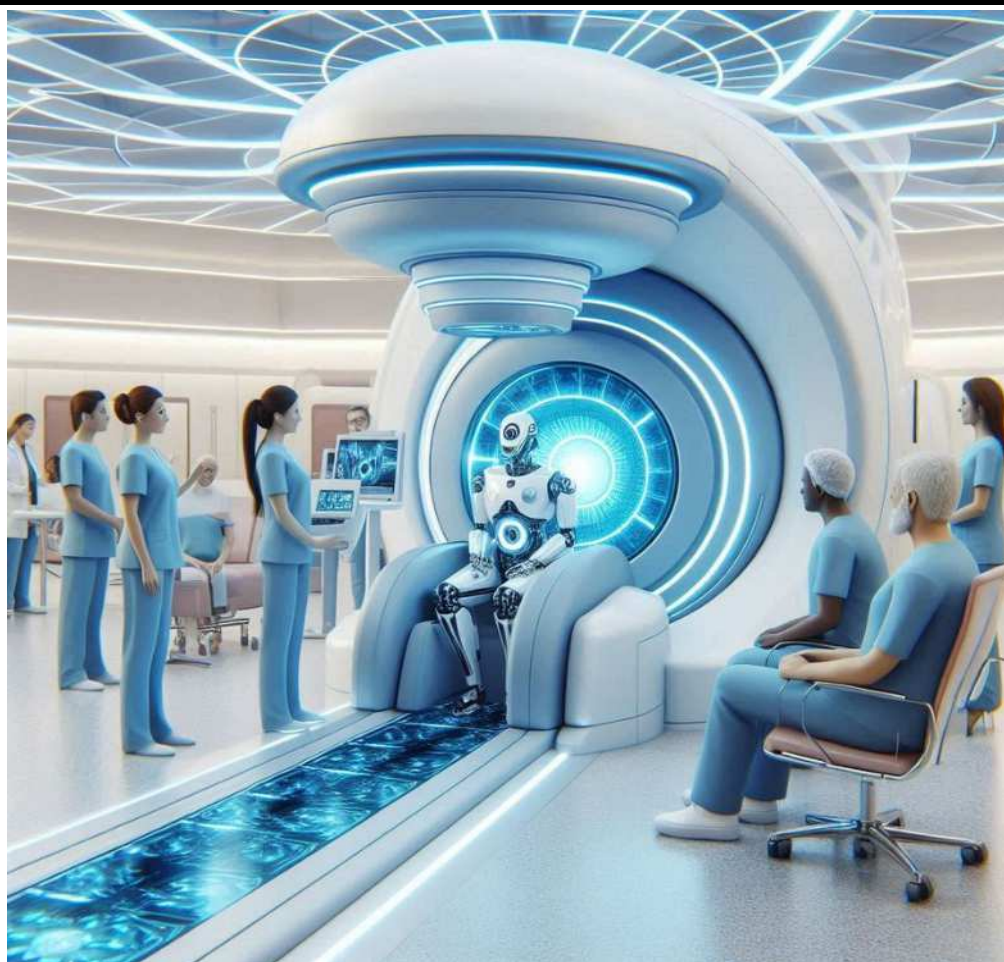


LA GAZETTE DE LA PM

Entretien dosimétristes France **01.** *E. Focheux, D. Berjon, P. Cadot, F. Recordon*

Articles scientifiques **02.** *P. Rétif* **03.** *H. Boniface*

IA & PM **04.** *A. Corroyer-Dulmont* **05.** *C. Robert* **06.** *D. Dabli*
L. Lechippey *C. Legrand* *T. Leleu*
G. Moliner



Intelligence Artificielle & Physique Médicale

Prime







Le nouveau fantôme Prime de RTsafe est un outil d'assurance qualité E2E idéal pour les applications SRS et compatible avec la technologie SGRT !

Ce fantôme tête anthropomorphique imprimé en 3D a été validé en collaboration avec des fabricants pionniers du système SGRT et produit conformément à la norme AAPM TG-302.

- DéTECTABLE par les systèmes SGRT
- Anatomie et teint de peau semblable à l'humain
- Compatible multi-détecteurs (Films, Gel, chambres d'ionisation, OSL)
- Contraste réaliste des os et des tissus mous en imagerie IRM et TDM
- Imagerie réaliste CT/CBCT/MV

Distributeur France : EKTELESI MEDICAL (ektelesi@ektelesi.fr)

THERAPANACEA

ART-Plan™ AdaptBox

Outil IA dédié à la radiothérapie adaptative offline, à partir du CBCT



AdaptBox

vous apporte :

-  Gain de temps et de ressources*
-  Précision et sécurité : vérification rapide des contraintes dosimétriques
-  Meilleure prise en charge du patient*



*Evite potentiellement les re-scans et les replanifications inutiles

DÉCOUVREZ L'EFFICACITÉ D'ADAPTBOX!



CANCER DU SEIN



CANCER DE LA PROSTATE



CANCER ORL

LA GAZETTE DE LA PM

EDITO

Voici (enfin) le second numéro de la Gazette de la PM. Un peu de retard, mais c'est plutôt habituel en physique médicale et le contenu en vaut la peine ! Et toujours en retard, mes meilleurs vœux pour cette nouvelle année 2025 à vous tous chers collègues et lecteurs de cette gazette.

Au sommaire : une discussion très riche avec les représentants du groupe des dosimétristes de France. Eve, Dylan, Philippe et Frédérique vous feront un état des lieux de leur profession qui est sans conteste, un des maillons fort de la prise en charge du patient en radiothérapie. Ils nous partageront également leurs difficultés à faire reconnaître leur profession et leurs attentes, à mon sens, légitimes. Quelques résultats d'une enquête menée en 2023 par Eve et Nathalie sont également présentés dans ce numéro pour vous donner un aperçu de leur formidable travail. Vous trouverez aussi sous forme d'articles, les deux travaux des vainqueurs des communications aux dernières JS de la SFPM à Dijon en 2024.



Ahmed Hadj Henni,
Rédacteur en chef

L'un présente le projet EFIT-DORSI sur l'intégration de l'imagerie avancée par IRM dans la prise en charge des patients en radiothérapie stéréotaxique intracrânienne, l'autre présente une méthode d'harmonisation de la qualité des images entre deux TEP avec des performances très différentes. Merci à Paul et Hugo pour ce partage particulièrement intéressant et de qualité.

Nous essayerons d'intégrer dans chaque numéro de la Gazette de la PM une thématique particulière. Nous commençons fort avec l'intelligence artificielle (IA) et son entrée fracassante dans notre domaine de la physique médicale ! Trois grandes thématiques vont être abordées.

La recherche en IA et son implémentation clinique en radiothérapie. La formation des physiciens, nécessaire pour faire face aux défis que représentent ce nouvel outil technologique. Et pour finir, un retour d'expérience conjoint médecin/physicien sur l'utilisation de l'IA en imagerie et en radiothérapie. Je ne vous en dis pas plus, le sujet se suffit à lui-même et vous aurez même un mini glossaire avant d'entamer la lecture des différents entretiens. Merci à Aurélien pour cette mise au point. Un grand merci également à tous les intervenants, (Laétitia, Aurélien, Gilles, Christophe, Charlotte, Djamel et Thomas), pour ces échanges éclairants et le temps qu'ils m'ont consacré. Pour agrémenter ce dossier, vous pourrez apprécier les images générées par IA en utilisant les mots clés, "traitement", "radiothérapie" et "futuriste". J'ai laissé libre cours à son imagination ! Je finis cet éditto en rappelant l'appel à candidature au groupe communication de la SFPM pour que celui-ci puisse continuer à vivre et produire des outils de communication de qualité auprès de la profession et du grand public. N'hésitez pas à nous contacter si vous voulez vous investir dans ce groupe de travail passionnant...

01. Entretien dosimétristes France



Un entretien croisé entre, (de gauche à droite) Eve Focheux (EF), Dylan Berjon (DB), Philippe Cadot (PC) et Frédérique Recordon (FR), conduit par Ahmed Hadj Henni (AHH). Pour en savoir plus sur la situation actuelle des dosimétristes en France : une profession clé dans la prise en charge du patient en radiothérapie.

AHH : Pourriez-vous tout d'abord vous présenter ?

EF : Je suis dosimétriste à l'APHM, hôpital nord, depuis 2019. J'étais auparavant manip-radio et d'ailleurs comme la profession de dosimétriste n'est pas reconnue officiellement, pour changer de statut, j'ai dû utiliser mon compte épargne temps pour suivre une formation dans ce sens.

FR : De mon côté je travaille à l'Oncopole de Toulouse, au CLCC Claudius Regaud. J'ai également un diplôme de manip radio à la base, métier que j'ai exercé pendant 13 ans. Et je suis dosimétriste depuis maintenant 10 ans. Je n'ai pas de diplôme de dosimétriste, j'ai été formée en interne pendant 2 ans après une ouverture de poste sur lequel je m'étais positionnée.

DB : Je suis dosimétriste à Colmar depuis 2013 dans un petit centre hospitalier avec 2 machines. J'ai été recruté directement à ma sortie de la formation DORA à Montbéliard. A la base, j'avais suivi une licence de physique et après un stage au Centre Eugène Marquis à Rennes, j'ai découvert ce métier de dosimétriste qui m'était inconnu mais qui m'a tout de suite plu.

PC : Je suis dosimétriste à l'ICO à Nantes depuis maintenant 22 ans. Je suis manip de formation et j'ai suivi le DIU de Nice de Juliette Thariat. Nous sommes dans notre centre, une équipe de 8 dosimétristes et nous faisons exclusivement de la dosimétrie .

AHH : Avant de commencer, j'ai une question où il n'y a je vous assure aucun piège. Lorsque l'on se réunit là pour parler du statut des dosimétristes en France, comment vous définissez-vous ? Parlez-vous à titre personnel ou êtes-vous représentants d'un groupe des dosimétristes de France ?

DB : Pour répondre à cette question, il faudrait d'abord expliquer la genèse de ce groupe. Il n'y a pas eu d'élection en soi. C'était plutôt sur la base du volontariat et tous ici nous avons la volonté de nous engager dans la reconnaissance de notre métier. Nous n'attendions qu'une étincelle pour créer un groupe qui porte nos aspirations. Et cette étincelle est venue d'une enquête d'Eve (EF) et Nathalie (Hervé) qui donnait un état des lieux de la situation de notre profession.

AHH : Par conséquent c'est toi Eve avec Nathalie Hervé qui avez piloté cette enquête ? Mes collègues dosimétristes m'ont transmis cette enquête qui est vraiment très bien faite ! Pourrais-tu en parler car il me semble qu'elle n'ait pas été autant diffusée que ça ?

EF : Pour expliquer depuis le début, je me suis retrouvée confrontée à des difficultés professionnelles. Lorsque j'ai voulu discuter de ce qui pouvait être fait, on m'a fait clairement fait comprendre que mon métier n'existait pas et qu'on ne pouvait rien faire. Sauf qu'on avait conditionné mon embauche sur le poste de dosimétriste par l'obtention du diplôme. Au final, j'ai un statut différent de celui de mes collègues. J'ai alors voulu savoir si d'autres dosimétristes étaient dans le même cas. Avec une collègue de promotion, Nathalie Hervé, nous avons alors voulu connaître la situation de nos collègues en France. Premier problème, comment avoir une diffusion la plus large possible. Nous avons alors contacté la responsable de la formation de dosimétrie à Marseille ainsi que la SFPM et utilisé la liste de diffusion de physique médicale. La SFPM nous a mis également en contact avec Eddy Fournier du Centre de la Baie qui nous a beaucoup aidé sur notre démarche.

AHH : Avez-vous une estimation du nombre de dosimétristes en France ?

FR : d'après un rapport de l'INCA, nous étions environ 450 en 2021.

AHH : Plus de la moitié des dosimétristes ont participé à votre questionnaire. Statistiquement, c'est très représentatif.

EF : Oui ! Et Laure Parent actuelle présidente de la SFPM, nous a contactées pour nous apporter son soutien dans nos démarches. Je ne pensais pas que cette enquête allait nous emmener aussi loin. Mon responsable d'équipe de Physique Médicale m'a alors incitée à poursuivre la démarche et à m'impliquer dans une dynamique plus large sur la question de notre profession de dosimétristes. Entre temps, le groupe Whatsapp que nous avons créé a alors vraiment augmenté en volume. Et les arrivées de Frédérique, Dylan, Philippe, d'Eddy et d'autres ont permis d'instaurer une réelle dynamique positive.

AHH : combien avez-vous de participants à ce groupe aujourd'hui ?

EF : L'un de nos premiers objectifs a été d'essayer d'augmenter le nombre de participants à ce groupe. Et je ne sais pas comment mais Philippe a eu une baguette magique et j'ai pu voir au fur et à mesure le nombre augmenter.

FR : Il y a exactement à ce jour 356 membres. La majorité des membres sont des dosimétristes mais pas tous.

AHH : Cela vous a pris combien de temps pour réaliser cette étude ?

EF : La réflexion sur les questions à poser a été une étape longue. D'abord il fallait savoir quelles informations on voulait et comment poser des questions pour obtenir des données exploitables. Nous avons mis environ 2 mois pour finaliser le questionnaire. Nous l'avons ensuite mis en ligne pendant 1 mois et demi. Puis ensuite le temps de faire l'analyse et de rédiger le document (2 semaines). Nous voulions que tout soit finalisé et diffusé avant les vacances d'été.

AHH : A qui l'avez-vous diffusé ? Il ne me semble pas que les médecins l'aient reçu. Est-ce qu'il a été présenté à un congrès, celui de la SFPM par exemple ?

FR : Et bien au contraire de mon côté je l'ai eu via les médecins de mon service.

EF : Pour le congrès SFPM de 2023 on venait juste de finir l'enquête en mai et on avait un délai trop court pour la présenter en juin. Le résultat a été finalement diffusé par mail à toutes les personnes qui en ont fait la demande.

Ensuite, on a eu l'opportunité de créer la section dosimétristes et nous avons pu malgré tout parler de cette étude déjà entre dosimétristes, lors d'une session à part.

DB : C'était lors d'une table ronde des JS de 2024 à Dijon, qu'Eve a pu montrer des extraits de cette enquête. Mais non, pas de diffusion générale.

AHH : Pour l'avoir lu, il est dommage que cette enquête n'ait pas été diffusée beaucoup plus largement. Elle a vraiment été bien faite avec des questions très intéressantes et un taux de participation important. Pourriez-vous donner les principaux objectifs de ce groupe de travail en quelques phrases ?

