

Avancées technologiques en radiothérapie

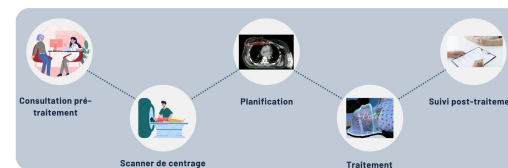
Infographie de synthèse

Entrer

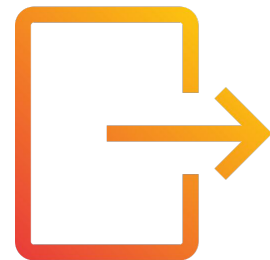


BENKHORIS BRAHIM , GHZAIEL KARIM, HADJIDJ INÈS, MUKANYANDWI YVETTE , PARODI RAPHAËL

Mode d'emploi



Affichage du parcours de soin



Retour vers l'étape du parcours de soin concernée



Affichage de la bibliographie

Commencer

LE PARCOURS DE SOINS DU PATIENT EN RADIOTHÉRAPIE EXTERNE

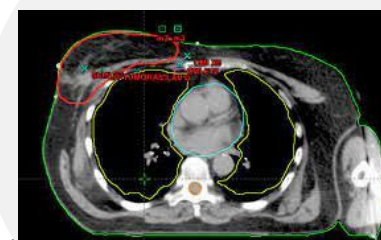
Cliquez sur une des étapes



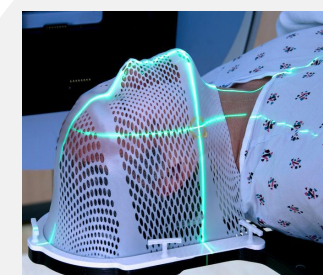
**Consultation
pré-traitement**



Scanner de centrage



Planification



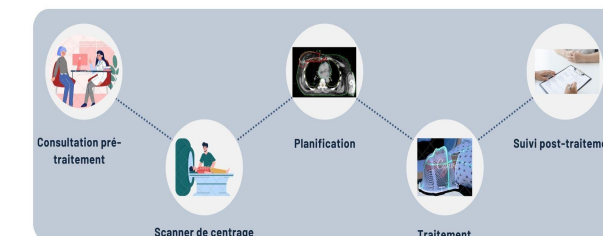
Traitement



Suivi post-traitement



Mode d'emploi



Les nouvelles innovations technologiques dans l'étape de Consultation pré-traitement :



Cliquez sur une
des innovations

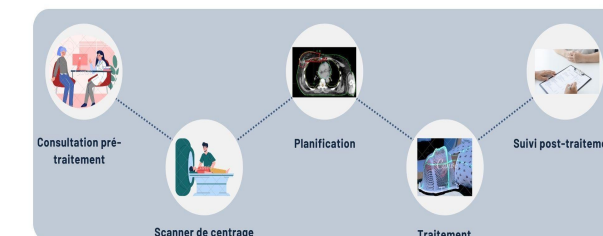
Réalité virtuelle et
radiothérapie

Radiomique

Standardisation des données



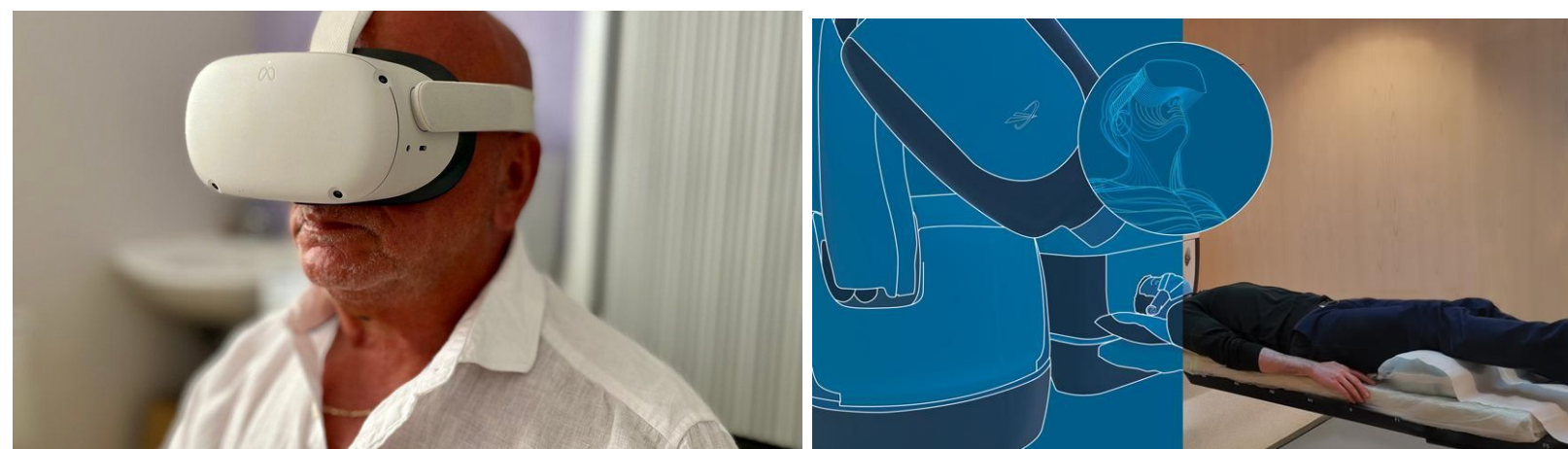
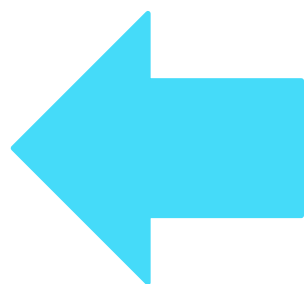
Réalité virtuelle et radiothérapie



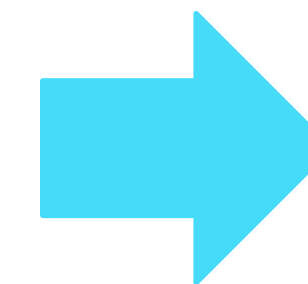
Pour calmer les angoisses des patients avant le début du traitement et pour pallier au manque de temps que peut avoir le médecin lors des consultations, une innovation alliant **réalité virtuelle et radiothérapie**, permettrait d'améliorer l'expérience du patient.

Le patient lors de cette consultation a la possibilité de visualiser grâce à un casque les étapes du traitement qu'il va recevoir.

Des études ont déjà été menées par l'Institut de Radiothérapie Hartmann à Levallois-Perret avec le projet VortHex notamment mais également par le Centre de cancérologie du grand Montpellier .

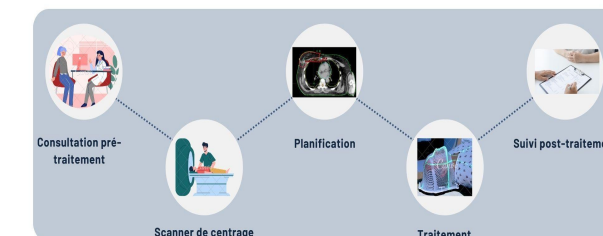


Utilisation de la réalité virtuelle. Midi source



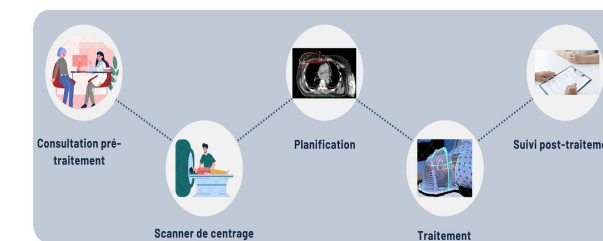
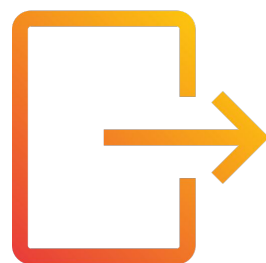


