecin-patient, et je ne suis pas en train de dire que ça la change forcément de manière défavorable, mais ça change les rapports et relations entre le médecin et le malade. Je pense qu'aujourd'hui on ne peut pas répondre négativement à cette question : « Est-ce que les algorithmes changent la relation médecin-patient ? », dans 100 % des cas je suis persuadé que oui.

Jérôme Béranger : Je pense que si dans l'assemblée il y avait eu quelques médecins, ils auraient eu une remarque en disant : « Oui moi au quotidien j'en utilise et ça change ma perception, ou ma relation avec le patient ». Après moi je prends mon étiquette de patient, d'utilisateur de santé, et personnellement je ne m'en suis pas rendu compte. Mais encore une fois c'est ma vision des choses, le médecin qui m'a opéré avait des informations qu'il a eu grâce à des algorithmes dont je ne suis pas conscient, et ça lui a permis d'affiner, d'ajuster, ou de personnaliser, un petit peu plus son action sur sa thérapie.

- Forcément il y a eu une IRM qui est passée par un algorithme dont on ne perçoit absolument pas la nature, on a transformé un phénomène physique en un autre phénomène physique qui est une image, et je suis incapable de vous expliquer la qualité de l'algorithme qui a été utilisé, Siemens ou Philips font ça très bien, on a tous confiance, mais l'avons-nous vu ?

Christine Balagué : C'est ce que j'expliquais tout à l'heure avec l'imagerie médicale.

Jérôme Béranger : Oui avec les faux positifs et faux négatifs.

Christine Balagué : Après quand vous dites ça modifie à 100 % oui, mais pour moi le seul point, et j'ai essayé de le montrer tout à l'heure aussi, c'est cette idée selon laquelle on a beaucoup de données sur le patient mais comment on lui parle ? On ne sait pas bien l'expliquer, on ne sait pas exactement où est-ce qu'on se place. Est-ce qu'on est transparent sur tous ces chiffres avec le patient ou pas ? Enfin ça reste une question. Est-ce qu'il vaut mieux que le patient sache toutes ses données ou pas ? Et même de manière plus large c'est la question du transhumanisme. 23andMe, qu'a montré Philippe Besse, c'est cette idée selon laquelle si demain on est capable de me dire : « Vous avez telle probabilité d'avoir un cancer, ou telle maladie », alors que je suis en bonne forme, est-ce que je préfère qu'on me le dise ou pas ? Je n'en sais rien, c'est un vrai sujet. C'est un sujet d'éthique, si j'ai une pathologie à quel point je veux en savoir le détail ? Et quel est l'impact sur le patient ?

- Je voudrais juste dire qu'on est en retard sur ça, et en particulier sur la législation, puisque dans la création des filières maladies rares, et des réseaux d'expertises européens, les associations de patients sont parties prenantes dans la filière d'administration des réseaux.

Donc on a déjà été dépassé par nos pouvoirs publics en ce qui concerne la gouvernance même de la structure de ces réseaux, et donc de l'information médicale qui doit y circuler.

- Juste pour dire que nous sommes tous les deux médecins, et que bien sûr ça influence nos réponses. Et je suis d'accord avec ce qu'il dit.
- Moi je voulais juste ajouter très rapidement que justement tous les problèmes qu'il y a de communication sur les informations parcellaires, ou sur les informations de risque, ont été abordés par exemple dans le contexte du conseil génétique, où là typiquement il va y avoir des situations où l'on va se retrouver avec de la variabilité, et de la marge d'erreurs. Il y a vraiment des professions qui se développent autour de la communicabilité du risque. Il va donc falloir effectivement réfléchir à tout ça si les algorithmes prennent de plus en plus d'importance, et mettent encore plus de marges d'erreurs dans la communication aux patients. Voilà c'est tout ce que je voulais à dire.

Lucie Serres : On va pouvoir clôturer cet atelier en compagnie de Jérôme Béranger qui l'a animé et que je remercie. Je remercie également Christine Balagué et Philippe Besse pour leurs interventions, ainsi que l'ensemble des personnes qui sont venus assister à cet atelier. Bonne fin de journée à tout le monde.