EF : Pour moi le but initial du groupe WhatsApp est de nous fédérer et donner un moyen de communication entre dosimétristes, sur des informations qui nous concernent. Que ce soit la reconnaissance de notre métier mais aussi plus simplement des questions techniques ou de pratiques professionnelles. On peut également communiquer et conseiller sur des formations qui peuvent être intéressantes. Mais l'idée c'est surtout de relancer une dynamique pour faire reconnaître notre métier.

AHH : Je comprends l'aspect d'échanger des conseils, des infos sur l'aspect technique entre personnes du même corps de métier. Mais l'autre point sur lequel j'aimerais que vous détailliez, c'est l'aspect "reconnaissance".

FR : Oui, le dosimétriste existe puisque que des personnes exercent ce métier ! Mais il n'y a aucune uniformité dans sa formation par exemple. De façon plus large, il n'y a aucun cadre légal qui va définir nos responsabilités.

EF : Ces responsabilités sont "centres dépendants". Niveau salaire, des personnes d'un même centre peuvent ne pas être sur la même grille. Et d'un centre à l'autre, nos tâches peuvent être complètement différentes et varier en fonction de la place laissée au dosimétriste au sein de l'équipe.

FR : Que les personnes aient été d'anciens manip ou pas, qu'elles aient gardé leur fiche de poste ou pas, les possibilités d'évolutions qui en découlent ne sont pas les mêmes.

AHH : Il y a quand même une formation officielle. Est-ce un des moyens pour vous faire reconnaître ?

FR : Ce n'est pas si simple que ça ! Par exemple, il y a le projet de recruter un nouveau collègue suite à un départ à la retraite mais au niveau des RH il semblerait que le recrutement sera fait parmi les manip pour offrir une perspective d'évolution. Une sorte de spécialisation, cette personne serait formée en interne mais sans diplôme officiel. C'est très dépendant de l'endroit où l'on travaille et chaque direction a sa propre politique. Le problème est qu'il n'est écrit nulle part que pour être dosimétriste il faut avoir suivi une formation reconnue.

AHH : Et donc effectivement je peux vous faire faire n'importe quoi ?

EF : Dans certains centres les dosimétristes ne peuvent réaliser que des plans de traitement RTC3D. Certains font les CQ, d'autres pas. Certains font du contourage, et d'autres ne vérifient seulement que les contours anatomiques fait par l'Intelligence artificielle. Mais la vraie question est : à qui incombe la responsabilité des actions qu'on nous demande de faire s'il y a un problème ? Nous avons besoin d'avoir un cadre d'activité légal pour exercer notre métier avec une formation qui répondent de manière précise à notre domaine d'activité. Tout se recoupe en fait : la formation et la reconnaissance du métier et il faut pouvoir avancer sur tous les tableaux.

AHH : Vous avez créé récemment une section dosimétriste au sein de la SFPM.

EF : Réactivée en fait car elle existait déjà même si inactive depuis un moment.

DB : Oui elle a pour objectifs de traiter tous ces points dont on a discuté. Pour le moment nous sommes 7 à y participer activement et une trentaine d'adhérents. Les chiffres ne sont pas actualisés mais l'idée c'est que plus on sera nombreux plus on aura d'influence. D'ailleurs en s'inscrivant au congrès, les dosimétristes adhèrent à la SFPM et peuvent ainsi rejoindre la section des dosimétristes. L'objectif est d'avoir quelque chose de plus structuré qu'un simple groupe WhatsApp même si ce moyen est toujours très utile, mais il n'y a pas forcément de contrôle du fil de discussion etc...

AHH : Cela rejoint ma question du début de l'entretien sur votre représentativité à parler au nom du groupe ?

DB : Oui complètement, plus la section aura de membres dosimétristes, plus ceux qui agiront pourront le faire au nom de la profession. Cela pourra nous donner aussi plus de crédibilité auprès des instances officielles quand nous devrons avancer avec elles sur ces sujets.

AHH : A très court terme avez-vous prévu des actions, par exemple pour les prochaines JS ?

PC : Ce qu'on aimerait c'est augmenter le nombre de formations spécifiques au métier de dosimétriste. On est sur ce sujet extrêmement dépourvu d'offres, souvent on suit celles proposées aux physiciens qui ne sont pas toujours organisées pour répondre à nos problématiques propres. Il faudrait s'entendre entre nous sur un référentiel de compétences communes. Aujourd'hui effectivement, on peut nous faire faire tout et n'importe quoi et dans n'importe quelles conditions. Et on a pu voir également qu'avec la pandémie mondiale qu'il y a eu, certains d'entre nous ont été revalorisés alors que d'autres ont été laissés de côté. Les raisons qui ont été données est que nous ne sommes pas au contact du patient et que nous ne sommes pas une profession reconnue.

Concernant les actions concrètes, avoir réactivé la section dosimétristes cela en est une ! On peut enfin exister au sein d'une société savante reconnue. Et on voudrait vraiment aujourd'hui se fédérer comme un groupe car finalement on s'est aperçu qu'aujourd'hui les dosimétristes se connaissent très peu ! On aimerait plus de temps d'échange entre nous.

AHH : Pour revenir sur l'enquête que vous avez réalisée, je trouve vraiment dommage qu'elle n'ait pas été diffusée plus largement. Souhaitez-vous incorporer quelques résultats dans la Gazette de la PM ?

EF : Oui nous ne l'avons diffusé qu'aux personnes qui en ont fait la demande. Nous ne l'avons pas diffusée par exemple à la liste de radiophysique ni présentée en session plénière des dernières JS.

FR : Par exemple un des points importants de notre enquête est qu'il y a une grande diversité de parcours au sein des dosimétristes. Il y a en gros deux grands courants, l'un qui a fait des études de physique et l'autre plutôt manips. En tenant compte de cette diversité et richesse de profils, l'objectif est d'avoir un socle de compétences identiques à la sortie qui puissent répondre à nos besoins.

DB : Oui, si cela peut permettre de mieux comprendre nos problématiques de formations par exemple. Si l'objectif est de montrer la réalité des dosimétristes français aujourd'hui à l'aide de chiffres alors oui j'y suis favorable. A partir des nombreux profils professionnels existants aujourd'hui, bâtissons autour de ça pour le futur !

EF : Cela permettra de supporter nos propos ! D'autant plus que nous ne sommes pas très nombreux.

FR : Encore une fois, les chiffres de l'INCA donnent 450 en 2021. Le métier de Dosimétristes est inconnu au niveau national et nous sommes associés à la SFPM parce que nous travaillons avec les physiciens. Et donc le dosimétriste vient finalement bien après tout le monde. Est-ce que cela te convient Eve ? Puisque tu as été la principale investigatrice de cette enquête.

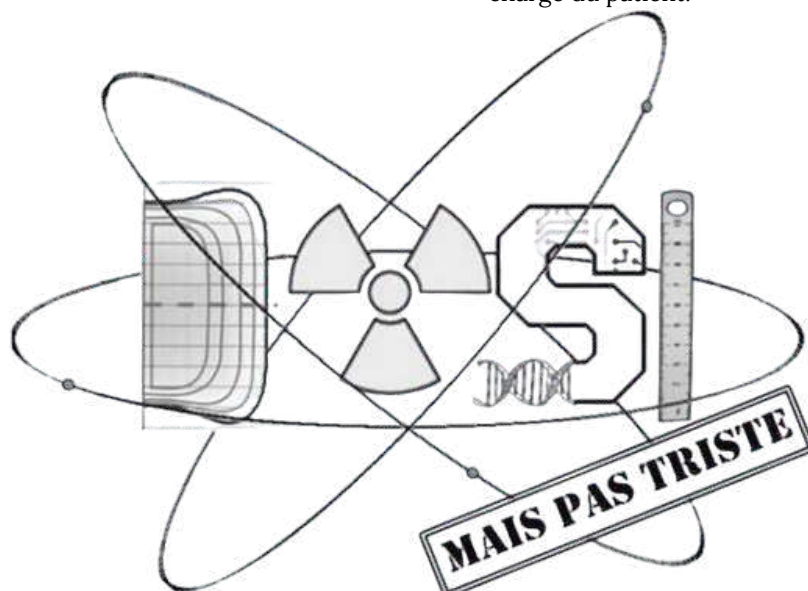
EF : Oui il n'y a aucun problème à réutiliser ces données pour diffusion !

AHH : Une dernière question. Comment appréhendez-vous l'arrivée de toutes ces nouvelles technologies telles que l'IA pour contourner, réaliser la planification ou autres ?

PC : On le vit très bien ! J'ai commencé mon métier il y a plus de 20 ans et je dessinais des caches sur des clichés radio en dosimétrie et je les utilisais après pour l'irradiation. Aujourd'hui j'utilise en routine clinique des scripts Python pour améliorer le « workflow ». C'est un exemple de l'évolution du métier de dosimétriste et je trouve ça vraiment intéressant. Cela nous permet de nous alléger en tâches redondantes et fastidieuses. Ces nouvelles technologies permettent de nous libérer du temps afin de pouvoir s'investir sur des projets de développement ou de formation d'étudiants. On peut également proposer aux radiothérapeutes des plans complexes et plus précis.

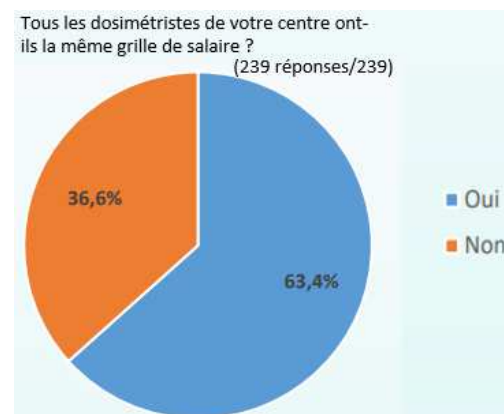
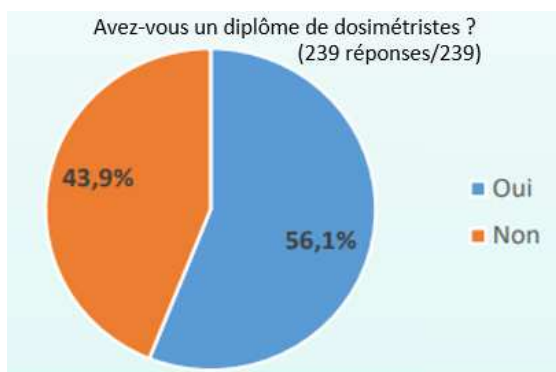
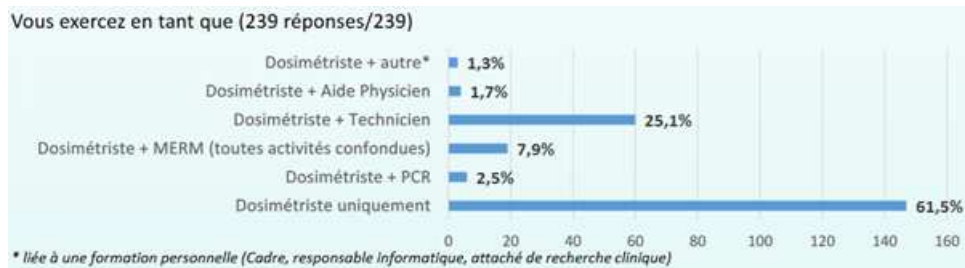
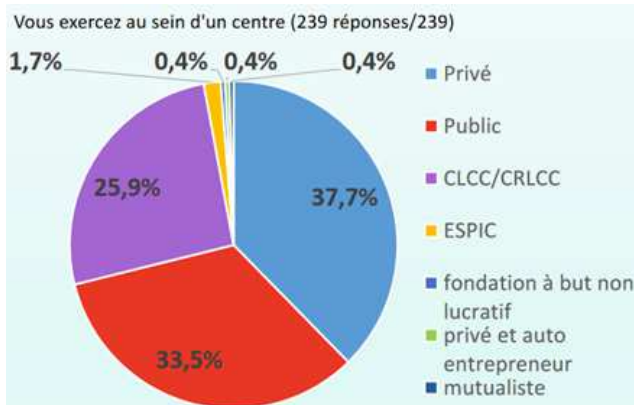
FR : C'est exactement comme pour les autres corps de métier. Les évolutions technologiques entraînent forcément des évolutions dans le métier en lui-même. Cela ne veut pas dire la fin du métier mais plutôt une transformation vers d'autres choses !

DB : Oui ce sont des outils qui nous enlèvent un certain nombre de tâches rébarbatives et qui nous permettent de mettre à disposition nos compétences pour d'autres projets qui améliorent la prise en charge du patient.



01. Un aperçu de l'enquête réalisée auprès des dosimétristes de France du 11 Avril au 31 Mai 2023 par Eve Faucheux et Nathalie Hervé.

Eve (à gauche) et Nathalie (à droite) : "Ce questionnaire, destiné uniquement aux dosimétristes, a pour vocation d'établir une vue globale de leur statut en France en 2023. L'objectif premier est de fédérer les professionnels dans leur diversité. Notre espoir est de pouvoir relancer / redynamiser les démarches qui existaient avant le covid et de faire reconnaître notre métier. Le but final est de trouver un consensus sur le statut de la profession avec les différents acteurs des services de Radiothérapie"



02. Résumé du projet EFIT-DORSI

Paul Rétif, Centre Hospitalier Régional Metz -Thionville



Introduction et Contexte

Le projet **EFIT-DORSI** (Étude de Faisabilité de l'utilisation multicentrique de l'imagerie en Tenseurs de Diffusion pour l'identification de nouveaux Organes à Risque en Radiothérapie Stéréotaxique Intracrânienne) vise à intégrer l'imagerie avancée par résonance magnétique (IRM), spécifiquement l'imagerie par tenseurs de diffusion (DTI), dans la prise en charge des patients en radiothérapie stéréotaxique intracrânienne. La DTI permet de réaliser une cartographie des fibres de matière blanche, identifiant des structures cérébrales critiques invisibles sur des examens d'imagerie conventionnelle. L'objectif est d'optimiser la dose délivrée à ces faisceaux afin de préserver des fonctions neurocognitives essentielles et améliorer les résultats de qualité de vie des patients.

Objectifs du Projet

Le projet se concentre sur deux aspects principaux :

- 1. Validation technique** : Tester la compatibilité des équipements IRM et des protocoles d'acquisition entre deux centres médicaux partenaires, le CHR Metz-Thionville (France) et les Cliniques Universitaires de la Sarre (Allemagne).
- 2. Étude clinique préliminaire** : Réaliser des planifications dosimétriques comparative sur des volontaires sains afin de préparer un essai clinique à plus grande échelle.