Réalité virtuelle et radiothérapie



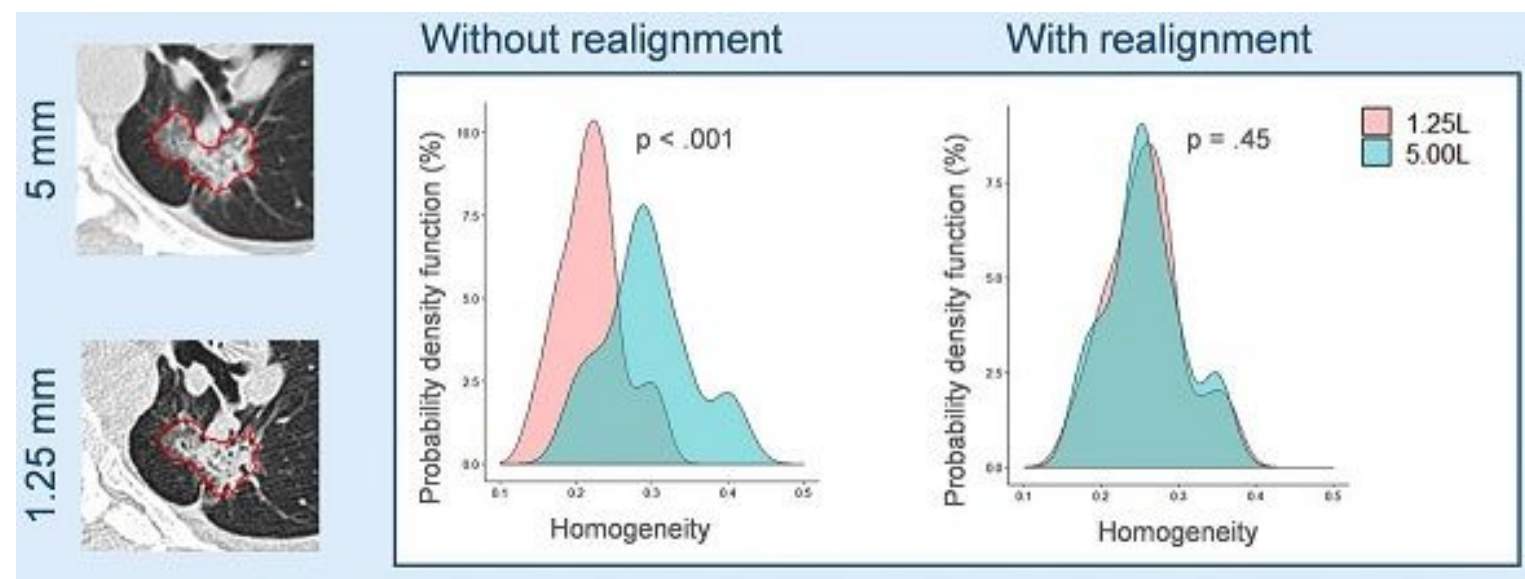
- *Futura Sciences, « Comment la réalité virtuelle peut-elle améliorer le traitement du patient ? », Futura.
<https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/cancer-realite-virtuelle-peut-elle-ameliorer-traitement-patient-98560/> (consulté le 10 décembre 2022).*
- *Midi Libre, « Montpellier : au centre de cancérologie de la clinique Clémentville, la réalité virtuelle au service de la santé », midilibre.fr.
<https://www.midilibre.fr/2022/08/01/montpellier-au-centre-de-cancerologie-de-la-clinique-clementville-la-realite-virtuelle-au-service-de-la-sante-10460753.php> (consulté le 10 décembre 2022).*





Radiomique

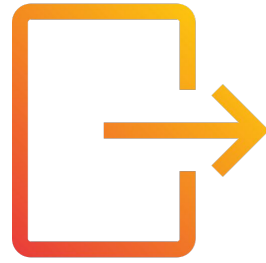
Par ailleurs, de nouveaux outils comme la radiomique voient le jour, situés au croisement entre l'imagerie médicale et les mathématiques. On s'intéresse ici à l'étude informatique d'une très grande quantité de données qui proviennent d'imagerie médicale (transformée d'une part numériquement puis traitée par la suite mathématiquement). Le but final serait d'apporter un traitement personnalisé pour tous les patients en radiothérapie. On retrouve deux objectifs : pouvoir prédire et pronostiquer la réponse du traitement pour le patient atteint d'un cancer traité en radiothérapie et ainsi aider à la décision en cancérologie mais également de pouvoir définir une approche biologique, en comprenant les facteurs entraînant un cancer pour ainsi changer certaines pratiques.



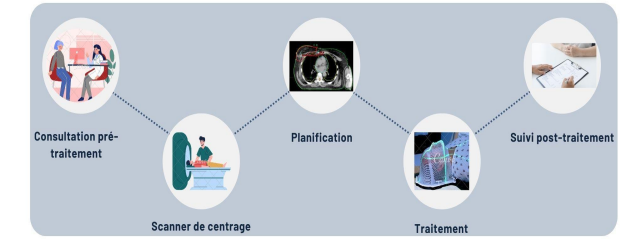
La figure représente l'analyse de deux épaisseurs de section de coupe différente en tomographie. Ici, on remarque qu'en intégrant les caractéristiques radioniques, les valeurs deviennent quasiment identiques pour deux épaisseurs de coupe différentes. Les valeurs p sont issus des tests de Friedman sur une cohorte de patients sur un protocole d'imagerie.

Etudes radiomique multicentrique. Source : Le CEA.
 Pour l'instant, ce sont les CHU et les centres de luttés contre le cancer qui s'intéressent à cette nouvelle technologie, mais cette pratique est entrain d'être démocratisée dans toutes les spécialités médicales. C'est une avancée majeure que la société SOPHIA GENETICS développe en appliquant sa technologie radiomique pour la recherche clinique en oncologie.



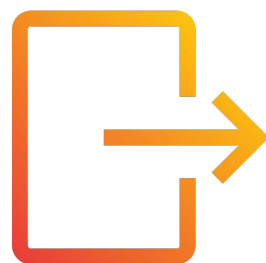


Radiomique

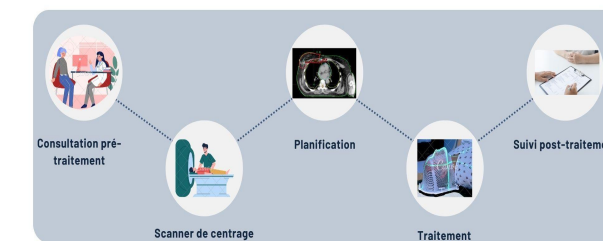


- *S. Vande Perre, L. Duron, A. Milon, S. Nougaret, L. Fournier, et I. Thomassin-Naggara, « Radiomique : mode d'emploi. Méthodologie et exemples d'application en imagerie de la femme », Imagerie de la Femme, vol. 29, n° 1, p. 25-33, mars 2019, doi: 10.1016/j.femme.2019.01.003.*

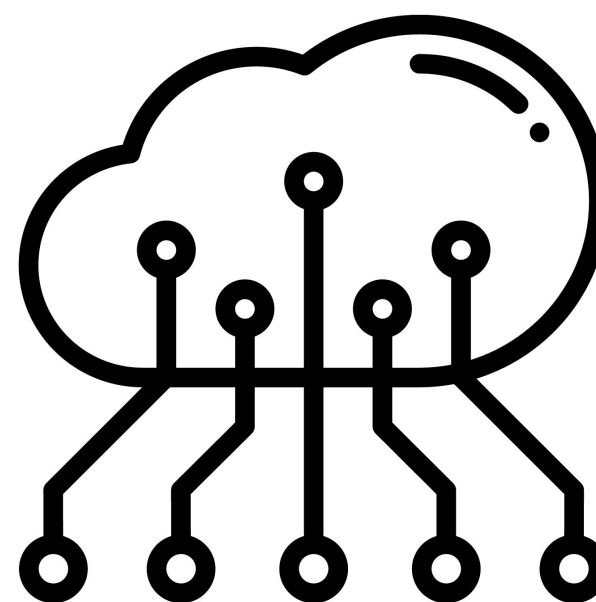
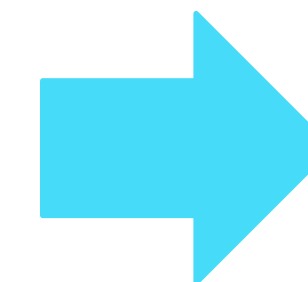
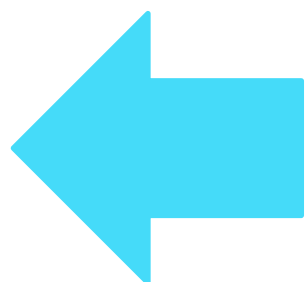




Standardisation des données



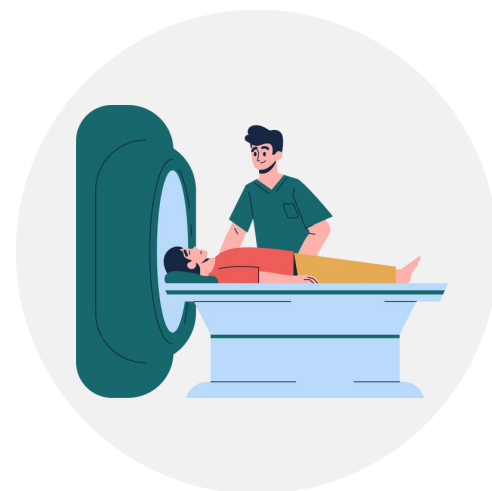
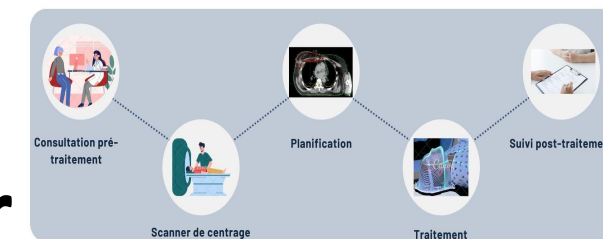
L'autre enjeu serait de **standardiser les données**. De plus en plus d'entreprises proposent ce système, particulièrement les centres hospitaliers et est en train d'être généralisé dans plusieurs centres de radiothérapie. Le radiothérapeute devra adopter une méthode d'insertion des données, qui sera implémentée dans plusieurs centres sur une même base de données. L'objectif : avoir une meilleure approche des patients traités par radiothérapie grâce à la réalisation d'études multicentriques sur les effets secondaires.



Standardisation des données. Source : libre de droit



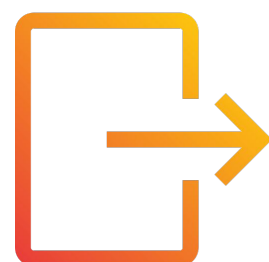
Les nouvelles innovations technologiques dans l'étape de Scanner de centrage :



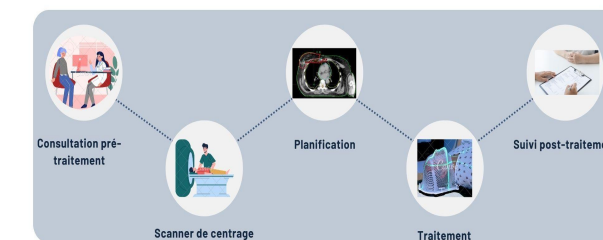
Cliquez sur une des innovations

Impression 3D des contentions

Positionnement et surveillance de précision infra millimétrique en radiothérapie



Impression 3D des contentions



Les accessoires en radiothérapie externe sont fabriqués à partir des images de scanner, ils sont donc individualisés afin de pouvoir bénéficier du meilleur traitement possible. L'imprimante 3D utilise différents matériaux plastiques qui seront plus ou moins rigides.