Innovations et Contexte Scientifique

La DTI est déjà utilisée en neurochirurgie mais reste peu exploitée en radiothérapie. Avec l'essor de la radiothérapie stéréotaxique intracrânienne, délivrant de fortes doses en peu de séances, l'intérêt pour cette technique s'accroît. Cependant, la variabilité des images DTI et le manque de données cliniques robustes freinent son intégration en routine. Ce projet vise à combler ces lacunes, notamment en utilisant des objets tests dédiés et des volontaires sains pour garantir la reproductibilité des mesures entre centres.

Perspectives

Cette étude préliminaire jettera les bases pour une validation clinique plus large. Les résultats pourraient transformer la prise en charge des métastases cérébrales, en établissant la DTI comme un standard de planification en radiothérapie stéréotaxique. À terme, ce projet pourrait redéfinir les pratiques cliniques en optimisant la préservation des fonctions cérébrales critiques tout en maintenant un contrôle efficace des tumeurs.

Ce projet **EFIT-DORSI** s'inscrit dans une dynamique de recherche clinique et de collaboration transfrontalière plus globale visant à améliorer les pratiques en radiothérapie stéréotaxique intracrânienne. L'étude préliminaire proposée sera soutenue par deux initiatives stratégiques supplémentaires :

Méthodologie

L'étude qui est en cours inclue :

- Une uniformisation des séquences d'acquisition sur les équipements des deux sites à savoir :
 - o IRM Siemens SOLA 1.5T au CHR Metz-Thionville
 - o IRM Siemens SKYRA 3T aux Cliniques Universitaires de la Sarre
- Une validation des coefficients de diffusion et de la précision des reconstructions DTI à l'aide d'objets tests (phantoms) accrédités.
- Une acquisition d'images sur 4 volontaires sains pour comparer les cartes de diffusion, la position des fibres de matière blanche et leur exploitation en planification dosimétrique.
- Une analyse de la stabilité des données dans le temps (durée 1 an et demi).
- Les équipements des deux centres, incluant des IRM équipés de licences DTI et des logiciels spécialisés (Brainlab Elements), permettent une interopérabilité initiale, facilitant la réalisation de cette étude pilote.

Implications Cliniques et Scientifiques

Les résultats espérés incluent :

1. Une validation technique démontrant la compatibilité des systèmes IRM et la reproductibilité des résultats entre centres.
2. Une base pour concevoir un essai clinique multicentrique. L'objectif serait de déterminer si l'intégration de la DTI permet de préserver des fonctions motrices, visuelles et langagières chez les patients traités pour des métastases cérébrales.

Les bénéfices escomptés pour la suite du projet comprennent une réduction des déficits neurocognitifs et une amélioration de la qualité de vie des patients bénéficiant d'une technique d'épargne des fibres de matière blanche.

1. **Une lettre d'intention pour un PHRCi** a été déposée dans le cadre du Programme Hospitalier de Recherche Clinique Interrégional (PHRCi) pour lancer un essai clinique multicentrique intitulé **PROTECT-DTI**. Cet essai a pour objectif de démontrer les bénéfices cliniques de l'intégration de la tractographie IRM par DTI dans la planification de la radiothérapie stéréotaxique. L'étude compare l'efficacité et les impacts sur la qualité de vie des patients entre une radiothérapie optimisée grâce à la tractographie DTI et une approche conventionnelle. L'originalité étant que l'investigateur scientifique est un physicien médical.

2. **Une proposition de projet INTERREG sur fonds FEDER** sera soumise fin décembre 2024 pour obtenir des fonds européens afin de structurer la collaboration entre les partenaires de la région, le CHR Metz-Thionville, les Cliniques Universitaires de la Sarre, l'ICL de Nancy, le Centre François Baclesse au Luxembourg et le CHRU de Nancy – partenaire méthodologique pour son expertise en neurologie au sens large. Ce financement permettra de standardiser les procédures d'imagerie, d'optimiser les échanges techniques et scientifiques, et d'assurer la continuité du projet EFIT-DORSI dans un cadre harmonisé.

En soutenant l'étude pilote, le projet INTERREG posera les bases d'un essai clinique à grande échelle et renforcera l'infrastructure de recherche transfrontalière.

Ces deux démarches confirment l'importance stratégique et le caractère innovant apportés par les physiciens médicaux, puisque ce sont eux qui sont à l'origine de ces projets.



L'équipe de physique médicale du CHR Metz-Thionville

Nous sommes une équipe de physique qu'on pourrait qualifier de moyenne avec 7 physiciens médicaux, 4 dosimétristes, 2 techniciens de mesure physique. Notre particularité est que nous intervenons dans tous les services émetteurs de rayons ionisants de l'hôpital. Radiothérapie bien sûr, 2 services de médecine nucléaire, 3 services d'imagerie médicale, 3 blocs opératoires, 2 plateaux de coronarographie, 2 services d'odontologie... Et certains physiciens apportent un soutien méthodologique à la Cellule de Radioprotection du CHR de façon régulière.

Cette pluralité d'activités constitue à nos yeux une véritable force et nous permet d'être à l'initiative de synergies en tirant parti des points forts de chaque domaine : accès facilité à l'imagerie pour les besoins de la radiothérapie, culture de la qualité en radiothérapie appliquée aux plateaux de coronarographie, etc... De plus, cette diversité nous offre une meilleure connaissance des différents interlocuteurs au sein de l'hôpital, renforçant ainsi notre efficacité et notre intégration. Il nous paraît évident que cette approche pluridisciplinaire représente l'avenir de notre profession, qui ne doit pas se cloisonner car toutes ces thématiques, bien que présentant des différences évidentes, sont en fait intimement liées. Nous sommes également affiliés à l'Université de Lorraine grâce au statut de chercheur associé de Paul Retif au Centre de Recherche en Automatique de Nancy (UMR CNRS 7039), notamment au sein de l'équipe BioSIS « Biologie, Signaux et Systèmes en Cancérologie et Neurosciences ». C'est dans ce cadre que l'équipe de physique va bientôt accueillir Motchy SALEH (promo DQPRM 2023-2025), pour effectuer une thèse financée par la Ligue Contre le Cancer afin de travailler sur l'« Utilisation de l'apprentissage profond bayésien pour le suivi en temps réel des lésions pulmonaires à partir d'imagerie radiologique mono et stéréoscopique durant les traitements de radiothérapie ».

03. Harmonisation en neuroimagerie d'un TEP/TDM analogique et d'un TEP/IRM numérique à l'aide d'un fantôme Hoffman

Hugo Boniface (a), Jacques-Antoine Maisonobe (b), Maxime Locatelli (b), Marie Chupin (a), Marie-Odile Habert (b), Marine Soret (b)

(a) CATI, US52-UAR2031, CEA, ICM, Sorbonne Université, CNRS, INSERM, APHP, France

(b) Service de Médecine Nucléaire, GH Pitié-Salpêtrière/Paris/France

Introduction

La qualité des images de Tomographie par Émission de Positons (TEP) dépend de différents facteurs liés au patient (pathologie, mouvement durant l'acquisition, facteurs génétiques, ...), à sa préparation (radiotracer utilisé, dose injectée, délai entre l'injection et l'acquisition, ...) mais également à des paramètres liés à la machine (technologie de détection, paramètres de reconstruction, corrections, longueur du champ de vue axial). Ces trois ensembles de facteurs ont pour effet d'introduire une variabilité dans les images. Dans le cadre d'études longitudinales ou multicentriques, des acquisitions sur différentes machines peuvent avoir lieu. Il est alors critique de diminuer la variabilité liée à la préparation du sujet et au tomographe pour ne conserver que la variabilité liée au sujet imagé.

Pour diminuer la variabilité liée à la préparation du sujet, les paramètres, tel que le traceur utilisé, l'activité injectée ou le temps de captation, peuvent être standardisés entre les différentes acquisitions ou centres.

Pour diminuer la variabilité liée au TEP, il est nécessaire d'effectuer une étape d'harmonisation. Le but de ce travail est de proposer une méthodologie d'harmonisation a priori des reconstructions TEP, en neurologie, à partir de l'acquisition d'un objet test, ou fantôme. Cette méthode sera appliquée à l'harmonisation entre deux tomographes présentant des performances très différentes : un TEP/TDM analogique et un TEP/IRM numérique.



Figure 1 : Fantôme Hoffman 3D

Matériel et méthode

Le fantôme Hoffman 3D [1] est un fantôme anthropomorphique, composé de compartiments représentant la substance grise (SG) et la substance blanche (SB) d'un cerveau. L'objet test est composé de 19 tranches en plexiglass de 6,7 mm d'épaisseur délimitant le compartiment, glissées dans un cylindre de diamètre 20 cm (Figure 1). Le rapport des concentrations radioactives SG/SB pour ce fantôme est fixe et égal à 4 et correspond au rapport observé chez des sujets sains injectés au 18FDG. Ce fantôme a été acquis et reconstruit en 2013 sur un TEP/TDM Gemini GXL (Philips). Une solution de 39,5 MBq de 18FDG a été utilisée pour cette acquisition. Ces données ont été reconstruites avec l'algorithme OSEM avec correction de l'atténuation, sans correction du temps de vol ni correction de la résolution spatiale. Cette reconstruction est considérée comme notre reconstruction de référence. La machine a été remplacée en 2018, ne permettant pas de nouvelles acquisitions, et les données brutes n'étant plus disponibles il n'est pas possible de faire de nouvelles reconstructions.

En 2022, nous avons utilisé un TEP/IRM Signa PET/MR (GE) pour acquérir le même fantôme Hoffman 3D. Une solution de 20,2 MBq de 18FDG a été utilisée pour cette acquisition. Les données brutes ont été conservées pour tester divers paramètres de reconstruction. Les données ont été reconstruites en utilisant l'algorithme OSEM avec toutes les corrections sauf celles du temps de vol et de la résolution spatiale, en faisant varier le nombre d'itérations, de sous-ensembles et la taille du post-filtrage transaxial. L'image TDM du fantôme a été utilisée pour la correction d'atténuation en TEP/IRM. Au total plus de 50 reconstructions ont été réalisées.

Pour analyser quantitativement les différentes reconstructions, des régions d'intérêt (ROI) des compartiments représentant la SB et la SG sont nécessaires. Un fantôme numérique du fantôme Hoffman 3D [2] a été utilisé pour créer ces ROI. Elles ont ensuite subi une érosion de 3mm isotrope, puis recalées dans l'espace de chaque acquisition. Nous avons mesuré l'activité moyenne et l'écart-type dans ces ROI pour notre reconstruction de référence et pour l'ensemble des reconstructions en TEP/IRM.

Le rapport SG/SB et le rapport contraste sur bruit (RCB) entre SG et SB ont été calculés à partir des mesures dans les ROI. La résolution spatiale (RS) a également été estimée. Pour faire cette estimation, un fantôme numérique a été lissé avec une grande gamme de largeurs à mi-hauteur de filtre gaussien 3D (FWHM) anisotrope.

La taille du filtre est la même selon l'axe sagittal et coronal (FWHM_{xy}), mais différente selon l'axe transversal (FWHM_z). Ces images lissées sont comparées à la reconstruction TEP à évaluer. La RS correspond à la moyenne quadratique entre la FWHM_{xy} et la FWHM_z du filtre gaussien 3D anisotrope qui permet de maximiser la corrélation entre la reconstruction TEP et le fantôme numérique lissé. La RS a été estimée pour l'ensemble des reconstructions.

Pour chaque reconstruction TEP/IRM, la déviation par rapport à la reconstruction de référence a été calculée à l'aide des trois métriques (SG/SB, RCB et RS) avec l'erreur quadratique moyenne de prédiction normalisée (normalised Mean Squared Prediction Error, nMSPE). Les paramètres de reconstruction permettant de minimiser la nMSPE définissent le jeu de paramètres à appliquer pour harmoniser des sujets acquis en TEP/IRM avec ceux de la TEP/TDM de référence.

La méthodologie d'harmonisation a posteriori des reconstructions à l'aide du fantôme Hoffman 3D présentée dans (Shekari et al. 2023) [3], qui fait référence dans le domaine, a également été appliquée à partir des mêmes données d'acquisition et de reconstruction du fantôme Hoffman 3D. L'harmonisation a posteriori est réalisée en filtrant l'image reconstruite la mieux résolue (TEP/IRM) par une fonction gaussienne 3D isotrope pour minimiser la différence avec la reconstruction de référence (TEP/TDM).

Résultats

Pour la reconstruction TEP/TDM de référence, nous avons obtenu un rapport SG/SB de 2,6, un RCB de 7,8 et une RS de 6,2 mm. Pour les reconstructions TEP/IRM, selon les paramètres de reconstruction utilisés, le rapport SG/SB était compris entre 1,9 et 2,7, le RCB entre 5,1 et 8,5, et la RS entre 5,2 et 7,9 mm (cf. Figure 2). Pour ces trois mesures, nous avons observé une stabilité des valeurs en fonction du produit entre nombre d'itérations et nombre de sous-ensembles à partir d'une valeur de 300 quel que soit le post-filtrage. Les valeurs obtenues avec les reconstructions TEP/IRM sont proches des valeurs obtenues avec notre reconstruction de référence.

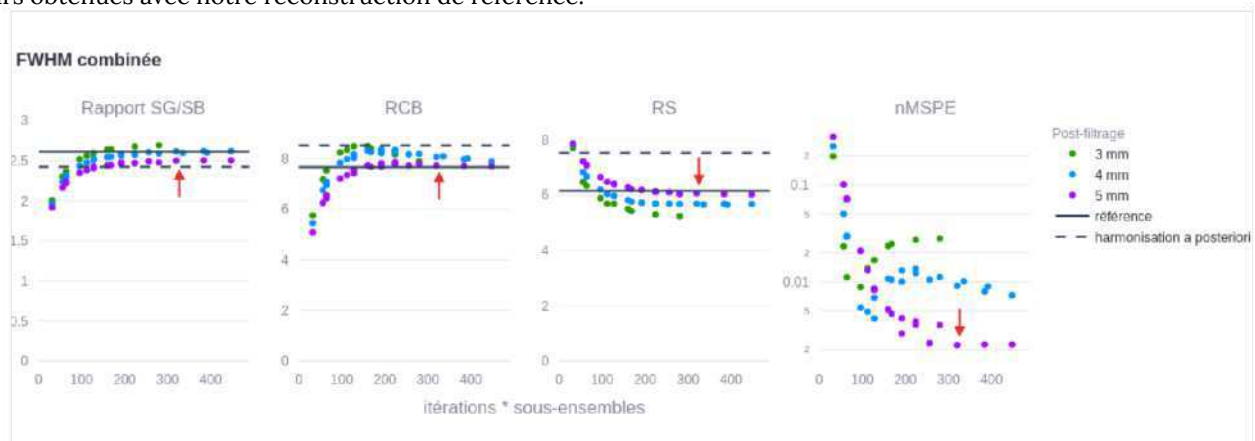


Figure 2 : Valeurs de rapport SG/SB (A), rapport contraste sur bruit (B), résolution spatiale (C) et nMSPE (D) pour l'ensemble des reconstructions en TEP/IRM en fonction du produit nombre d'itérations * sous-ensembles. La flèche rouge indique la reconstruction TEP/IRM avec une nMSPE minimale.