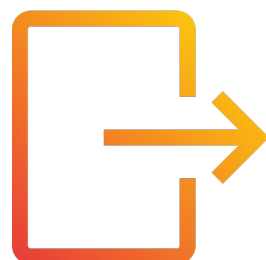
Les bolus imprimés via l'imprimante 3D sont beaucoup plus efficaces que les bolus traditionnels en gels synthétiques notamment pour les zones inhomogènes. Grâce à l'imprimante 3D, le bolus imprimé s'adapte parfaitement aux contours du patient. De plus, en fonction du design mis en place, les bolus peuvent servir de compensateurs dit personnalisé qui permettront par la suite de mieux choisir la répartition de dose. En effet, les bolus actuellement commercialisés dans le commerce laissent des espaces vides entre le dispositif et le patient ce qui entraîne un dosage trop minime et expose ainsi les zones environnantes à des rayonnements ionisants.

Également, grâce à ses contentions personnalisées, ils permettent d'apporter au patient un plus grand confort lors de la séance de radiothérapie tout en garantissant son immobilisation tout en restant extrêmement fidèle à l'anatomie des patients. En termes de coût, l'achat d'une imprimante 3D permet de réduire le budget dédié et d'ainsi ne plus externaliser. On peut citer différents constructeurs comme 3D Systems, Raise Pro2 et Ultimaker 2+ par exemple.

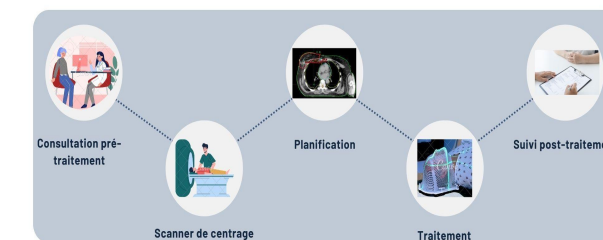


Imprimantes 3D. Source :
Ultimaker et raise 3D





L'imprimante 3D

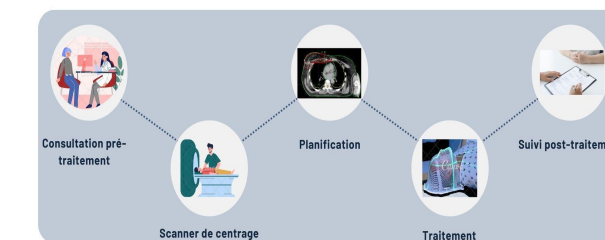


- TMS, « Masques Thermoformés: Tête-Cou-Epaule », TMS, juin 2016.
<http://www.t-m-s.com.tn/contention-positonnement-patient/masques-thermoformes-tete-cou-epaule/> (consulté le 11 octobre 2022).
- CHR Metz-Thionville, « Innovation en Radiothérapie à Mercy | CHR Metz-Thionville ».
<https://www.chr-metz-thionville.fr/les-actualites-du-chr/innovation-en-radiotherapie-mercy> (consulté le 10 décembre 2022).
- A. Moussion, « L'impression 3D au service de la radiothérapie pour améliorer le traitement des patients atteints de cancer », PRIMANTE3D, 22 avril 2022. <https://www.primante3d.com/bolus-22042022/> (consulté le 10 décembre 2022).





Positionnement et surveillance de précision infra millimétrique en radiothérapie



Pour optimiser **la position du patient** de nouvelles technologies voient le jour comme la surveillance radiographique et thermique. Une entreprise allemande BrainLab propose un nouvel outil d'extrême précision au service de la radiothérapie : ExacTrac Dynamic.

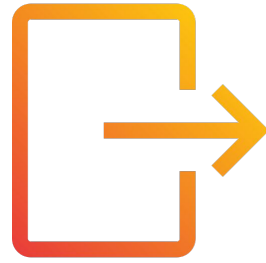
Le système se compose d'un système de radiothérapie externe "classique" (tubes à rayons X) mais on retrouve en plus deux détecteurs à panneau plat montés et différentes caméras (caméra thermique 4D qui contient un projecteur à lumière structurée, deux caméras haute résolution et une caméra thermique intégrée) La position de la caméra thermique 4D permet un champ de vision dégagé, pendant le traitement sans risque d'occlusions causées par le portique.

Le système peut être exploité dans deux modes différents. Le premier permet de pré-positionner grossièrement le patient avant le traitement et le deuxième mode est utilisé pour suivre le mouvement intra-fraction du patient. Les tubes à rayons X montés au sol offrent la possibilité d'acquérir des images en direct montrant les structures osseuses, les repères et les tissus mous. Grâce à leurs positions et leurs indépendances par rapport au linac, l'imagerie par rayons X intra-fraction est possible à tout moment et avec une faible dose d'imagerie. Cette modalité d'imagerie est essentielle pour éviter une dose d'organe inutile. De plus, la possibilité d'acquérir rapidement des images radiographiques stéréoscopiques sans faire pivoter la table peut diminuer le temps d'installation du patient.

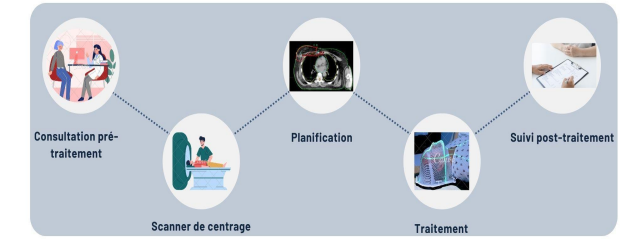


*Gestion du mouvement intra fractionnel avec ExacTrac Dynamic.
Source : Brainlab.com*



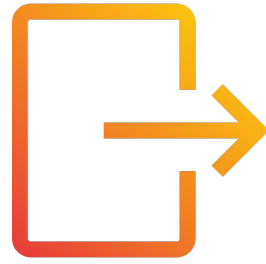


Positionnement et surveillance de précision infra millimétrique en radiothérapie

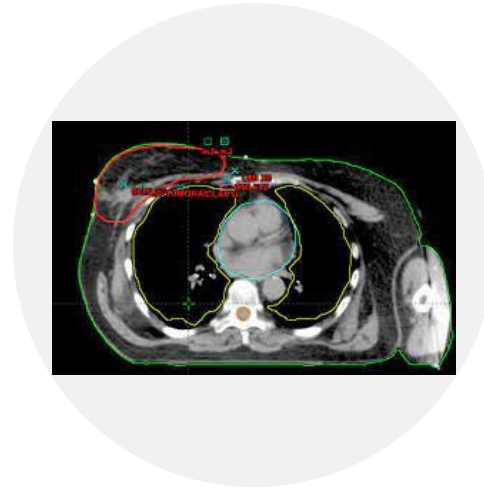
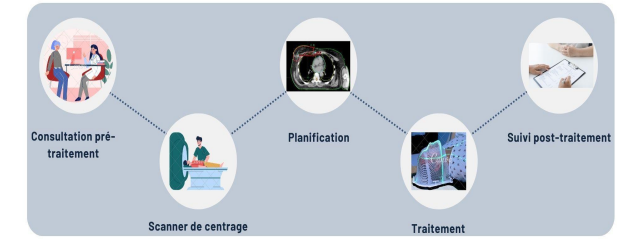


- *BRAINLAB, « POTENTIAL AND CHALLENGES OF SURFACE GUIDANCE IN RADIATION THERAPY White paper ». 2019. Consulté le: 5 décembre 2022.*





Les nouvelles innovations technologiques dans l'étape de Planification :