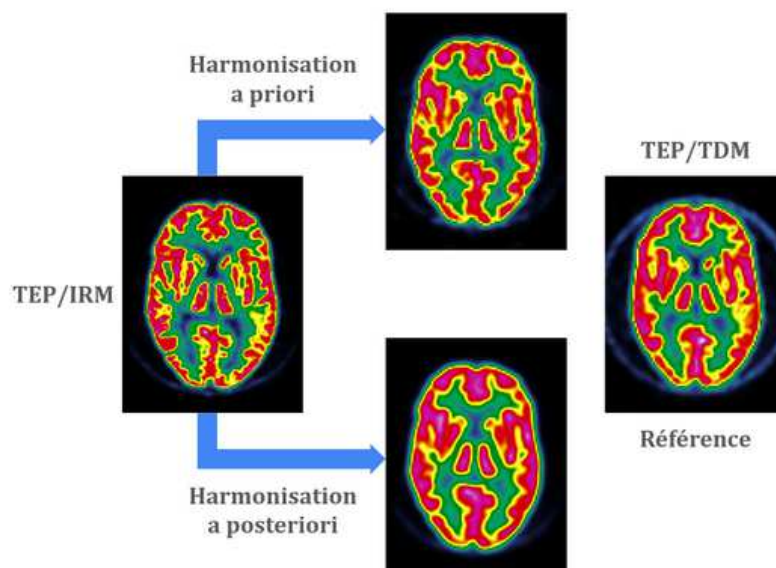


Figure 3 : Reconnstructions TEP du fantôme Hoffman 3D. L'image tout à gauche correspond à la reconstruction de routine en TEP/IRM. Les images au milieu sont les reconstructions après harmonisation. L'image de droite correspond à la reconstruction de référence en TEP/TDM.

Pour chaque reconstruction TEP/IRM la valeur de nMSPE est calculée par rapport aux valeurs obtenues avec la reconstruction de référence. Les valeurs de nMSPE sont présentées dans la Figure 2. La reconstruction TEP/IRM minimisant la valeur de nMSPE est celle avec 10 itérations, 32 sous-ensembles et un post-filtrage de 5 mm, donnant un rapport SG/SB de 2,5, un RCB de 7,7 et une RS de 6,1 mm.

La reconstruction harmonisée avec la méthode a posteriori donne un rapport SG/SB de 2,4, un RCB de 8,5 et une RS de 7,5 mm. Nous observons que le contraste SG/SB est similaire avec notre méthode d'harmonisation par rapport à l'harmonisation a posteriori. La RS et le RCB obtenus avec notre méthode sont plus proches de la référence que celle de la méthode harmonisée a posteriori. Nous pouvons observer sur la Figure 3 une coupe de la reconstruction de référence, de la reconstruction avec des paramètres de reconstruction de routine en TEP/IRM et des reconstructions harmonisées selon les 2 méthodes. Nous observons également visuellement que la qualité de la reconstruction harmonisée avec notre méthode est plus proche de notre reconstruction de référence que celle de la reconstruction harmonisée a posteriori.

Conclusion

Notre méthodologie a permis une estimation quantitative de la différence entre les reconstructions en TEP/IRM et notre reconstruction de référence en TEP/TDM du fantôme Hoffman 3D. À l'aide de la mesure de la nMSPE nous avons pu sélectionner la reconstruction en TEP/IRM la plus proche de notre reconstruction de référence. Les paramètres de cette reconstruction ont été sélectionnés comme les paramètres permettant l'harmonisation entre la reconstruction de référence en TEP/TDM analogique et les reconstructions sur TEP/IRM numérique.

Notre méthodologie a permis la sélection d'une image qui visuellement et quantitativement est plus proche de notre reconstruction de référence que l'image obtenue avec la méthodologie d'harmonisation a posteriori. Des analyses quantitatives sur fantôme mais également sur des données de sujets acquis sur les deux machines sont en cours pour évaluer les performances de notre méthode d'harmonisation cette harmonisation.

Références

1. Hoffman EJ, Cutler PD, Digby WM, Mazziotta JC. 3-D phantom to simulate cerebral blood flow and metabolic images for PET. IEEE Trans Nucl Sci. 1990;37(2):616-620. doi:10.1109/23.106686
2. Harrison RL, Elston BF, Byrd DW, Alessio AM, Swanson KR, Kinahan PE. Technical Note: A digital reference object representing Hoffman's 3D brain phantom for PET scanner simulations. Med Phys. 2020;47(3):1174-1180. doi:10.1002/mp.14012
3. Shekari M, Verwer EE, Yaqub M, et al. Harmonization of brain PET images in multi-center PET studies using Hoffman phantom scan. EJNMMI Phys. 2023;10(1):68. doi:10.1186/s40658-023-00588-x



Hugo Boniface

Au cours de mon cursus au sein de l'EPISEN, je me suis beaucoup intéressé à la programmation informatique ainsi qu'à l'imagerie médicale. Grâce à mon stage de fin d'année en traitement de signal EEG, je me suis intéressé à la recherche en neurologie, mais je voulais revenir sur du traitement d'image. J'ai eu la chance de pouvoir intégrer le Centre pour l'Acquisition et le Traitement des Images (CATI). Le CATI répond à des besoins de mise en place de protocole, d'harmonisation entre machines, mais également de contrôle qualité des données pour des projets de recherche multicentriques et longitudinaux en neuroimagerie. J'ai alors fait mes armes en traitement d'image en médecine nucléaire dans le cadre de projets multicentriques variés (TEP FDG, DatScan, TEP Amyloïde, ...) en neuroimagerie.

Après plusieurs années en tant que développeur, j'ai également voulu tenter l'expérience de la recherche à proprement parler en me lançant dans un projet de thèse, toujours en médecine nucléaire, sur l'harmonisation entre machines TEP/IRM numérique et TEP/TDM analogique. Le CATI m'a permis de garder une activité de développeur au sein de la plateforme et m'a accordé du temps pour pouvoir avancer sur mon projet de thèse, en collaboration étroite avec le service de médecine nucléaire de la Pitié Salpêtrière à Paris. Mon sujet m'a poussé à me pencher encore plus sur la physique et sur le fonctionnement des tomographes TEP. J'ai également participé aux journées scientifiques de la SFPM 2024 à Dijon, premier congrès scientifique pour moi, avec des présentations aussi variées que riches. J'ai pu y présenter les résultats actuels de mon projet, que j'ai également eu la chance de pouvoir vous présenter via cet article.

04. IA & PM : Glossaire avant de commencer...

Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA), est un domaine de l'informatique qui vise à créer des machines capables de simuler l'intelligence humaine. En d'autres termes, c'est comme donner à un ordinateur la capacité de :

* **Apprendre** : à partir de données, comme un enfant apprend de ses expériences.

* **Raisonner** : en résolvant des problèmes et en prenant des décisions.

* **Comprendre** : le langage, les images et d'autres informations complexes.

Quelques exemples d'IA dans notre quotidien :

* Les assistants vocaux comme Siri ou Alexa.

* Les recommandations sur Netflix ou Amazon.

* Les voitures autonomes qui conduisent sans chauffeur.

Machine learning

L'apprentissage automatique (ou machine learning en anglais) est un sous-domaine de l'intelligence artificielle qui permet aux machines d'apprendre à partir de données, sans être explicitement programmées pour chaque tâche. On peut donc parler d'apprentissage supervisé ou non-supervisé.

Le fonctionnement du machine learning suit plusieurs processus bien précis :

* **Les données** : L'ordinateur reçoit un grand volume de données (images, textes, chiffres...)

* **L'apprentissage** : Il identifie des modèles et des relations au sein de ces données qui sont liées ensuite à la sortie du modèle que l'on souhaite prédire.

* **Les prédictions** : Grâce à ce qu'il a appris, il peut faire des prédictions sur de nouvelles données.

Exemple : Un système de reconnaissance faciale apprend à reconnaître les visages en analysant des milliers de photos. Il peut ensuite identifier une personne dans une nouvelle image.

Quelques applications :

* Les recommandations pour suggérer des produits ou des films.

* La détection de fraudes en analysant les transactions bancaires.



Biais en IA

Les modèles d'IA prédisent des résultats en fonction des données qu'ils ont eues. Il est donc primordial de bien réfléchir en amont aux données que l'on rentrera dans les modèles d'IA. Attention donc à ne pas sélectionner des données de patients qui ne sont pas de la « vie réelle » mais une sous-catégorie de patient car le modèle ne sera pas capable de généraliser à des données de routine.

Deep Learning

Le deep learning, ou apprentissage profond en français, est un sous-domaine du machine learning qui s'inspire du fonctionnement du cerveau humain. Il utilise des réseaux de neurones artificiels, composés de plusieurs couches, pour apprendre à partir de grandes quantités de données.

Pourquoi "profond" ?

* Les réseaux de neurones : Ces réseaux sont constitués de nombreuses couches de neurones artificiels, ce qui leur permet d'analyser des informations très complexes.

* La profondeur de l'apprentissage : Plus il y a de couches, plus le réseau peut apprendre des représentations abstraites des données, lui permettant de résoudre des problèmes de plus en plus complexes.

À quoi ça sert ?

* La reconnaissance d'images : Identifier des lésions tumorales dans une image.

* Le traitement du langage naturel : Traduire des langues, répondre à des questions (ChatGPT, Mistral...)

* La génération de contenu : Créer des images, des textes, de la musique.

Le deep learning de par sa complexité demande des puissances de calcul nettement plus importante que les méthodologies précédentes et ne peut se faire sur un ordinateur standard.

04. IA & PM : Recherche et implémentation clinique

Un entretien croisé entre Laetitia Lechippey (LL) et Aurélien Corroyer-Dulmont (ACD) physicienne médicale et chercheur-ingénieur en physique médicale et IA au Centre François Baclesse à Caen et Gilles Moliner (GM) physicien médical au CHU de Nîmes sur l'implémentation en clinique des solutions basées sur l'intelligence artificielle (IA). Conduit par Ahmed Hadj Henni (AHH).

AHH : Bonjour à tous les trois. Pourriez-vous tout d'abord vous présenter à nos lecteurs ?

LL : Laetitia Lechippey, physicienne médicale en radiothérapie au Centre François Baclesse à Caen depuis maintenant 7 ans. Je suis également depuis 2 ans chef-adjointe du service de radiophysique. Doté d'un plateau technique particulièrement complet et moderne, le centre est équipé de deux Halcyons installés en 2022 et 2023, de deux RapidArc (RA) de Varian, une Tomothérapie et un Cyberknife. Nous avons une partie curiethérapie et nous disposons également de la protonthérapie. En radiothérapie photons nous traitons environ 3500 patients. Notre équipe est composée de 14 physiciens dont 4 en protonthérapie et 1 en imagerie, 10 dosimétristes dont 1 en protonthérapie et 3 techniciens.

ACD : Aurélien Corroyer-Dulmont. Pour la partie clinique, je suis référent physique médicale en radiologie. Je suis arrivé à Baclesse en 2019, avant j'ai été 8 ans au CNRS en recherche dans le domaine de l'imagerie et de la radiothérapie. Avec cette expérience dans la recherche et mon HDR que j'ai passée l'année dernière je suis devenu responsable scientifique du service de physique médicale. J'ai donc une activité de recherche assez importante notamment avec de l'encadrement d'étudiants en thèse. Je garde toujours un pied en clinique. Depuis maintenant 2 ans je suis responsable du pôle intelligence artificielle au centre. Mon rôle est de fédérer tous les acteurs et définir les règles stratégiques globales de l'établissement autour de l'IA.

AHH : Comment ce pôle est-il constitué?

ACD : Le pôle est tout d'abord ouvert à toutes les personnes intéressées de près ou de loin à l'IA et on peut donc avoir beaucoup de monde, des médecins, des chercheurs, des ingénieurs etc... Mais nous avons un COPIL IA (comité de pilotage) plus restreint et plus opérationnel qui discute des orientations stratégiques. On y aborde également de questions plus pratiques comme par exemple : est-ce qu'on achète des stations de calcul ou on réalise nos calculs sur serveurs externes qu'on loue ?



Aurélien Corroyer-Dulmont (ACD)

"Si la surcouche IA peut être parfois dispensable, elle a démontré son efficacité et son utilité dans beaucoup de domaines, en matière de méthodes analytiques"

Le dernier exemple a été de créer un intégrateur IA. C'est-à-dire de créer une plateforme web en interne pour que nos professionnels de santé puissent utiliser les solutions IA que nous développons en local. Ce qui peut permettre de mieux encadrer les projets d'un point de vue réglementaire, scientifique ou médical. C'est pour cela que le COPIL compte parmi ses membres, le directeur général, le directeur adjoint de l'établissement, le DPO (Délégué à la protection des données), et le RSSI (Responsable Sécurité des Systèmes d'information) etc....

GM : Gilles Moliner, je suis physicien médical dans le service de radiothérapie du CHU de Nîmes depuis 8 ans. Nous avons 3 machines, 2 Halcyon et un Truebeam Edge. On est en tout 5 physiciens et 2 dosimétristes pour 1200 patients par an.

LL : Notre travail en lien avec l'IA a commencé avec nos 2 RapidArc et les CQ patients que nous réalisons avec le fantôme Delta4 de Scandidos. Au départ, l'objectif était de réaliser tous les CQ quelque soit la localisation mais on avait du mal à les réaliser avant le J1 soit par manque de temps machine ou de personnel. En plus, c'est une procédure qui peut être assez lourde. On a alors décidé de regarder nos résultats de gamma index et s'il y avait une corrélation avec certains indices de complexité. Nous avons accueilli Noémie Moreau en tant que stagiaire de M2 pour travailler sur ce sujet. On a alors investigué des modèles d'IA prédictifs des CQ qui nous éviteraient de tirer ces CQ à la machine.

AHH : Qu'est-ce qui vous a amené à penser à l'IA plutôt qu'à d'autres outils comme les MSP (Maîtrise Statistique des Procédés) par exemple pour alléger vos CQ. Ou passer à un autre système de détection comme le portail plus léger à mettre en œuvre ?

LL : L'utilisation du PDIP dans notre service est compliquée d'un point de vue du workflow. Cela demande beaucoup d'échanges DICOM entre l'appareil, nos différents TPS utilisés Raysearch et Eclipse VARIAN et les différents R&V Mosaik ELEKTA et Aria VARIAN. Nous avons Eclipse, Raystation, Reasearch et du Mosaïque. Et donc pour réaliser les images, les récupérer ou les analyser on a un workflow compliqué. En plus certains de nos physiciens semblaient réticents à utiliser l'imageur portail sur les Clinac iX. En revanche l'EPID est utilisé sur les Halcyons pour les CQ patients.

04. IA & PM : Recherche et implémentation clinique

ACD : C'était pour des considérations d'organisation du service mais aussi par curiosité scientifique. C'était à un moment où l'on s'intéressait à cette thématique. J'avais aussi fait à titre personnel une formation d'ingénieur en machine learning et je pouvais mettre à disposition les compétences nécessaires pour aller dans cette direction. Nous travaillions en plus avec l'équipe CNRS du groupe GREYC (Groupe de Recherche en Informatique, Image et Instrumentation de Caen) qui sont des experts dans le domaine.

LL : D'ailleurs pour le moment la solution d'IA qu'on a développé est un projet de recherche et n'est pas encore implémentée en clinique.

ACD : En terme de temps pour développer le projet il a fallu compter les 6 mois de stage de M2, puis on a ensuite publié un article assez rapidement (Moreau N., Bonnor L., Jaudet C., Lechippey L., Falzone N., Batalla A., Bertaut C., Corroyer-Dulmont A. Deep Hybrid Learning Prediction of Patient-Specific Quality Assurance in Radiotherapy : Implementation in Clinical Routine. *Diagnostics*. 2023; 13(5):943. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13050943>) Dû à un blocage organisationnel au sein du service mais aussi pour convaincre tout le monde l'implémentation clinique a été retardée. Cela pose la question de l'acceptabilité dans les services de ce genre de chose et l'inertie qu'il peut y avoir au sein des équipes. Il n'y a pas eu plus de développement derrière. Ensuite nous avons écrit un deuxième article où on avait appliqué la méthodologie au cas de l'Halcyon et de l'IMRT sein (Boutry C, Moreau NN, Jaudet C, Lechippey L, Corroyer-Dulmont A. Machine learning and deep learning prediction of patient specific quality assurance in breast IMRT radiotherapy plans using Halcyon specific complexity indices.



Laetitia Lechippey (LL)

"Avant de se lancer vers un tout IA il faut que les médecins mènent une réflexion globale sur ce sujet et l'utilité de tout ça."

Radiother Oncol. 2024;200:110483. doi:10.1016/j.radonc.2024.110483).

Cela nous a pris un peu près 3 mois supplémentaires.

AHH : **Vous pensez le mettre bientôt en routine clinique?**

LL : Etant donné les beaux résultats de ce projet de recherche, cela nous a donné envie de l'utiliser en routine. Mais avant cela, il y a un gros travail de robustesse à donner au modèle et de développement de contrôles qualités pour suivre cette robustesse. Tout est réalisé en doublon aujourd'hui : les CQ patients et la prédiction par IA. Par exemple certains mauvais résultats donnés par le Delta4 ont fait que le modèle ne correspondait plus aux résultats attendus. Cela venait également du fait qu'on avait fait une mise à jour d'Eclipse qui a changé pas mal de choses. On a eu également des problèmes d'étalonnage du Delta4. On avait donc plusieurs biais qui faussait nos résultats.

AHH : **Et toi Gilles, tu travailles sur quel sujet ?**

GM : Historiquement, je suis d'abord un utilisateur du contourage automatique en radiothérapie mais je m'intéresse également aujourd'hui aux solutions utilisant l'IA pour le recalage élastique ainsi que pour la planification. Depuis 2019 je porte le projet de contourage automatique dans mon centre pour les médecins. Mon objectif était de mettre en place un workflow utilisant la segmentation automatique qui soit transparent pour les médecins. Je me suis heurté au départ à une réticence à faire confiance à l'IA et à percevoir un intérêt en terme de gain de temps ou d'homogénéité des contours réalisés.

AHH : **Et comment tu as répondu à cette problématique ?**

GM : Le projet a commencé en 2019 en faisant dans un premier temps des tests sur des cas patients qu'on a envoyé au constructeur pour évaluer ce qui était faisable par le logiciel. Puis on a continué par une période d'essai.

J'ai alors réalisé une étude rétrospective qui a évalué pour plusieurs localisations la concordance entre les contours produits par l'IA et ceux des médecins. J'ai présenté ces résultats, basés sur des métriques objectives comme le DICE ou la distance de Hausdorff, aux médecins. Mais en réalité même avec des études comme ça on a du mal à convaincre tout le monde. L'un des arguments qui revenait en premier lieu, est qu'il est plus long de corriger un contour IA que de le faire directement par soi-même. Les médecins avaient en réalité une mauvaise expérience des anciennes solutions basées sur des atlas anatomiques. Ils avaient donc des aprioris négatifs et subjectifs! Après l'implémentation en clinique de la solution d'IA, les médecins ont pu évaluer directement et subjectivement les contours réalisés par le logiciel.

04. IA & PM : Recherche et implémentation clinique

Et là, il y a eu un vrai changement d'opinion de : « je perds du temps à corriger les contours » à « pourquoi le logiciel ne fonctionne pas ! ». Car intégrer un logiciel entre le scanner et le TPS engendre forcément de nouveaux problèmes d'interfaçages !

AHH : Comment évaluer scientifiquement ces outils qui évoluent très rapidement ? Comment, à quelle fréquence etc...?

ACD : De notre côté nous avons procédé de la manière suivante : nous prenons à un instant "t" les patients que nous avons à disposition, puis nous comparons les 2 résultats obtenus avec la méthode IA et la méthode manuelle qui est le gold standard et en utilisant des métriques bien spécifiques. Nous regardons alors s'il y a un apport significatif de l'IA comparé au gold standard.

Nous essayons souvent de publier derrière afin d'avoir une évaluation par les pairs et ne pas avoir uniquement une validation locale. Pour la fréquence de validation il y a deux points. Le premier est cette culture de la physique médicale de contrôle qualité des solutions qui va regarder un paramètre et son évolution au cours du temps. En fait les algorithmes d'IA peuvent avoir une dérive au cours du temps pour des notions de mises à jour de librairie python, de driver ou de cyber-sécurité. Sur ce dernier point on peut avoir par exemple des dérives dues à des attaques par empoisonnement des modèles d'IA. On en discute beaucoup actuellement avec notre RSSI. Lorsqu'on aura des modèles d'IA qui fonctionneront en routine clinique, par exemple la segmentation automatique de lésions ou la prédiction d'efficacité de traitement, alors ces attaques pourront être une menace. Un algorithme va alors pour des mêmes données d'entrées donner une prédiction différente de celle initiale sans qu'on s'en rende compte. Et c'est pour ça qu'il serait vraiment



Gilles Moliner (GM)

"Nous ne sommes pas formés du tout à l'IA ! Pour moi toutes ces solutions sont des boîtes noires. Mon bagage scientifique me permet surtout d'évaluer leurs intérêts cliniques."

intéressant de trouver des CQ qui suivent un paramètre au cours du temps. Mais pour le moment je ne pense pas qu'il y a beaucoup de service qui aient cette culture-là.

AHH : Très intéressant, il faudrait en quelque sorte un Top IA !

LL : Oui il faudrait reprendre les mêmes plans et les repasser à la moulinette de l'IA et vérifier que cela donne le même résultat !

ACD : L'autre point qu'on reproche aux solutions IA, est qu'elles évoluent tout le temps. Le truc c'est qu'elles changent effectivement beaucoup mais il y a maintenant un cadre légal européen sur l'IA avec notamment des marquages CE, qui vont empêcher de sortir un modèle d'IA tous les 4 matins ! Grâce à cette contrainte le nombre de mises à jour sera limité pour les constructeurs. Et à chaque mise à jour on pourra toujours effectuer nos contrôles que je mentionnais précédemment pour vérifier que l'on a les mêmes prédictions d'IA comme on peut le faire avec la dose.

LL : Oui c'est vrai ! Mais si par contre on parle de nouvelles recommandations, Record par exemple, on sera alors dans ce cas bien obligé de réalimenter notre modèle.

Au même titre qu'on doit reformer de jeunes radiothérapeutes à ces nouvelles recommandations. Le problème également est que même si un modèle d'IA est entraîné avec des données issues de recommandations nationales ou internationales, les pratiques réelles des différents médecins peuvent diverger.

AHH : Gilles tu étais en collaboration avec des constructeurs ? Qu'est-ce qu'on te demande de faire ?

GM : Oui, c'était avec la société ThéraPanacéa. Les demandes concernent essentiellement le partage de données cliniques ainsi que de partager un retour utilisateur sur les différents modules en cours de développement.

ACD : Et quels sont vos retours sur investissement en partageant vos données ?

GM : Simplement on a accès aux logiciels qu'ils développent avant leurs diffusions commerciales. Le retour est essentiellement intellectuel. On peut réaliser des études et anticiper l'intérêt ou non de ces modules. On partage sa vision de la routine clinique, échange avec le constructeur sur les fonctionnalités qui seraient intéressantes pour l'utilisateur clinique. C'est un lien qui doit être cadré mais qui je trouve est très enrichissant pour les deux côtés.

ACD : Quel que soit d'ailleurs le constructeur, ils ont un problème d'accès aux données pour leurs modèles. J'ai eu il y a quelques années l'exemple d'un constructeur qui m'a avoué avoir entraîné son modèle de contournage automatique des OAR avec 80 patients. C'est ridicule pour un modèle d'IA, d'ailleurs ça ne marchait pas très bien. On est assis en réalité sur une mine d'or de données patients que les constructeurs n'ont pas.

AHH : Est-ce qu'il n'y a pas un engouement un peu trop important sur l'IA ? On a de l'IA un peu pour tout et n'importe quoi.

04. IA & PM : Recherche et implémentation clinique

ACD : oui et non ! Bien sûr on a un grand effet marketing. On met de l'IA partout et ça fait vendre beaucoup plus facilement car on est dans l'air du temps. Lors de l'achat de notre IRM, la première chose dont nous ont parlé les constructeurs c'est de leurs outils d'IA avant même de parler de la machine ! Si la surcouche IA peut être parfois dispensable, elle a démontré son efficacité et son utilité dans beaucoup de domaines, en matière de méthodes analytiques.

AHH : **Pour revenir à la solution logicielle pour la prédiction de CQ que vous avez développée et que vous avez mise en accès-libre, est-ce l'avenir ?** (<https://aureliencd-halcyonqualitycontrolapi-ba47xul4ukaxjrwn4vxp5s.streamlit.app>)

ACD : L'informatique a toujours été historiquement très open-source et l'IA aussi. Le point bloquant c'est que des modèles d'IA créés à partir de données issues d'un centre particulier peuvent moins bien marcher pour un autre centre. La portabilité d'un modèle d'un centre à l'autre peut être limitée par cet aspect. Il faudrait faire des études multicentriques pour surmonter cet obstacle. Et il est fort possible par exemple que notre modèle mis en partage ne marche pas parfaitement pour un autre centre.

GM : Encore faut-il avoir le même détecteur pour entraîner le modèle, les mêmes paramètres etc... de mon côté j'attends plutôt un logiciel fourni clé en main par un constructeur avec des données multicentriques.

ACD : Oui il faudrait collaborer à un moment ou à un autre avec les constructeurs car de notre côté on n'a pas forcément toutes les ressources humaines ou matérielles pour finaliser un produit clé en main.

AHH : **D'ailleurs Laetitia tu as dit que vous alliez changer vos machines ? Il va alors falloir retravailler sur votre logiciel ?**

LL : Oui et on change en plus de TPS ! Il faudra probablement ré-entraîner le modèle avec les nouvelles dosimétries



même si on garde les mêmes indices de complexité. Mais tout ce travail n'a pas été inutile car cela nous a amené par exemple à créer un pôle IA dans notre centre. Cela nous a permis d'avoir une vraie réflexion sur ce sujet majeur.

AHH : **Oui tout à fait d'accord. En dehors même du sujet particulier des CQ, cela vous a sensibilisé sur cette question de l'IA en physique médicale plus que beaucoup d'autres équipes. Est-ce que vous pensez qu'on est assez formé ? Cette question est plutôt pour Laetitia et Gilles.**

GM : Nous ne sommes pas formés du tout à l'IA ! Pour moi toutes ces solutions sont des boîtes noires. Mon bagage scientifique me permet surtout d'évaluer leurs intérêts cliniques.

LL : Déjà on a une bonne base avec notre expérience clinique. Pour ma part je ne suis pas experte en IA mais je peux me reposer sur l'expertise de gens comme Aurélien. Mais je suis consciente que c'est une chance, car toute seule je n'aurais probablement pas fait cette démarche de m'intéresser à l'IA.

AHH : **Malheureusement tout le monde n'a pas un Aurélien ou un spécialiste de l'IA à sa disposition. D'ailleurs Aurélien penses-tu que les physiciens autour de toi sont assez formés ?**

ACD : Il y a différents points. Tout d'abord le bagage scientifique d'un physicien est largement suffisant pour évaluer si un outil a un apport significatif en routine clinique.

Ensuite il n'est peut-être pas nécessaire d'être tous des experts en IA, savoir par exemple coder en python un modèle d'IA. Mais il faudrait effectivement des formations de sensibilisation sur les problématiques soulevées par l'IA. Quels pourrait être les biais pour comprendre les sources d'erreurs par exemple. D'ailleurs je suis en train de monter un DU (Diplôme Universitaire) à Caen sur ce sujet mais il en existe aussi à Lille et à Nice. L'idée c'est que le format d'un DU est beaucoup plus accessible aux professionnels en exercice qu'un master classique. Ce DU sera à destination des professionnels de santé donc physiciens, médecins etc... Sinon on a aussi à Caen un master IA santé géré par le pôle informatique mais plus à destination d'étudiants en informatique. Ce DU IA Santé sera plus adapté aux professionnels de santé et permettra de les sensibiliser à l'arrivée massive de l'IA dans notre domaine.

AHH : **Quel sera selon vous l'avenir du métier de physicien médical avec l'impact de l'IA ?**

LL : On pourrait je pense mettre l'IA partout dans notre domaine. Il faudrait en réalité avoir une vraie réflexion sur ce qu'on veut et où cela sera vraiment bénéfique pour l'organisation mais surtout pour la prise en charge du patient. Si on peut réduire les délais pour les patients en diminuant le temps CQ machines. Et peut-être, pourquoi pas

04. IA & PM : Recherche et implémentation clinique

intégrer l'IA pour vérifier la dose réelle délivrée aux patients par la machine. En tout cas avant de se lancer vers un tout IA il faut que les physiciens mènent une réflexion globale sur ce sujet et l'utilité de tout ça.