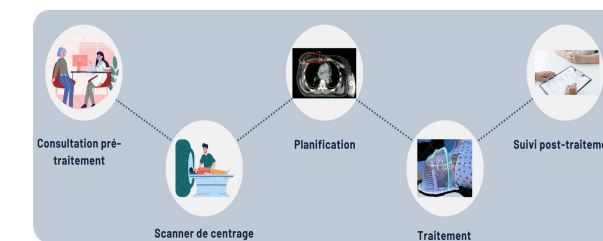


Cliquez sur
l'innovation

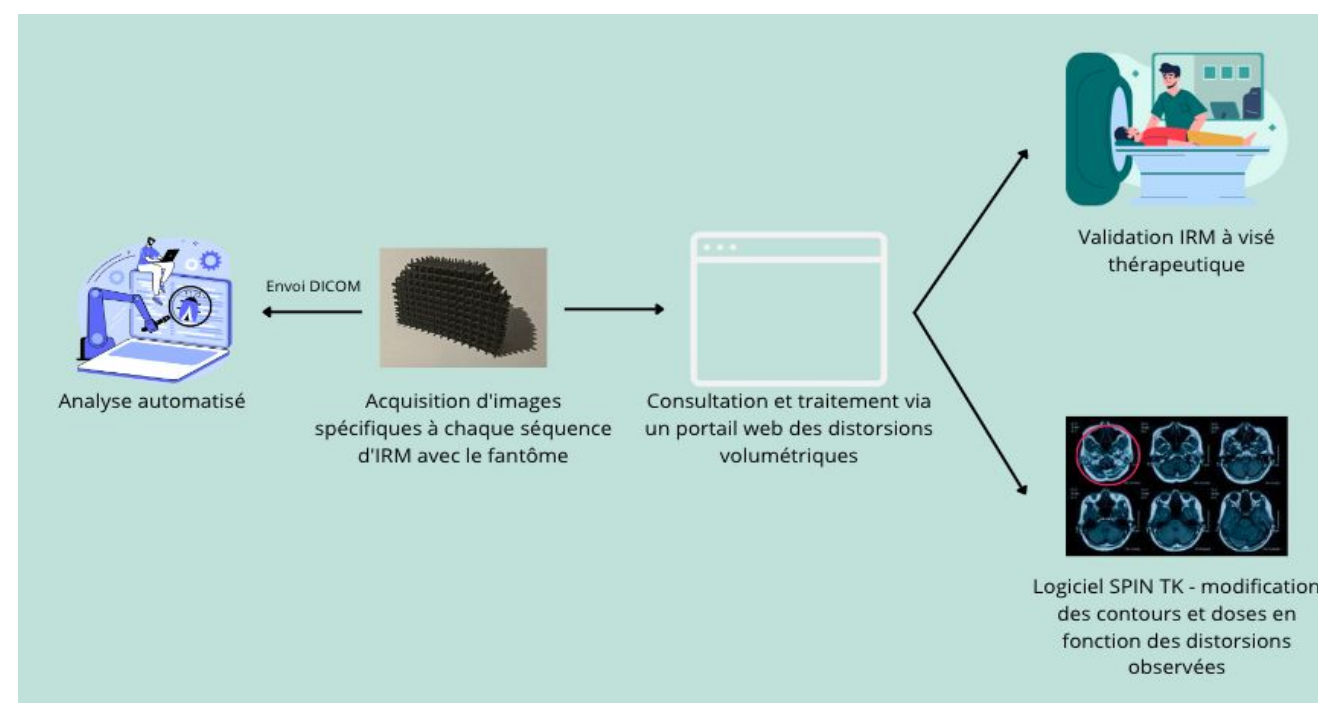
**Analyse et correction des distorsions
géométriques en IRM**



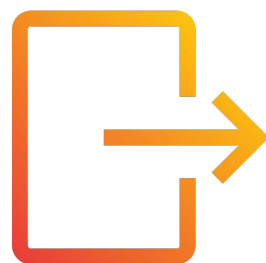
Analyse et correction des distorsions géométriques en IRM



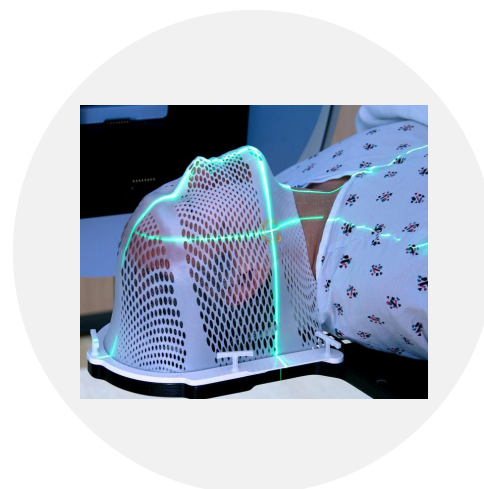
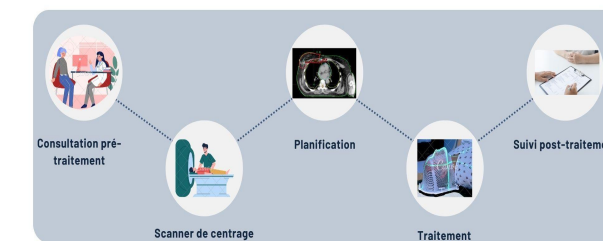
L'analyse de la distorsion géométrique en IRM peut être bénéfique pour la radiothérapie externe. En effet, l'IRM est une modalité de plus en plus utilisée et couplée au scanner de centrage par exemple. Cependant les images présentent systématiquement des distorsions géométriques pouvant atteindre jusqu'à plusieurs centimètres dans certaines régions. Il est donc important de pouvoir quantifier et corriger les distorsions pour améliorer la prise en charge du patient à l'aide de fantômes. Comme celui développé par Spin Up le cartesian 3D couplé au logiciel Spin TK. Différentes étapes doivent être mises en place (voir schéma ci-dessous). Ils permettent à la fois de quantifier la distorsion observées mais également à travers le logiciel de corriger le contour faussé et ainsi entraîner les modifications dosimétriques nécessaires et le contour. De plus, cette innovation permet la validation des protocoles IRM à visée thérapeutique et permet que la dose délivrée de rayons X en radiothérapie externe soit précise.



Étapes analyse distorsion géométrique. Source : Auteurs



Les nouvelles innovations technologiques dans l'étape de Traitement :



Cliquez sur une des innovations

Radiothérapie adaptative

"FLASH" radiothérapie

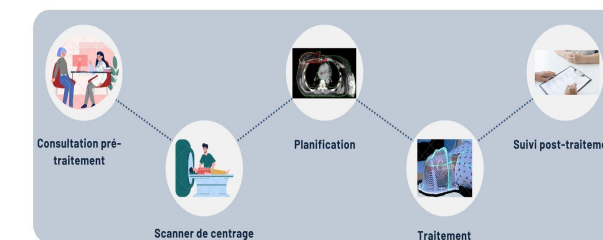
Nanoparticules couplées à la radiothérapie

Radiothérapie hybride

Protonthérapie



Radiothérapie adaptative

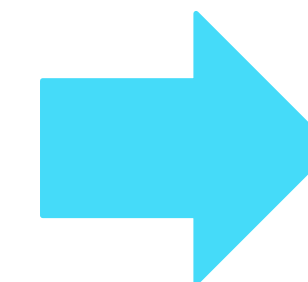
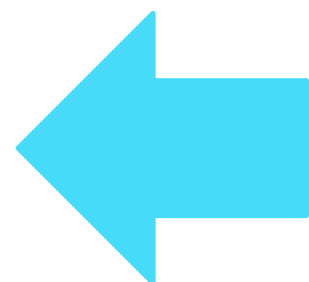


La radiothérapie adaptative repose sur l'adaptation du traitement en fonction du volume et de l'emplacement de la tumeur et de recalculer la distribution de dose à chaque nouvelle séance.

Les nouvelles machines de radiothérapie qui disposent l'imagerie embarquée CT,IRM ou TEP ouvrent la voie à la radiothérapie adaptative, en adaptant la situation anatomique du patient à travers un scanner acquis au début de la séance.

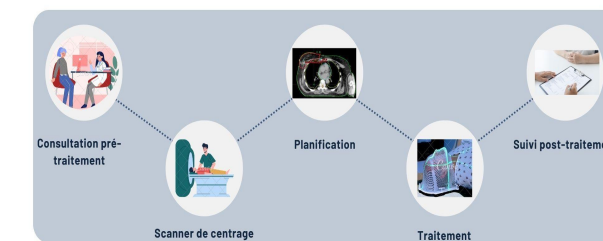
L'intelligence artificielle aussi est l'un des clés de succès de la radiothérapie adaptative, elle offre ces performances, tant pour la segmentation automatique de nouvelles emplacements des organes, ainsi que l'optimisation intelligente de la dose .

Il existe deux types de radiothérapie adaptative : la radiothérapie adaptative couplée avec L'IRM-Linac dite online qui se déroule lorsque le patient est sur la table de traitement et la radiothérapie adaptative couplée avec TEP-Linac dite offline c'est-à-dire entre les séances de traitement.



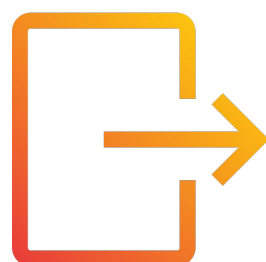


Radiothérapie adaptative

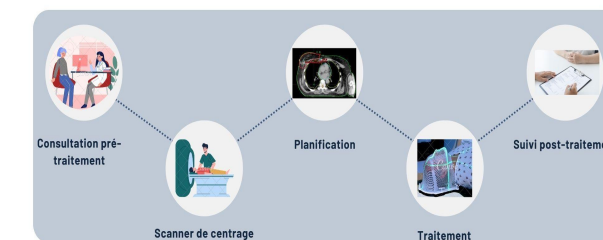


- *I. Masson, M. Dutreix, et S. Supiot, « Innovation en radiothérapie en 2021 », Bulletin du Cancer, vol. 108, no 1, p. 42-49, janv. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2020.10.005>.*
- *X. Geets, A. Delor, E. Bonnarens, F. Vanneste, et L. Vander Veken, « Innovations 2021 en Radiothérapie », Radiotherapy and Oncology, vol. 161, p. S948-S950, août 2021.*