ACD : Là où il y a beaucoup de processus calculatoire, l'intelligence artificielle est vraiment faite pour ça. En physique médicale l'impact sera je pense important. Par exemple le sujet de thèse de Noémie Moreau sera de prédire pour un patient atteint d'un glioblastome et à partir de l'IRM pré-traitement si la radiothérapie sera efficace ou pas. Et ça rentre pleinement dans le processus d'optimisation du traitement de radiothérapie. On a déjà des résultats qui sont très encourageants. Dans le futur on pourrait avoir une médecine beaucoup plus personnalisée. L'IA peut permettre de gérer beaucoup plus d'informations différentes et d'affiner ce qu'il faut faire pour un patient donné.

GM : L'IA va permettre de mettre un peu d'huile dans les rouages du workflow de la radiothérapie ! On aura je pense avec l'IA un workflow beaucoup plus flexible et efficient. Aujourd'hui on doit faire les choses de plus en plus rapidement et l'IA va rendre service à tous les acteurs de la préparation du traitement en radiothérapie. A mon sens, cela va permettre également de standardiser nos pratiques et notamment sur le contournage ou l'optimisation des plans de traitement. Que le patient soit soigné à Caen ou à Nîmes on aura la même qualité de prise en charge. Cela permettra in fine d'améliorer la qualité de traitement. La radiothérapie adaptative est bien ancrée aujourd'hui mais elle met ce workflow de radiothérapie sous tension et seuls quelques patients peuvent en bénéficier mais je pense que dans un avenir plus ou moins proche cela sera accessible pour un plus grand nombre.



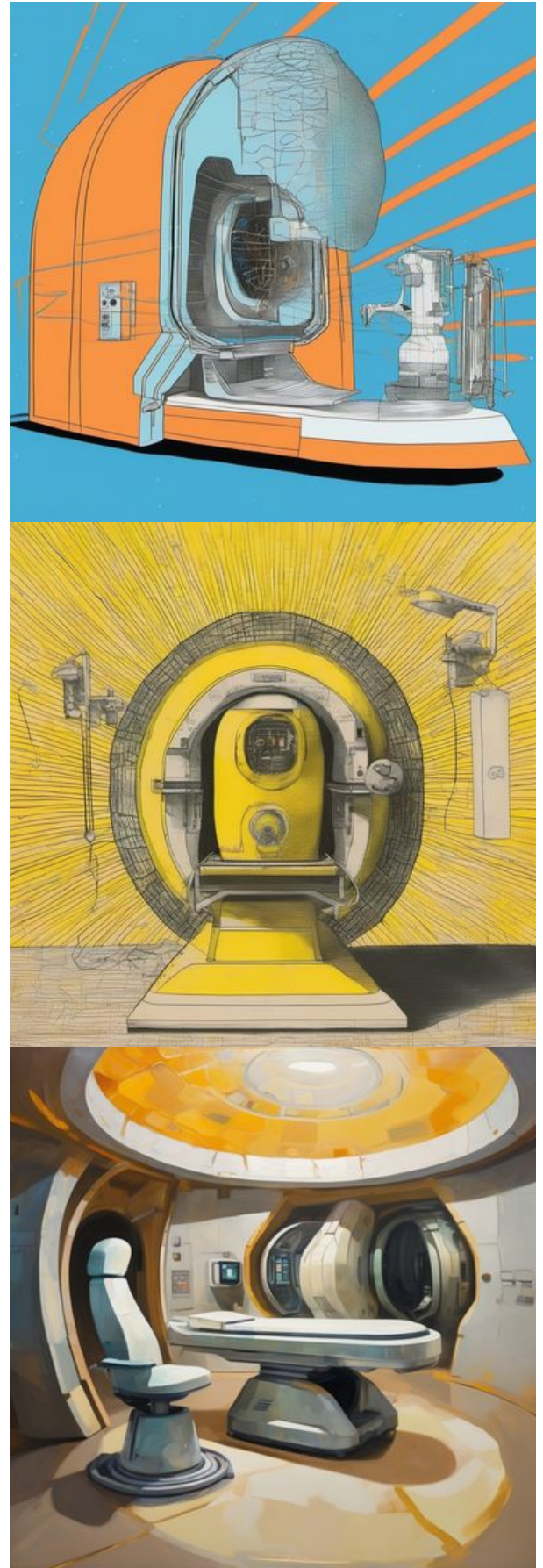
L'utilisation de l'intelligence artificielle en physique médicale est en plein essor et de nombreux physiciens médicaux se posent des questions sur son utilisation, son implémentation et un contrôle qualité garantissant des applications cliniques en toute sécurité. Le dossier de la gazette a pu mettre en avant ces sujets et les nombreuses réflexions face à cette technologie.

C'est en partant de ce constat que le CN2PM souhaite créer un groupe de travail afin de définir des recommandations nationales sur les responsabilités du physicien médical lors de l'utilisation des outils d'IA. Les besoins en formation ainsi que les besoins en ressources humaines autour de l'IA, de la mise en place à l'utilisation en routine clinique intégrant l'assurance qualité, seront parmi les axes de travail de ce groupe.

Nous reviendrons rapidement vers la communauté de physique médicale pour la constitution du groupe d'experts.

Confraternellement,

Julien Le Bourhis, Président du CN2PM



05. IA & PM : La formation des physiciens

Un entretien croisé entre Charlotte Robert (CR) maître de conférences à l'Université Paris-Saclay et Christophe Legrand (CL) physicien médical à l'Institut de Cancérologie de l'Ouest (ICO, Angers) sur la formation des physiciens médicaux à l'intelligence artificielle (IA). Conduit par Ahmed Hadj Henni (AHH).

AHH : Bonjour à tous les 2, pourriez-vous s'il vous plaît vous présenter à nos lecteurs ?

CL : Christophe Legrand. A la base, j'ai une formation d'ingénieur Polytech Paris-Saclay. Je suis physicien médical en radiothérapie depuis 2010. J'exerce actuellement à Angers qui est l'un des deux sites de l'Institut de Cancérologie de l'Ouest (l'autre se situant à Saint-Herblain près de Nantes). A partir de 2015, je me suis intéressé au traitement statistique des données provenant de nos contrôles qualité machines. Dans ce cadre, j'ai suivi des modules de formation sur la maîtrise statistique des procédés (MSP) et les plans d'expérience (PEX) au sein de Polytech Angers ainsi que le Master 2 « Méthodologie et statistiques en recherche biomédicale » de l'Université Paris-Saclay. J'ai alors pu travailler sur la mise en pratique de la MSP et des PEX en radiothérapie avec des collègues et le laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes (LARIS) de l'Université d'Angers. Finalement, nous avons proposé une formation SFPM sur cette thématique pour les physiciens médicaux. Il y a eu plusieurs sessions étalées sur quelques années. Au fil des éditions, nous avons identifié qu'il y avait besoin d'une formation plus orientée sur les méthodes statistiques de traitement de données avec l'apparition, au niveau clinique, de nouveaux produits commerciaux utilisant des méthodes d'analyses factorielles ou bien générant des CT-synthétiques intégrant des outils de deep-learning. Nous avons alors souhaité mettre en place une nouvelle formation orientée Machine Learning et Deep Learning en physique médicale. Les objectifs pédagogiques sont, à la fois, de définir dans ses grandes lignes ce



Christophe Legrand (CL)

"Sans être alarmiste, je pense qu'il y a un caractère d'urgence à acquérir des bases dans ce domaine sans pour autant devenir un « data scientist ». Notamment, sur des sujets comme les contrôles d'acceptance et le commissioning de ces outils."

qu'est l'IA et ses applications en physique médicale ; et de donner un aperçu pratique sur l'entraînement, la validation et l'assurance qualité de jeux de données via 2 travaux dirigés. L'un sur de la classification par apprentissage supervisé et l'autre par la création d'un réseau de neurones simple. Le programme de cette formation s'attache à suivre les recommandations du guide de l'AIEA sur le développement continu des compétences en IA des physiciens médicaux (« Chougule A, Jain GK. Artificial Intelligence in Medical Physics. J Med Phys. 2024;49(3):489-491. doi:10.4103/jmp.jmp_102_24 »). L'idée n'est pas de proposer une formation trop technique mais plutôt de cerner l'environnement de l'IA avec le vocabulaire, les définitions, etc... Elle permet également de participer à des travaux pratiques et d'évoquer les tâches cliniques qui peuvent être automatisées par ces outils. Les nombreux intervenants ont tous une certaine expérience de l'utilisation de l'IA en physique médicale (plus d'infos : <https://www.sfpm.fr/evenement/bases-fondamentales-de-lapprentissage-machine-et-de-lapprentissage-profond/>). Par ailleurs, au niveau des recommandations sur la formation en IA, il y a un article récent et très intéressant de Charlotte avec ses co-auteurs qui aborde aussi ce point relatif à la formation des

professionnels en radiothérapie (« Charlotte Robert, Philippe Meyer, Brigitte Séroussi, Thomas Leroy, Jean-Emmanuel Bibault, Artificial intelligence and radiotherapy : Evolution or revolution?, Cancer/Radiothérapie, Volume 28, Issues 6-7, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2024.09.003> »).

CR : Charlotte Robert. J'ai un poste de maître de conférences depuis 2013 à l'Université Paris-Saclay. En tant qu'universitaire, la moitié de mon temps est dédié à la formation, l'autre moitié à la recherche. J'ai également des activités cliniques avec notamment une implication récente dans l'implémentation d'une IRM complètement dédiée au département de radiothérapie et il y a quelques années l'implémentation du contournage automatique dans le flux clinique. Mon rôle depuis 2013 a été de mettre en place une équipe de recherche qui s'intéresse aux nouvelles technologies appliquées à la radiothérapie (U1030 Radiothérapie Moléculaire et innovations thérapeutiques). Avec le Prof. Eric Deutsch, nous avons réussi à monter ce groupe de recherche avec un versant IA qui s'est fortifié au fil du temps. L'un des avantages d'appartenir à l'Université Paris-Saclay est que nous avons rapidement bénéficié d'un rapprochement, initié dès 2015-2016, avec CentraleSupélec. C'est par ce biais que j'ai personnellement commencé avec

05. IA & PM : La formation des physiciens

l'intelligence artificielle vers 2016-2017. J'ai depuis encadré plusieurs thèses sur cette thématique. Les sujets principaux touchent à la radiomique, qui est l'analyse d'images, avec pour objectif de proposer des outils d'aide à la décision notamment dans les cancers du col de l'utérus et cérébraux. Nous avons également beaucoup travaillé sur la standardisation des images IRM avec pour objectif de mettre en place des modèles généralisables. Une autre thèse portait, elle, sur la génération de scanners synthétiques. Cette étudiante, Emilie Alvarez-Andres, avait un financement CIFRE (Conventions industrielles de formation par la recherche) en collaboration avec la société Therapanacea. Cette thèse a été co-dirigée avec Nikos Paragios, son CEO, mathématicien de formation. J'ai énormément appris sur l'IA avec ce partenariat. Les grandes thématiques sur lesquelles on travaille aujourd'hui dans l'équipe concernent la personnalisation des traitements combinés entre radiothérapie et immunothérapie. Un exemple est la définition des cibles d'intérêt chez les patients oligo-métastatiques. C'est à dire identifier via des modèles radiomiques, quelles sont les lésions qui sont pauvres en lymphocytes, pour les irradier de façon préférentielle lors du traitement par radiothérapie. L'idée est d'essayer de remettre en route le système immunitaire. C'est l'un de nos gros sujet porté par un de mes collègues, le Dr Roger Sun.

AHH : Quand tu dis que tu as appris c'est dans le cadre de formations ou c'est sur le tas ?

CR : Oui c'est complètement sur le tas! Sur les bases de l'IA, je pense qu'on peut facilement se former par soi-même, en ligne par exemple. Concernant la partie formation, je m'occupe du master de radiophysique médicale de l'Université Paris-Saclay.

Cela fait maintenant 4 ou 5 ans que nous avons intégré dans ce master une semaine complète d'introduction à l'intelligence artificielle. Déjà il y a quelques années, il me semblait que l'IA était un pré-requis pour les étudiants en physique médicale. Avec David Sarrut (Laboratoire CREATIS, Lyon), nous proposons également un cours optionnel dans le cadre du DQPRM. J'aimerais bien d'ailleurs que ce cours à l'avenir soit intégré dans le tronc commun.



Charlotte Robert (CR)

"Je pense qu'il y a effectivement une réticence, probablement liée au fait que beaucoup d'utilisateurs ne comprennent pas vraiment ce qui se cache derrière le terme "IA". J'utilise souvent le mot « démystifier », et je crois que c'est précisément ce qu'il faudrait faire à propos de l'intelligence artificielle."

On a également mis en place depuis 4 ou 5 ans une master-class sur « Artificial Intelligence, Medical Physics & Radiation Oncology » à Gustave Roussy. L'objectif de cette formation est vraiment de démystifier l'IA pour les physiciens, les médecins et les chercheurs qui travaillent sur la thématique de la physique médicale.

AHH : Est-ce que tu peux Christophe nous parler un peu plus de l'EPU sur l'IA que vous proposez à Angers ?

CL : On avait un peu regardé l'écosystème des formations disponibles en physique médicale

dont la master-class que propose Charlotte. Elle est complémentaire. Celle de Charlotte est plus poussée techniquement.

CR : Oui c'est vrai on voulait aussi qu'il y ait des travaux pratiques avec de la programmation en python. C'est pour les personnes qui veulent vraiment mettre les mains dedans.

CL : Au niveau de l'articulation des différentes offres de formation nous voulions être le plus complémentaire possible. On s'est vite rendu compte qu'il y avait un certain public qui ne codait pas ou très peu. Notre EPU a plutôt comme objectif de revenir sur les définitions de base. Lorsque les personnes arrivent à la formation, les codes sont déjà disponibles et il n'y a plus qu'à les parcourir ensemble avec « Google Colab ». Le stagiaire peut alors se focaliser sur la méthode et les grandes étapes sans avoir à coder. D'ailleurs, coder en python n'est pas un pré-requis pour cette formation. L'idée est d'appliquer différentes notions comme l'apprentissage supervisé à des exemples pratiques tels que les CQ patients obtenus par imagerie portale. Pour la partie apprentissage profond un jeu d'images IRM/scanner de plusieurs patients est utilisé pour créer un CT synthétique avec un réseau de neurones. On continue ensuite sur la partie applications cliniques et retours d'expérience. Finalement, pour résumer, on ne va pas forcément vers des choses trop techniques. L'EPU se veut plutôt généraliste. La première session de cette formation a eu lieu en 2023 avec 22 stagiaires. Les informations sur le contenu ainsi que l'équipe pédagogique sont disponibles sur le site de la SFPM. D'ailleurs, il reste quelques places pour la prochaine édition du 18 au 21 mars.

AHH : Quelles sont les personnes qui s'inscrivent à vos formations ?

CL : Essentiellement des physiciens médicaux au départ, mais on s'est rendu compte qu'il y avait aussi des

05. IA & PM : La formation des physiciens

FORMATION SFPM

Bases fondamentales de l'apprentissage machine et de l'apprentissage profond en physique médicale

18 au 21 Mars 2025 à l'Institut de Cancérologie de l'Ouest d'Angers.

Inscriptions : <https://cloud.agoraevent.fr/Site/101208/10911/Event> / Contact : 02 41 35 28 91

A l'issue de la formation, le stagiaire sera capable :

- de définir les termes usuels du « Machine Learning » (ML) et du « Deep Learning » (DL),
- d'identifier les étapes clés, les pièges de la modélisation ML et DL et de savoir interpréter les résultats via deux travaux dirigés,
- d'évaluer les avantages et les inconvénients des solutions commerciales en physique médicale,
- d'identifier les recommandations nationales et internationales actuelles relatives aux bonnes pratiques de mise en place des logiciels utilisant l'IA en clinique.



techniciens en mesures physique et dosimétristes susceptibles d'y participer. Ce sont ceux intéressés par la programmation. La formation peut leur servir dans l'analyse des données des CQ machines.

CR : En termes de public de notre côté, la master-class IA en anglais est principalement composée de chercheurs et de physiciens médicaux. Il y a quelques médecins. Nous avons également accueilli des data managers d'hôpitaux. Nous avons eu au moins 20 inscrits à chacune des 4 dernières sessions. La première édition a duré 3 jours puis, pour mieux coller aux recommandations de l'EFOMP de 2021 sur le niveau basique à atteindre en IA, nous avons ajouté une journée pour inclure des notions sur l'éthique, sur les infrastructures IT et la réglementation européenne (MDR Medical Device Regulation). Notre programme commence par des rappels en programmation python puis vient une introduction au vocabulaire de base. Nous poursuivons avec des applications cliniques concrètes, enrichies par les perspectives de physiciens et de radiothérapeutes sur l'utilisation de l'IA. Nous proposons également 2 journées composées de cours théoriques sur le machine learning et le deep-learning et de travaux pratiques qui y sont associés. Le premier TP concerne la radiomique et un exemple d'élaboration d'outil d'aide à la décision pour la classification de lésions cérébrales et le deuxième TP est un TP dédié à l'entraînement d'un algorithme de segmentation automatique.

AHH : Comment évaluez-vous le niveau des physiciens médicaux dans ce domaine de l'IA ? On parle beaucoup de machine learning, de deep-learning ou de réseaux de neurones s'agit-il vraiment d'un langage maîtrisé par notre profession ? Et ceci, malgré l'entrée fracassante de l'IA dans notre domaine par exemple avec la segmentation automatique ou avec les différents outils de prédiction ou d'aide au diagnostic.

CR : Je pense que ce domaine n'est pas encore totalement maîtrisé. Récemment, lors d'une session de la SFRO, j'ai présenté un exposé sur l'IA et ses implications dans le métier de physicien médical. Honnêtement, cela m'inquiète un peu ! J'ai l'impression que de nombreux professionnels peinent à s'y engager, probablement par manque de temps. Étant donné la rapidité avec laquelle ces technologies s'intègrent dans la pratique clinique, je me demande comment les professionnels pourront mettre en œuvre ces solutions de manière adéquate. Cela dit, pour certaines applications comme la segmentation automatique et la planification automatique, il reste encore relativement facile de conserver un regard critique. Pour d'autres applications, comme les scanners synthétiques sur lesquels je travaille, il est évident que leur mise en œuvre en clinique se heurte à un manque de formation chez de nombreux physiciens. Je pense même que la formation à l'IA devrait être rendue obligatoire, bien que la forme qu'elle pourrait prendre reste à définir. À ce sujet, des groupes de travail, aussi bien au niveau européen que national, s'efforcent d'élaborer des recommandations concrètes. Toutefois, aucun cadre formel n'a encore été établi.

CL : Sans être alarmiste, je pense qu'il y a un caractère d'urgence à acquérir des bases dans ce domaine sans pour autant devenir un « data scientist ». Notamment, sur des sujets comme les contrôles d'acceptance et le commissioning de ces outils. On prend le train en marche ; avec des produits que nous sommes parfois amenés à implémenter rapidement, en plus de la « routine clinique ». Il est nécessaire de travailler à l'établissement de guides méthodologiques afin de réaliser l'AQ de ces outils.

AHH : On pourrait aussi prendre l'exemple de la radiothérapie adaptative qui regroupe plein de modules d'IA dans son fonctionnement.

05. IA & PM : La formation des physiciens



CL : Vu les avancées et le caractère international du déploiement de ces techniques impactant la radioprotection des patients, il y a une stratégie ainsi que des actions à coordonner et à mener à différentes échelles sur des aspects aussi bien réglementaires que techniques. Ceci via les autorités réglementaires et les sociétés savantes.

Au niveau de la formation, si on revient à ce sujet, la question est de « comment diffuser et transmettre rapidement les connaissances, en langue française, avec la validation d'une ou plusieurs sociétés savantes ? ». On pourrait envisager des modules en ligne estampillés SFRO et SFPM (l'EFOMP et l'ESTRO proposent déjà des choses en langue anglaise). On pourrait alors créer des modules communs avec des radiothérapeutes et des physiciens et pourquoi pas avec l'aide de constructeurs. On a quand même une population assez importante à former dans un laps de temps assez court. Je ne sais pas comment tu vois les choses Charlotte ?

CR : On en avait discuté à la SFRO avec Jean-Emmanuel Bibault et il était plutôt partant pour mettre en place des sessions mixtes SFRO-SFPM sur ce sujet. Cela permettrait au plus grand nombre de se former !

AHH : D'ailleurs est ce qu'on a toujours besoin de l'IA ? On a quand même l'impression qu'on en a un peu partout et à toutes les sauces ! Est-ce que c'est toujours utile ?

CL : C'est une bonne question ! Cela dépend notamment de la taille du jeu de données et de l'objectif recherché. Dans le cas du suivi de tendances ou de la détection de valeurs aberrantes, ce qui est parfois le cas en AQ machine/patient, des outils d'analyses statistiques comme la MSP ou les analyses factorielles peuvent être bien adaptées. Elles sont relativement simples à implémenter et peuvent éviter de passer par de la programmation plus poussée.

Par contre, pour du contournage automatique ou la génération de CTs synthétiques, c'est une autre histoire.

CR : En tout cas, pour les CTs synthétiques, l'IA surpasse largement toutes les autres méthodes.

AHH : Comment est acceptée l'IA aujourd'hui par les physiciens médicaux ? Est-ce qu'il y a des réticences ?

CR : Oui, je pense qu'il y a effectivement une réticence, probablement liée au fait que beaucoup d'utilisateurs ne comprennent pas vraiment ce qui se cache derrière le terme "IA". J'utilise souvent le mot « démystifier », et je crois que c'est précisément ce qu'il faudrait faire à propos de l'intelligence artificielle. Il y a un véritable enjeu ici, et, encore une fois, des vidéos pédagogiques pourraient être un bon moyen de lever ces incompréhensions. Cela permettrait aux professionnels de prendre conscience, par exemple, de l'importance cruciale des données d'entrée pour les modèles d'IA. En diffusant quelques messages clés au sein de la communauté, il serait possible de réduire significativement cette peur et de faciliter l'adoption de ces technologies.

AHH : Y a-t-il aujourd'hui un groupe de travail SFPM sur ce sujet de l'IA ?

CR : Non, mais il y a quand même 2 groupes qui existent l'un sur les CT synthétiques et l'autre sur les CQ patient qui vont aborder largement ces thématiques. Mais ce n'est pas de la formation à proprement parler.

CL : Je rejoins Charlotte sur ce point.

AHH : En quoi l'IA va changer notre métier ?

CL : En radiothérapie, j'espère que cela va permettre d'automatiser, de façon robuste, de nombreuses tâches répétitives dans le processus de préparation d'un dossier patient. Suivant le contexte des services, si cela dégage du temps disponible, je pense qu'il sera très probablement transféré vers des aspects du métier à approfondir. Par exemple, entretenir la réflexion et la culture du service sur les facteurs organisationnels et humains ; évoluer, pour les dosimétristes intéressés, vers la réalisation de contrôles de qualité périodiques des installations ; travailler sur l'amélioration des prises en charges avec nos collègues MERM et radiothérapeutes (planification dosimétrique, choix de nouveaux logiciels, formation, etc.) ...

CR : Oui, je suis d'accord que l'impact sera particulièrement marqué sur les tâches répétitives. Prenons l'exemple de la segmentation automatique: aujourd'hui, presque tous les centres disposent d'une solution dédiée. En revanche, pour des tâches comme la planification automatique, l'adoption prendra sans doute plus de temps, surtout lorsque ces outils se substituent partiellement à des tâches où l'expertise humaine joue un rôle clé. Cela dit, cela offre aussi l'opportunité de faire évoluer le métier dans une nouvelle direction, en recentrant les professionnels sur des tâches à plus forte valeur ajoutée.

06. IA & PM : Utilisation en imagerie & radiothérapie

Un entretien croisé entre Djamel Dabli (DD) physicien médical au CHU de Nîmes et Thomas Leleu (TL) onco-radiothérapeute au CLCC François Baclesse de Caen sur leur expérience de l'intelligence artificielle (IA) en imagerie et en radiothérapie. Conduit par Ahmed Hadj Henni (AHH).



AHH : Bonjour à tous les deux. Avant d'entrer dans le sujet pourriez-vous tout d'abord vous présenter à nos lecteurs.

DD : Djamel Dabli, je suis physicien médical à 100% dans le service d'imagerie médicale du CHU de Nîmes. Une partie de mon temps concerne la routine clinique mais je consacre également du temps à une partie recherche et développement. Nos travaux sur cette thématique d'IA portent essentiellement sur les outils qui permettent d'améliorer la qualité des images, particulièrement au scanner. Par exemple nous travaillons sur des algorithmes de reconstruction basés sur du deep-learning. Et plus précisément sur l'évaluation de ces outils en tenant compte de tous les paramètres qui peuvent influencer la qualité d'image.

AHH : Tu travailles dans une structure particulière ?

DD : Oui nous sommes une équipe de recherche rattachée à la faculté de médecine de Montpellier. Nous sommes 2 physiciens médicaux, Joël (Greffier) et moi ainsi que des médecins radiologues, un ingénieur de recherche, deux arcs et un coordinateur de l'ensemble des projets sur lesquels nous travaillons. En tant que physiciens médicaux, nous faisons beaucoup de mesures sur fantôme avec des métriques objectives qui sont souvent complétées ensuite par des études sur des images de patients ou des fantômes anthropomorphiques. Nous travaillons en étroite collaboration avec les radiologues particulièrement sur les études portant sur les images de patients. Notre équipe de recherche s'appelle Medical Imaging Group-Nîmes (MIG-Nîmes).

AHH : Bonjour Thomas je te laisse te présenter à ton tour.

TL : Thomas Leleu assistant spécialiste en Radiothérapie au centre de lutte contre le cancer François Baclesse à Caen. J'ai surtout un versant pathologies dermatologiques et métastases cérébrales. Je participe également au groupe de travail IA du centre François Baclesse notamment avec le Dr. Aurélien Corroyer-Dulmont. Parmi nos travaux en cours on a par exemple créé une base de données cliniques, radiologiques et dosimétriques pour les patients traités en stéréotaxie des métastases cérébrales. Notre travail s'appuie sur l'IA pour le suivi de ces patients. Nous investiguons le gain de temps que l'IA pourrait amener aux radiothérapeutes par exemple pour le suivi volumétrique des métastases cérébrales. C'est surtout là-dessus que j'interviens mais j'ai participé à d'autres projets de recherche avec Aurélien. Globalement surtout sur les métastases cérébrales.

AHH : Mais tu le fais à titre personnel ?

TL : Non pas seulement. Je suis co-directeur d'une thèse de médecine d'un de nos internes avec le Dr. Stefan qui est radiothérapeute ici aussi à Baclesse.

AHH : Djamel tu avais également évoqué l'utilisation de l'IA pour l'aide au diagnostic ?

DD : Oui, effectivement, les outils d'aide au diagnostic commencent à s'installer en imagerie. Beaucoup de logiciels sont aujourd'hui proposés. Ce que nous avons de notre côté c'est un logiciel qui permet de détecter les fractures à partir des radiographies. Nous avons participé à l'évaluation de cet outil qui consistait essentiellement à comparer la lecture de nos radiologues au logiciel basé sur l'IA. Dans le cadre de cette étude, les patients inclus bénéficiaient d'une radiographie mais aussi d'un scanner. Le radiologue et l'IA donnaient chacun leur diagnostic à partir de l'image radiographique et le scanner permettait de départager les 2 et constituait le résultat de référence. Les résultats ont d'ailleurs été publiés (Pastor M, Dabli D, Lonjon R, et al. Comparison between artificial intelligence solution and radiologist for the detection of pelvic, hip and extremity fractures on radiographs in adult using CT as standard of reference. *Diagn Interv Imaging*. Published online September 18, 2024. doi:10.1016/j.diii.2024.09.004).

AHH : Et les résultats en quelques mots ?

DD : Le résultat principal de cette étude a été que les résultats du logiciel d'IA étaient très intéressants même si le radiologue surpassait l'IA dans cette étude utilisant l'examen scanner comme référence.

AHH : Eh bien c'est un résultat très intéressant ! Ce n'est pas, ce à quoi on s'attendait.

06. IA & PM : Utilisation en imagerie & radiothérapie

DD : Oui mais c'est très compliqué à généraliser car d'autres travaux trouvent des résultats différents. Néanmoins, cette étude soulève la question des standards à utiliser dans l'évaluation de ces outils. Dans le cas présent, le scanner pleine dose est un excellent examen de référence, ce qui a pour effet de diminuer la sensibilité de l'IA sur les radiographies. De plus les performances des solutions d'IA peuvent différer d'un outil à un autre et d'une version à une autre. A ce titre, il y a aussi le travail de l'équipe de l'hôpital Lariboisière qui a travaillé sur la détection des fractures à partir de radiographies et a comparé 3 logiciels d'IA avec une cohorte de patients très importantes. Selon la solution logicielle les performances étaient différentes. En plus ce qui complique les choses c'est que ces types de logiciels sont en constante évolution.

AHH : Mais juste pour préciser un peu plus les choses. Ces outils vous les utilisez en routine clinique ?