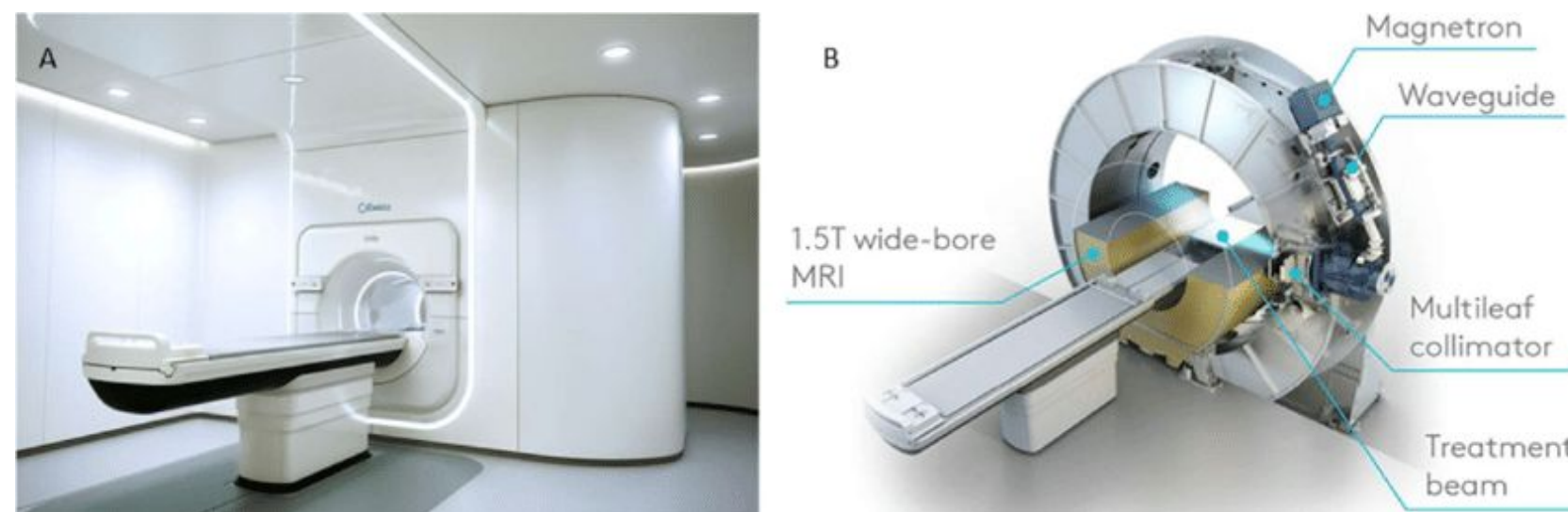
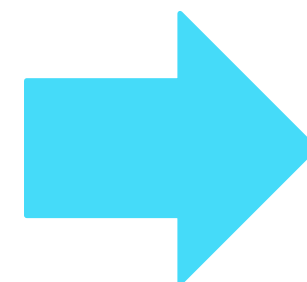
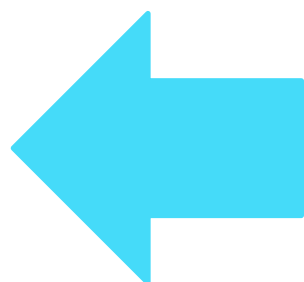


Radiothérapie hybride



Le but de la **radiothérapie hybride** est de délivrer la dose maximale au tumeur tout en épargnant les organes à risques. L'objectif est très difficile à atteindre en cas de modifications volumétriques de la tumeur, engendrant des organes à risque pour le patient.

L'**IRM-Linac** qui est un système hybride qui intègre une machine d'imagerie par résonance magnétique (IRM) à haut champ magnétique avec également un accélérateur linéaire guidant la radiothérapie. Il existe actuellement deux solution clinique sur le marché (Unity®, Elekta AB, Stockholm, Sweden et MRIdian®, ViewRay Inc., Cleveland, OH, USA).

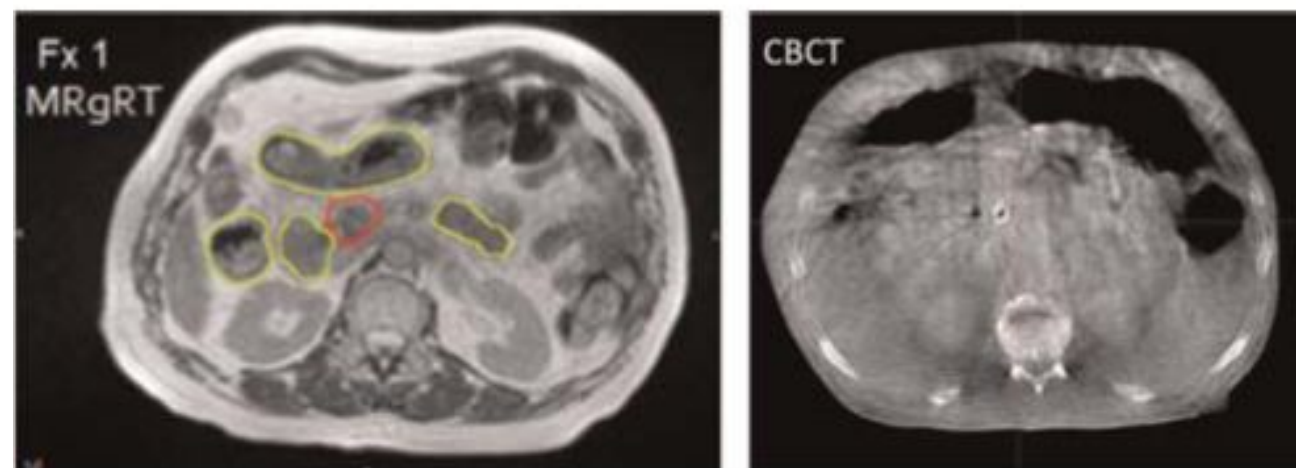
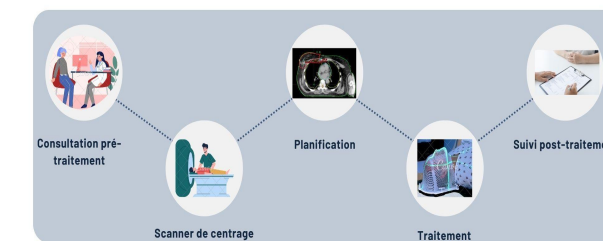


Système IRM-Linac Elekta Unity (A) avec schéma de principe (B). Source : S. Reuzé, « Extraction et analyse de biomarqueurs issus des imageries TEP et IRM pour l'amélioration de la planification de traitement en radiothérapie »





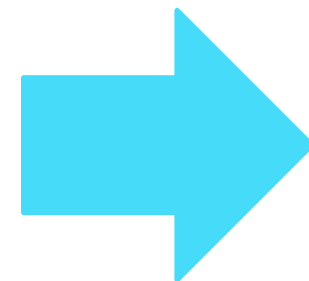
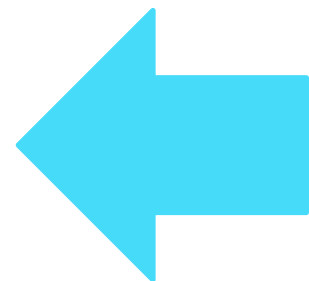
Radiothérapie hybride



Un IRM-Linac offre la possibilité d'un suivi en temps réel entre et pendant les fractions directes de la cible, afin de traiter les tumeurs cancéreuses avec une plus grande précision et d'épargner les tissus sains périphériques. De plus, elle permet des approches fonctionnelles qui ouvrent des perspectives intéressantes pour la radiothérapie adaptative.

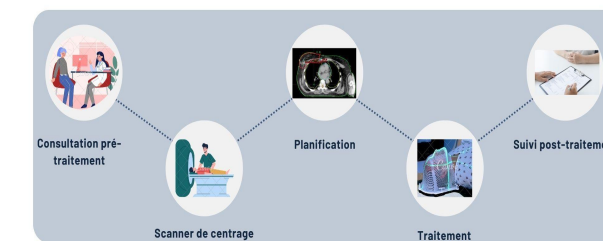
Exemple d'image de positionnement en IRM et Tomographie par ordinateur à faisceau conique. Source : L. Ferrer, S. Josset, A. Moignier, et G. Delpon, « Machines de radiothérapie hybrides : évolution ou révolution ? »

Le principal avantage du TEP-Linac est qu'il peut fournir un traitement à plusieurs sites de cancer à la fois, ce qui est essentiel pour traiter une métastase en même temps que la tumeur primaire. Le système peut traiter cinq à dix sites de cancer en une seule séance, contre un à trois sites pour une unité de radiothérapie conventionnelle, il peut également être utilisé pour un cancer à site unique. Cette innovation ouvre des perspectives intéressantes vis-à-vis de la gestion des mouvements et de la prise en compte de l'hétérogénéité tumorale. Concernant, le **PET-Linac** : un accélérateur linéaire guidé par un PET scan. Le principe est le suivant : lorsque les tumeurs émettent des photons provenant de l'absorption radiopharmaceutique, ces photons sont détectés par le composant TEP du système. L'accélérateur linéaire capte alors ce signal, puis renvoie ses propres photons, conçus pour tuer le cancer à des doses précisément ciblées. A ce moment, la société RefleXion Medical est la seule qu'elle a un système PET-Linac en cours de développement.