DD : Tout le monde cherche en réalité comment intégrer en clinique ces outils d'IA, tout en ayant une confiance à 100% dans leurs résultats. Mais il faut se rappeler qu'en réalité ce n'est pas des logiciels de diagnostic mais d'aide au diagnostic ! Cela ne remplace pas complètement le radiologue surtout pour les cas les plus complexes pour lesquels une validation du radiologue est nécessaire. Nous utilisons ce logiciel pour un triage aux urgences en informant les urgentistes d'un examen normal, pathologique ou avec un doute ; le radiologue est présent pour aider en cas de difficulté ou discordance entre la symptomatologie, l'examen clinique et le résultat de l'IA sur la radiographie.

AHH : Et toi Thomas tu confirmes ? toute cette partie recherche, test etc... comment vous l'implémentez en routine clinique ?

TL : Nous avons développé un outil de segmentation automatique des métastases cérébrales qu'on aimerait mettre à disposition sur une plateforme accessible à tous. Mais pour l'instant ce n'est pas du tout utilisé en routine clinique. On attend d'abord une validation dans le cadre de la thèse de notre interne puis probablement une validation prospective pour évaluer les performances du modèle et être sûr que cela apporte quelque chose en routine clinique.



Djamel Dabli (DD)

"Tout le monde cherche en réalité comment intégrer en clinique ces outils d'IA, tout en ayant une confiance à 100% dans leurs résultats. Mais il faut se rappeler qu'en réalité ce n'est pas des logiciels de diagnostic mais d'aide au diagnostic !"

AHH : Est-ce que vous avez des exemples en imagerie ou l'IA a vraiment un impact tangible ?

DD : Dans notre domaine le potentiel de l'IA peut être énorme. Si je prends l'exemple particulier de l'amélioration de la qualité des images, les algorithmes de reconstruction basés sur l'IA que nous avons évalués ont montré des performances meilleures que les reconstructions par méthodes itératives. Pour le scanner l'IA va permettre une réduction du bruit dans l'image efficace tout en limitant l'effet de lissage qui peut gêner l'interprétation du médecin. Aujourd'hui, nous disposons de ces algorithmes

sur la majorité de nos scanners dans le service. Cette amélioration est confirmée par toutes nos mesures sur fantôme.

AHH : Et comment valide-t-on plus précisément ces outils qui sont parfois de véritables boîtes noires ? D'ailleurs à part quelques personnes spécialisées dans l'IA, est-ce que la majorité des professionnels a suffisamment de connaissances sur le sujet pour pouvoir le faire ? Est-ce que les médecins ont les connaissances en IA suffisantes pour valider les outils proposer ?

TL : C'est effectivement des questions qui sont légitimes. J'ai commencé mon internat en 2018 et les questions sur l'IA se posaient moins que maintenant. Et je n'ai pas eu durant mon cursus, de formation dédiée à l'IA. Je me suis intéressé à ce sujet par curiosité propre. Mais aujourd'hui notamment pour les radiothérapeutes nous avons des formations radio-physique dans lequel nous retrouvons systématiquement cette thématique. Je ne suis donc pas inquiet de ce point de vu pour les futurs internes. Et même si nous n'avons pas forcément besoin de rentrer dans les détails techniques il faudrait au moins acquérir des connaissances globales sur comment ça marche, ce qu'on peut en attendre et bien-sûr les limitations. Il faut absolument avoir le même niveau d'exigence pour les modèles d'IA que l'on a avec nos protocoles de traitement. Donc si possible une validation prospective voire randomisée. Dans nos pratiques actuelles il y a par exemple la segmentation automatique qui nécessite toujours une validation des contours par le médecin. Nous n'avons pas une confiance aveugle dans ces outils. En dosimétrie c'est aussi vrai, même si l'IA fait gagner du temps aux dosimétristes ou aux physiciens il y toujours une validation humaine finale.

06. IA & PM : Utilisation en imagerie & radiothérapie



Avec l'expérience on pourra probablement améliorer ce que l'IA propose. Mais il faudra dans tous les cas maintenir des gardes fous surtout avec les développements rapides de ce types d'outils. Comment ça a été fait, avoir un regard critique et des processus de validation dans le cadre du workflow des patients est complètement nécessaire.

AHH : On a quand même l'impression de courir derrière toutes ces innovations qui sont proposées par les constructeurs par exemple. C'est un peu gênant.

TL : C'est vrai que ça va très vite. Et ça peut être source d'erreur surtout avec notre charge de travail en parallèle. Très probablement une erreur arrivera malheureusement, mais il faut essayer d'anticiper le plus possible les choses pour limiter ce risque.

AHH : Et sur la critique qu'on fait à l'IA d'engendrer une perte d'expertise de l'opérateur ?

TL : C'est une vraie question car cela nous concerne nous les médecins directement. Le contournage par exemple représente une grosse partie de notre travail. Il y a beaucoup de centre qui se posent la question de la formation des internes. Si ces derniers doivent avoir à disposition ce type de solution que ce soit pour les organes à risque ou pour les volumes cibles ? A Caen par exemple nous n'avons pas tranché, mais certains centres ont interdit l'utilisation de l'IA que ce soit pour les OAR ou pour le contournage des volumes cibles. Pour les volumes cibles surtout il est primordial qu'ils sachent le faire.

DD : Pour généraliser, j'avais un étudiant qui m'a rendu son rapport pour correction. Lors de la lecture de son travail je me rends compte que le style du document ne correspond pas du tout à son style habituel. Quand je lui en parle, il m'a répondu qu'il avait en réalité utilisé ChatGPT ! Si c'est juste une aide pourquoi pas, mais si cela représente 90% du texte cela pose effectivement la question de la perte d'expertise. En imagerie, je pense qu'en réalité les physiciens n'ont pas de grosses tâches à automatiser qui entraînerait une perte de notre expertise. Pour ma part je vois l'utilité de l'IA surtout pour certaines tâches qui sont répétitives. Par exemple placer des ROI sur des images faciles à analyser pour l'IA cela peut alléger le travail du physicien lors des études d'évaluation avec un grand nombre d'images à analyser.

AHH : D'ailleurs est ce qu'on a besoin de l'IA partout ? J'ai l'impression parfois que c'est un peu mis à toutes les sauces ?

DD : Pour certains domaines je pense quand même que c'est très utiles. Par exemple pour le traitement d'une base de données importantes.



Thomas Leleu (TL)
L'IA n'a pas changé mon métier. Il y a un petit gain de temps pour le contournage mais qui ne change pas radicalement le métier. Dans le futur sûrement. D'ici 5 ou 10 ans par contre il y aura beaucoup plus de questions à se poser. De mon côté je n'ai aucune crainte. Notre activité de clinicien persistera toujours et le temps gagné grâce à l'IA pourra être au bénéfice des patients.

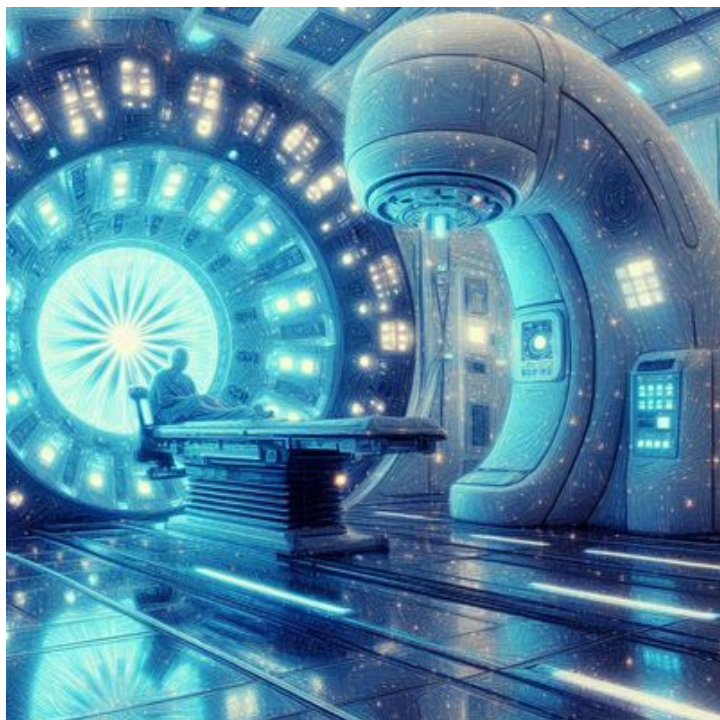
AHH : Justement ! Quid de ces données importantes dont on a besoin pour créer des modèles d'IA ?

DD : En tout cas le cadre légal est très rigoureux. Le moindre partage d'images est extrêmement encadré. Pour la physique médicale c'est plus facile car ce ne sont pas, le plus souvent, des bases de données patients. Ce sont surtout des paramètres machines ou de doses par exemple. Mais dès qu'on rentre dans les bases de données patients il faut forcément transférer aux services compétents qui assurent le cadre légal de leur utilisation. Parce que justement l'une de notre grande crainte c'est toute cette partie liée à la protection des données patients.

AHH : Il y a effectivement cette partie réglementaire mais je pensais également au choix de l'échantillon de données qu'on utilise pour créer un modèle d'IA et qui pourrait impacter les résultats fournis ?

TL : Oui effectivement la sélection des données est une étape compliquée. On le voit sur les IRM cérébrales ou il y a beaucoup de publications sur beaucoup de modèles basés sur l'IA que ce soit pour la segmentation, la prédiction ou le diagnostic et bien aucun de ces modèles, en tout cas à ma connaissance, n'a eu de validation externe. Surtout que l'IRM pose beaucoup de problèmes de différences de données selon les protocoles de séquences d'acquisition. Il faut je pense d'abord poser une question clinique claire. Car le risque c'est d'avoir une base de données énorme sans réflexion préalable et par conséquent on n'obtiendra aucune certitude sur les réponses de l'IA. Il faut effectivement beaucoup de données mais également qu'elles soient fiables et bien sélectionnées. Si on nourrit un modèle de données hors contexte à la question clinique et bien les résultats pourraient être bons par chance mais au final pas du tout applicables en clinique. Ces validations devraient être réalisées dans le cadre de protocole bien fait, ce qui va permettre aussi d'intégrer les démarches

06. IA & PM : Utilisation en imagerie & radiothérapie



éthiques et réglementaires. Si c'est possible, pourquoi pas mettre en place des protocoles randomisés. C'est ce qu'il faudrait amener et qu'il n'y a pas pour l'instant. A ma connaissance en radiothérapie l'IA n'a pas eu pour l'instant de volonté d'améliorer la prise en charge mais plutôt d'améliorer l'ergonomie ou amener un gain de temps. Mais dès que la question se posera sur des modèles prédictifs ou d'adaptatif, il faudrait valider l'utilisation de l'IA.

AHH : Djamel que peut attendre le physicien du médecin ?

DD : De mon point de vue en tant que physicien médical dans un service d'imagerie l'IA ne vient pas forcément changer ma relation avec le médecin. On apporte au radiologue la partie expertise sur la qualité objective des images et de l'exposition du patient. L'arrivée de l'IA nous pose déjà une question sur notre rôle à nous physiciens dans ce domaine. Et cette question d'ailleurs se retrouve même au niveau international notamment pour exemple au dernier cours EFOMP ou la question s'est posée. C'est, je dirais un travail de collaboration qui est synergique entre notre expertise scientifique et technique et la partie clinique apportée par le médecin.

AHH : Thomas que peut attendre le médecin du physicien ?

TL : Je suis d'accord avec Djamel. Comme toujours en radiothérapie c'est vraiment un travail d'équipe. Si on prend l'exemple du contournage ou de la dosimétrie, le physicien aura plus de maîtrise technique de ces solutions basées sur l'IA. Mais finalement ce sera un travail de concert entre les deux corps de métier. Pour ma part je pense que le physicien peut nous amener un regard technique et critique sur ce qui nous est proposé.

AHH : Est-ce que l'IA a changé aujourd'hui votre métier de physicien ou de médecin ? Est-ce que vous avez des appréhensions particulières ?

DD : De mon côté je n'ai pas d'appréhension particulières. Je vois vraiment ces outils comme des aides à nos tâches quotidiennes. Aujourd'hui cela n'a pas changé mon métier mais demain probablement oui ! Mais exactement comme toutes ces nouvelles innovations qu'on a connues ces dernières années. J'imagine qu'un physicien des années 80 n'avait pas forcément le même métier que le physicien d'aujourd'hui. Nos métiers évoluent forcément en fonction des technologies. Par contre nous n'avons pas le choix. Soit on s'y prépare soit on le subira ! Sans être tous des experts en IA il faudrait une formation initiale sur le sujet. L'objectif n'est pas qu'on soit tous des data scientist, c'est un autre métier, mais qu'on soit capable d'échanger par exemple avec les constructeurs et les experts du domaine.



TL : A ce jour non ! L'IA n'a pas changé mon métier. Il y a un petit gain de temps pour le contournage mais qui ne change pas radicalement le métier. Dans le futur sûrement. D'ici 5 ou 10 ans par contre il y aura beaucoup plus de questions à se poser. De mon côté je n'ai aucune crainte. Notre activité de clinicien persistera toujours et le temps gagné grâce à l'IA pourra être au bénéfice des patients. On avait à l'époque des radiothérapeutes très techniques mais le métier va, grâce à l'IA, se rapprocher du patient et de la clinique. La compétence technique ne sera plus aussi majeure qu'aujourd'hui et notre métier sera au bénéfice de la vraie clinique. C'est donc plutôt du positif de mon point de vue.

63^e journées scientifiques de physique médicale

04 → 06
juin 2025

 **Nantes**
CITÉ DES CONGRÈS

AQUILAB by Coexya

ARTISCAN

MACHINE QA

Des résultats en conformité avec les obligations réglementaires (ANSM) et les principales recommandations internationales !



Plus d'informations
www.aquilab.com ou julia.redoutey@aquilab.com

01

Contrôle Qualité Unifié



Une solution pour le CQ de l'ensemble des équipements de Radiothérapie, de Médecine Nucléaire et d'Imagerie Médicale.

02

Adaptabilité complète



Une solution modulaire qui s'adapte aux différents plateaux techniques, équipements, fantômes et pratiques.

03

Traçabilité & Archivage



Une traçabilité indépendante et un archivage complet des contrôles réalisés, même sur les plateformes les plus hétérogènes.

04

Analyse automatisée



Une analyse automatique et précise de l'ensemble des paramètres en utilisant les informations DICOM et DICOM RT issues des équipements.

maprt®

visionrt
 Guiding Radiation Therapy™

La nouvelle solution de VisionRT

Optimisez et sécurisez vos plans de traitements pour de meilleurs bénéfices patient.



SIM — PLAN — TREAT — DOSE

SGRT | Surface Guided Radiation Therapy

UNE AIDE À CHAQUE ÉTAPE

©2024 Vision RT Ltd. All rights reserved.