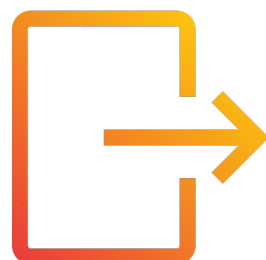


Radiothérapie hybride

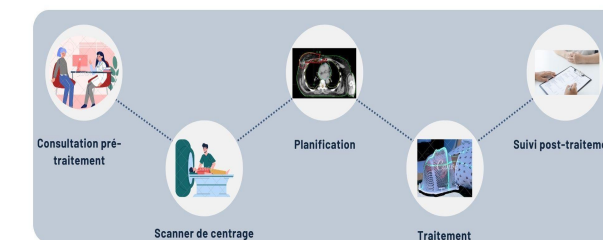


- *L. Ferrer, S. Josset, A. Moignier, et G. Delpon, « Machines de radiothérapie hybrides : évolution ou révolution ? », Cancer/Radiothérapie, vol. 23, n° 6, p. 761-764, oct. 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2019.07.140>.*
- *I. Masson, M. Dutreix, et S. Supiot, « Innovation en radiothérapie en 2021 », Bull. Cancer (Paris), vol. 108, n° 1, p. 42-49, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2020.10.005>.*





"FLASH" radiothérapie

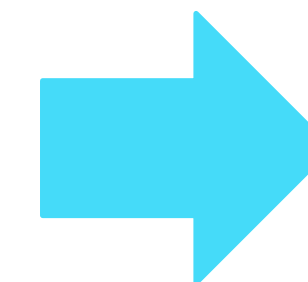
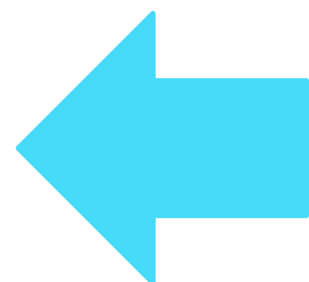


Cette nouvelle technique consiste en une irradiation à très haut débit de dose sur une très courte période temporelle.

La réduction du nombre de séances de traitement est donc un des axes permettant d'améliorer le parcours de soins des patients en radiothérapie, et c'est là tout l'objet de l'innovation de la **FLASH radiothérapie**.

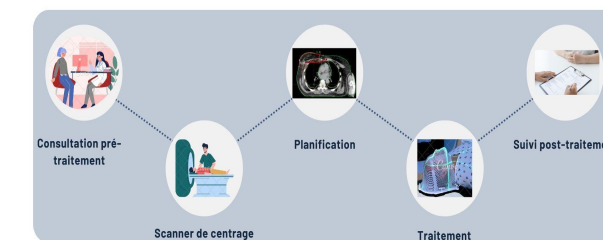
C'est en 2014 que celle-ci est découverte par l'équipe de Vincent Favaudon dans les laboratoires de l'Institut Curie à Orsay.

Au-delà de ce gain de temps prometteur, cette innovation permettrait également de mieux détruire les cellules tumorales tout en améliorant la préservation des tissus. En termes de chiffres, la radiothérapie conventionnelle le débit de dose moyen est d'environ 4 Gray/min contre **100 Gray/sec avec la FLASH**. Le temps de traitement est donc drastiquement réduit et passe de plusieurs minutes à quelques millisecondes.



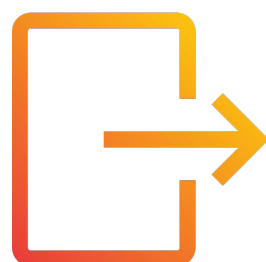


“FLASH” radiothérapie

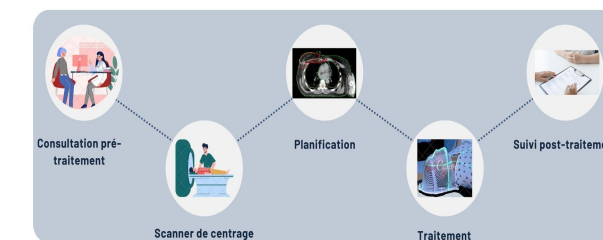


- *Institut Curie, « Radiothérapie FLASH : l’effervescence d’un tournant prometteur | Institut Curie », 2021.
<https://curie.fr/actualite/radiotherapie/radiotherapie-flash-leffervescence-dun-tournant-prometteur> (consulté le 11 décembre 2022).*
- *Institut Curie, « Radiothérapie “Flash” : un pas de plus vers des applications cliniques pour l’Institut Curie et SIT ».*

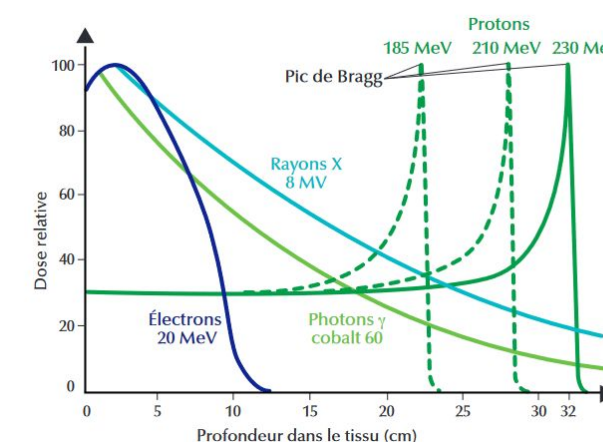




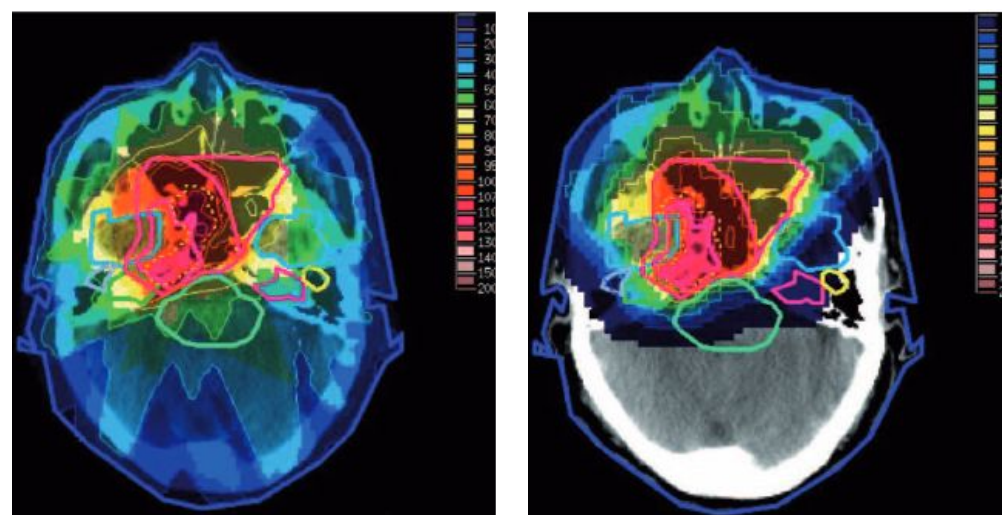
Protonthérapie



L'intérêt de la **protonthérapie** réside dans la physique des protons et les interactions associées. La figure présente les différents profils de dose en fonction de la profondeur du tissu, pour différentes particules. On peut y observer l'impact du niveau d'énergie des protons sur la profondeur de libération de la dose, ainsi que le pic de Bragg, qui désigne le pic de libération d'énergie lors de l'arrêt des protons. A titre comparatif, les faisceaux de rayons X et d'électrons ne libèrent leur énergie cinétique sous forme de dose qu'uniquement en superficie



Profil de dose en fonction de la profondeur de pénétration dans les tissus.
 Source : R. Ferrand, « La protonthérapie, technique de pointe à l'interface entre la physique et la médecine »



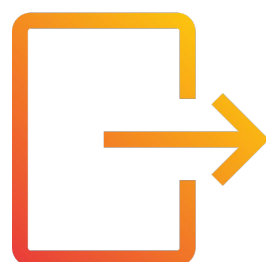
Du point de vue dosimétrique, le centrage du pic de Bragg sur la zone à irradier permet de protéger considérablement les tissus sains. De plus, une fois l'énergie libérée, les protons disparaissent : ils ne sont donc pas traversant comme les rayons X. La première figure représente une simulation d'irradiation cérébrale par rayons X, où les niveaux de dose déposée sont gradués de manière croissante du bleu au rouge. La deuxième figure représente une simulation d'irradiation cérébrale par protonthérapie. Il apparaît clairement que pour une même tumeur cérébrale, la protonthérapie permet de protéger les tissus à l'arrière du crâne

(gauche) coupe cérébrale transverse d'un simulation d'une irradiation par rayons X.

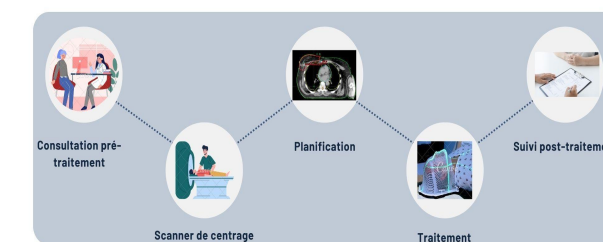
(droite) coupe cérébrale transverse d'un simulation d'une irradiation par protons

Source : R. Ferrand, « La protonthérapie, technique de pointe à l'interface entre la physique et la médecine »





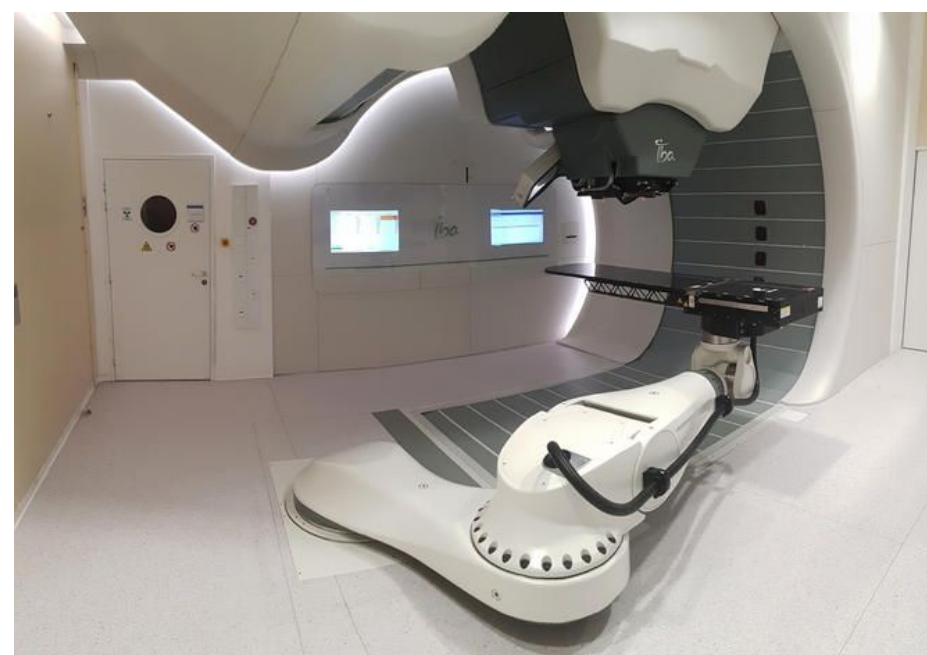
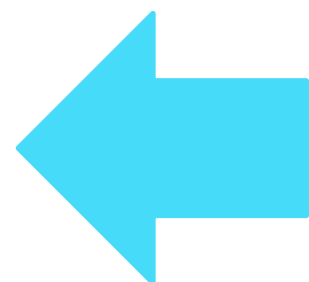
Protonthérapie



En pratique, une installation de protonthérapie nécessite une instrumentation lourde, comprenant un accélérateur de particule pour la production de protons et d'un ou plusieurs bras isocentrique, en fonction du nombre de salles. En effet, un accélérateur peut être utilisé pour plusieurs salles de traitement



Schéma d'une installation de protonthérapie de deux salle de traitements (à gauche) et d'un accélérateur de particule (à droite). Source : <https://www.varian.com/fr/products/proton-therapy>



Salle de traitement avec le bras isocentrique et la table de traitement robotisée
Source: lejournal.cnrs.fr/les-promesses-de-lhadrontherapie

Le principe d'irradiation le plus récent est le pencil beam scanning. Lorsque le faisceau de protons produit par l'accélérateur de particule arrive au niveau du bras isocentrique, il traverse un modulateur qui permet de sélectionner le niveau d'énergie (donc de sélectionner la profondeur), puis un jeu d'électro-aimants permet de faire varier l'orientation du faisceau dans les trois dimensions. Ainsi, cette technique permet de traiter un volume entier par couches successives, de la plus profonde à la moins profonde, tout en protégeant le reste des tissus

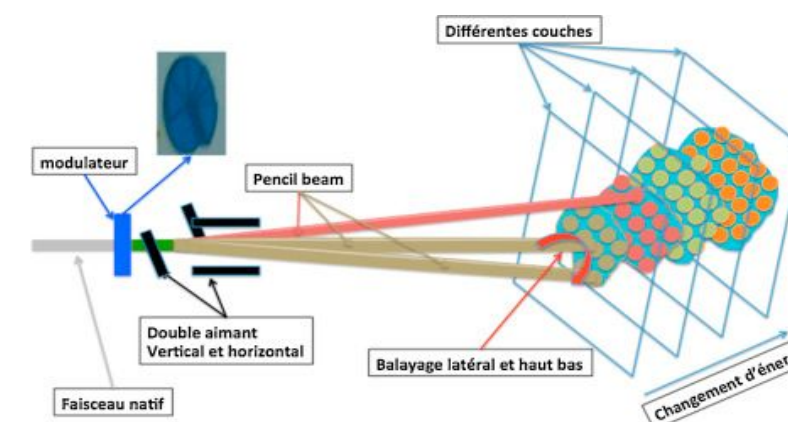
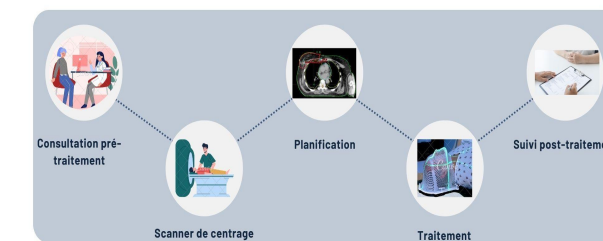


Schéma du principe d'irradiation . Source : A. Bongrand, « Etudes des performances d'un détecteur dédié au contrôle balistique lors des traitements d'hadronthérapie par simulation Monte-Carlo »



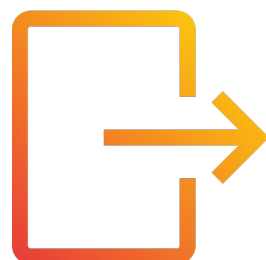


Protonthérapie

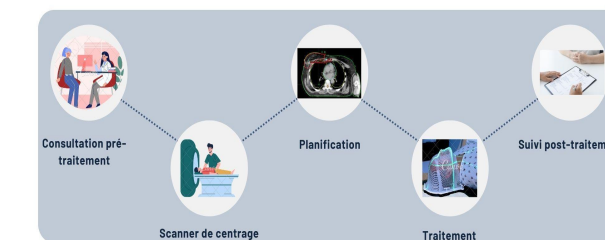


- *ONCO Hauts de France, « Les centres de radiothérapie des Hauts-de-France ».* <https://www.onco-hdf.fr/radiotherapie/les-centres-de-radiotherapie-des-hauts-de-france/> (consulté le 10 décembre 2022).
- *Institut Curie, « La protonthérapie | Institut Curie ».* <https://curie.fr/dossier-pedagogique/la-protontherapie> (consulté le 2 décembre 2022).
- *BA, « Cancers traités par nos partenaires cliniques ».* <https://www.iba-worldwide.com/es/protontherapie/cancers-traites-avec-la-protontherapie> (consulté le 2 décembre 2022).





Nanoparticules couplées à la radiothérapie

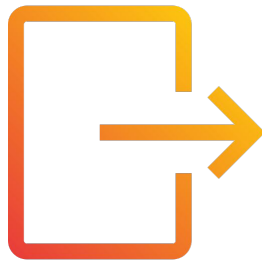


De nombreuses questions se posent autour de l'utilisation de nanoparticules. L'efficacité de la radiothérapie externe peut être limitée pour certains patients du aux doses nécessaires pour détruire le tissu cancéreux. C'est pourquoi Nanobiotix à développé NBTXR3 : un radio enhancer composé de nanoparticules d'oxyde d'hafnium d'environ 50 nanomètres. Cette nanoparticule à été mise en place pour détruire les tumeurs lorsqu'elle est activée par la radiothérapie.

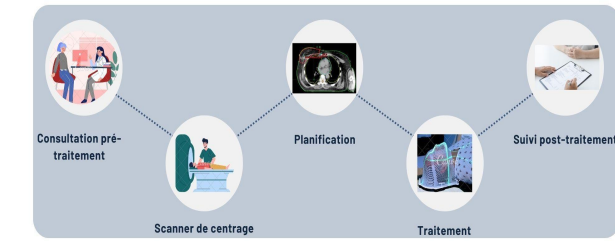
Concernant le mode d'action, les nanoparticules sont de forme sphérique et vont être directement injectés dans la tumeur avant de commencer le traitement en radiothérapie. Toute l'ergonomie (taille, forme, charge de surface...) a été pensée et créée pour augmenter son absorption par les cellules tumorales et ainsi améliorer le traitement par la suite. Après avoir été injectés dans la tumeur, les nanoparticules vont alors s'amasser au niveau des cellules cancéreuses sous forme de cluster tout en restant inactive.

Une fois activés par les rayons X, NBTXR3 augmente de manière considérable l'énergie absorbée et améliore ainsi la dose délivrée. Après chaque séance de radiothérapie les nanoparticules retournent à leurs état inactif les rayonnements peuvent donc être appliqué de manière répétitive avec seulement une seule injection. De nombreuses études cliniques et certifications sont actuellement en cours pour d'autres cancers (différentes anatomies) et pourraient ainsi révolutionner le traitement en radiothérapie externe.





Nanoparticules couplées à la radiothérapie

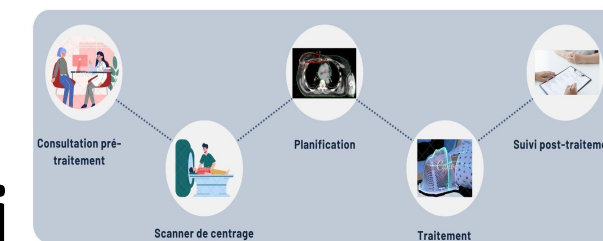


- *Institut Curie, « Nanoparticules et radiothérapie : cocktail gagnant contre le cancer ».*
<https://curie.fr/actualite/innovation/nanoparticules-et-radiotherapie-cocktail-gagnant-contre-le-cancer> (consulté le 10 décembre 2022).
- *E. Groyer, « ASCO 2019. Des nanoparticules pour amplifier l'effet de la radiothérapie », RoseUp Association, 1 juin 2019.*
<https://www.rose-up.fr/magazine/asco2019-nanoparticule-radiotherapie/> (consulté le 10 décembre 2022).
- *NANOBIOTIX, « Essais cliniques ».* <https://www.nanobiotix.com/fr/essais-cliniques/> (consulté le 10 décembre 2022).





Les nouvelles innovations technologiques dans l'étape de Suivi post-traitement :

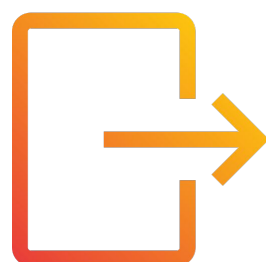


Cliquez sur une des innovations

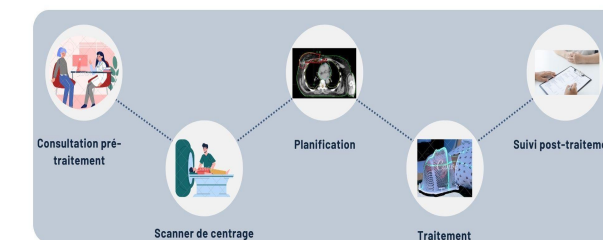
La photobiomodulation

La dictée numérique

L'utilisation des PRO (patients reported outcomes)



La photobiomodulation



Ainsi, à cause d'une délivrance inappropriée de la dose, des innovations sont apparues au cours des dernières années afin d'atténuer l'apparition de mucites en utilisant la lumière : on parle de photobiomodulation. C'est une méthode à visée curative ou préventive en utilisant un laser limitant les effets indésirables de la radiothérapie. Cependant, ce procédé reste fastidieux à mettre en œuvre, d'où le fait que peu de radiothérapeutes l'utilisent. **Neomedlight** est une société qui développe une innovation thérapeutique apportant une alternative à l'utilisation des lasers dans les moyens de lutte contre les effets indésirables de la radiothérapie. La société vise à démocratiser les habitudes grâce au dispositif **CareMin650**. Ce dispositif se base sur l'utilisation d'un textile lumineux afin de limiter les effets de la biomodulation. De ce fait, les résultats sont , une surface de contact de la la peau plus importante, plus de problème de distance entre le laser et la peau, un traitement rapide et indolore et moins coûteux que la thérapie au laser. Pour l'instant le dispositif reste en phase clinique et il existe peu de patients inclus. Mais les résultats restent prometteurs et pourraient être une avancée intéressante particulièrement pour les patients atteints d'un cancer ORL

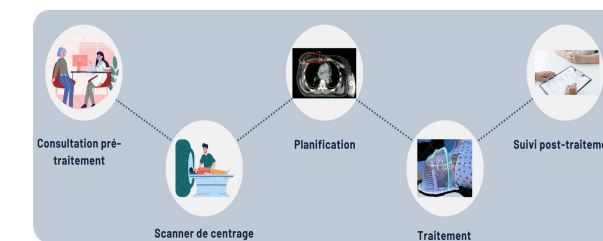


Dispositif CareMin650 et illustration de l'utilisation du dispositif. Source : E. Groyer, « ASCO 2019. Des nanoparticules pour amplifier l'effet de la radiothérapie », RoseUp Association, 2019





La photobiomodulation

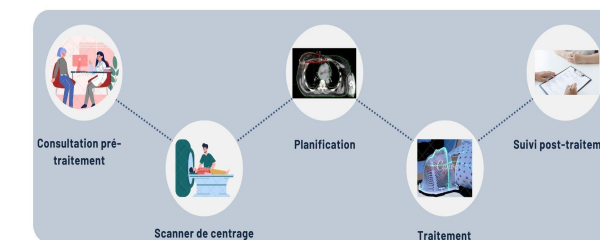


- *NeoMedLight, « Dispositifs Médicaux NeoMedLight | Meilleure délivrance de Photothérapie », NeoMedLight. <https://www.neomedlight.com/fr/> (consulté le 10 décembre 2022).*
- *E. Groyer, « Tisser la lumière pour soigner les mucites - RoseUp Association », RoseUp Association, 2020. <https://www.rose-up.fr/magazine/cancer-mucite-dermite-photobiomodulation-neomedlight/> (consulté le 10 décembre 2022).*





La dictée numérique



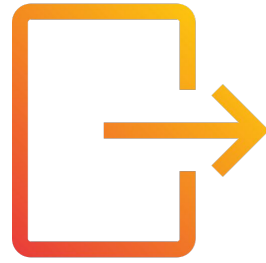
Ces derniers temps, **la dictée numérique** se développe et s'adapte au domaine médical. Afin de gagner du temps et pour rester efficace dans la création des dossiers médicaux patients, la reconnaissance vocale représente un outil optimal pour les praticiens. C'est une des priorités identifiées par les médecins qui ont fait part de leurs exigences pour un meilleur confort que la dictée analogique relativement fastidieuse pour les secrétaires médicales .

Cette solution n'intéresse pas seulement les médecins : la dictée numérique engendre un retour sur investissement non négligeable pour les hôpitaux et reste une des attentions des directions des hôpitaux.

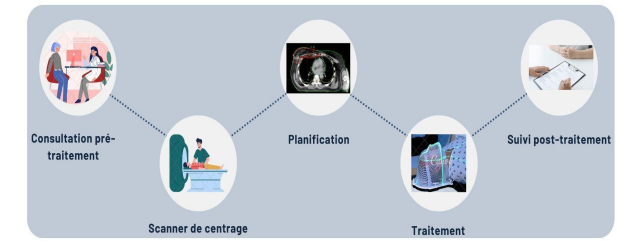
Un point intéressant : la dictée numérique propose aujourd'hui un moyen de stockage et d'échange de documents audio sécurisé entre le médecin et le secrétariat médical. Comme autres avantages, la dictée numérique permet de faire gagner un gain de temps sur la mise en forme des dossiers, leurs distributions, leurs intégrations au serveur, le tout avec aucune prise de note, renforçant ainsi une traçabilité électronique du dossier patient plus sécurisée.

Exemple : le dispositif DigtaSoft Voice medical est un des outils permettant de répondre aux exigences des professionnels de santé dans sa dictée. Le dispositif intègre un lexique médical pour la médecine et ses spécialités. Le point fort : DigtaSoft propose des modèles rapports de diagnostic déjà établis. Ainsi, avec une utilisation adaptée à la fonction du praticien, DigtaSoft facilite le travail du radiothérapeute en lui faisant gagner du temps pour se consacrer davantage au suivi du patient





La dictée numérique

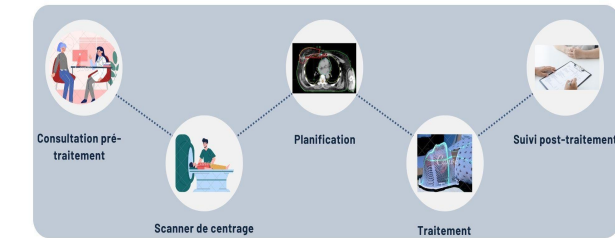


- *Ordiginal, « DigitaSoft Pro »*. <https://ordiginal.com/fr/digitasoft-pro/> (consulté le 11 décembre 2022).





L'utilisation des PRO (Patient-Reported Outcome)

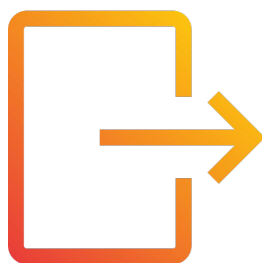


Enfin, la dernière idée est de rapporter les résultats par le patient lui-même après le traitement par radiothérapie sans l'aide du médecin. **On parle de PRO (patients reported outcomes)**, un indicateur puissant de résultat rapporté par le patient. Le National Cancer Institute (NCI) a créé un système d'enregistrement des saisies du patient en ligne du nom d'ePRO. Ces données peuvent être envoyées à l'oncologue après le traitement par radiothérapie pour suivre l'évolution des symptômes. En France, ce système n'est pas encore utilisé à un niveau national. Cependant, depuis l'adoption de la réforme du système de santé "Ma santé 2022" pour améliorer le système de soins, l'implémentation des PRO est fortement soutenue par l'HAS qui souhaite déployer son utilisation sur le territoire national. Des études ont permis de souligner l'utilité et l'importance des PRO dans la prise en charge pour les patients atteints du cancer quel que soit le type. Le suivi est donc plus fidèle grâce aux dires du patient. Ce système n'est certes pas encore mis en place dans les centres, notamment car elle nécessite un développement informatique, mais elle reste une bonne avancée pour le suivi post-traitement en radiothérapie.

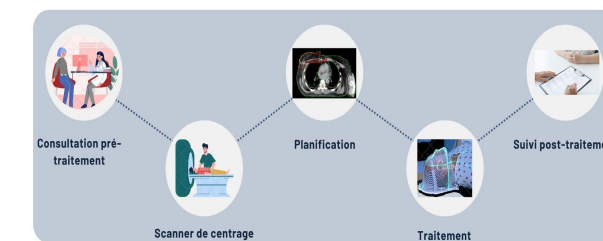


Haute Autorité de Santé. Source : <https://www.has-sante.fr/>





L'utilisation des PRO (Patient-Reported Outcome)



- *Ministère de la Santé et de la Prévention, « Ma santé 2022 : un engagement collectif », Ministère de la Santé et de la Prévention, 2022. <https://solidarites-sante.gouv.fr/systeme-de-sante-et-medico-social/masante2022/> (consulté le 11 décembre 2022).*
- *Haute Autorité de Santé, « Mise en œuvre d'indicateurs de résultat rapportés par les patients en ville ou en établissement de santé », 2021. https://www.has-sante.fr/jcms/p_3265869/en/mise-en-oeuvre-d-indicateurs-de-resultat-rapportes-par-les-patients-en-ville-ou-en-etablissement-de-sante-appel-a-projets-termine (consulté le 11 décembre 2022).*

