



Radioprotection grand ouest

11 Juin 2025



Diminution des rayonnements ionisants en milieu médical : l'intelligence artificielle est-elle la solution ?

Anaïs Barateau

Physicienne médicale, PhD

a.barateau@rennes.unicancer.fr



Conflits d'intérêt

➤ Je ne déclare aucun conflit d'intérêt

Présentation et disclaimer

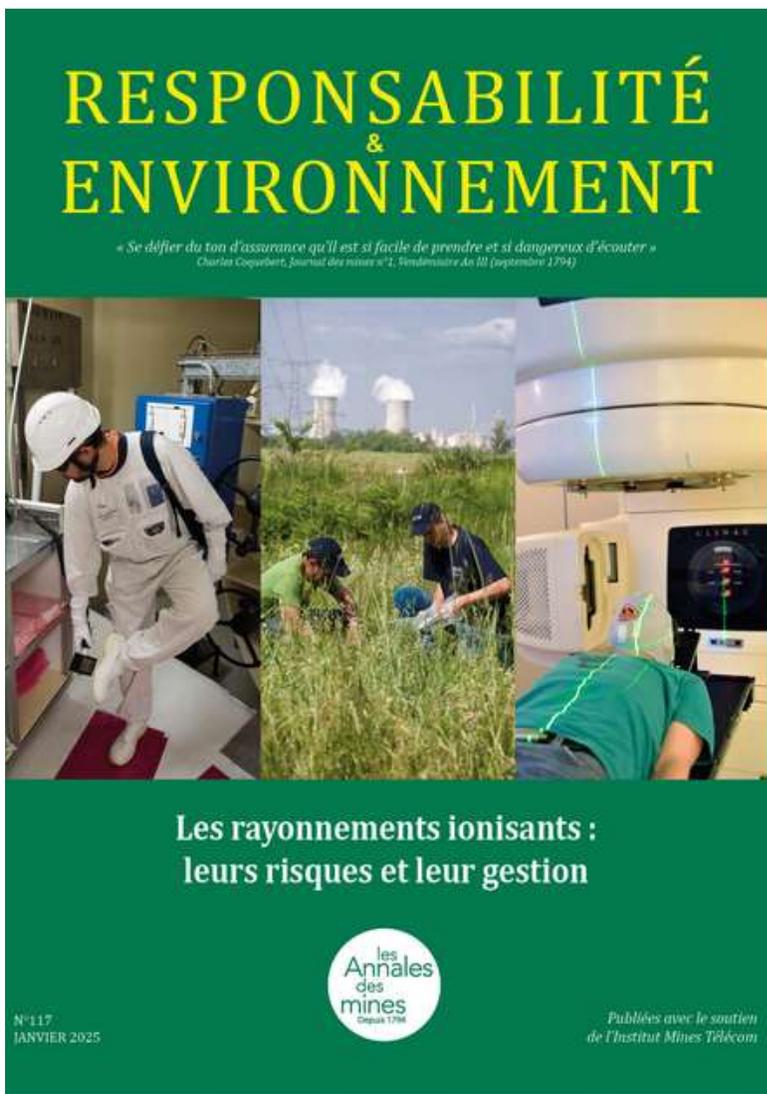
- ▶ Je suis **physicienne médicale en radiothérapie**
 - ▶ Collègue de Sophie Laffont et Patrice Roch (conseillers en radioprotection pour établissement)
- ▶ J'effectue des travaux de recherche en **traitements d'images**, utilisant de **l'intelligence artificielle** depuis bientôt 10 ans



RENNES



Introduction



Les rayonnements ionisants : leurs risques et leur gestion

Diminution des rayonnements ionisants en milieu médical, l'intelligence artificielle est-elle la solution ?

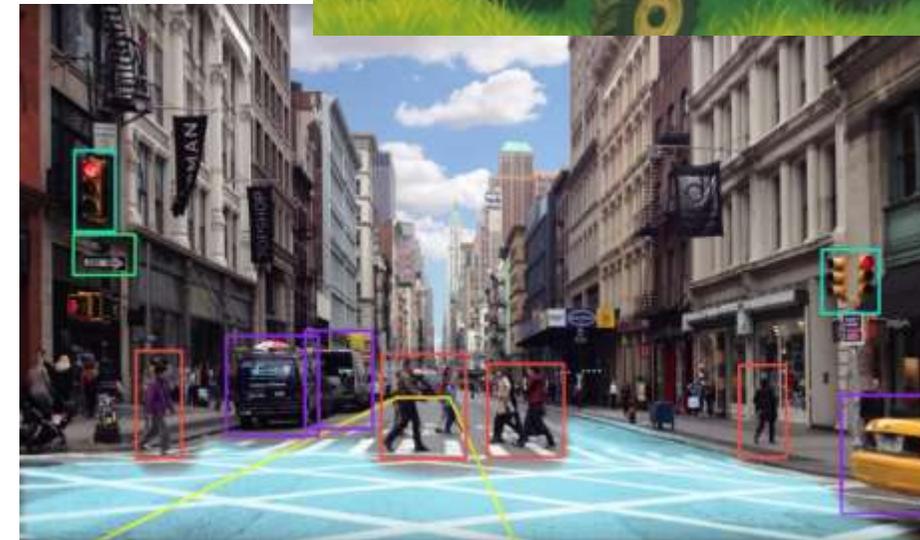
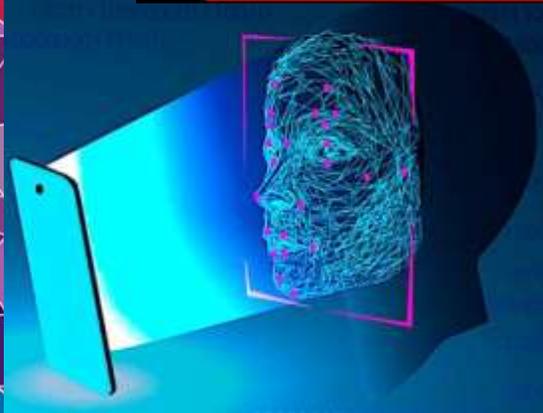
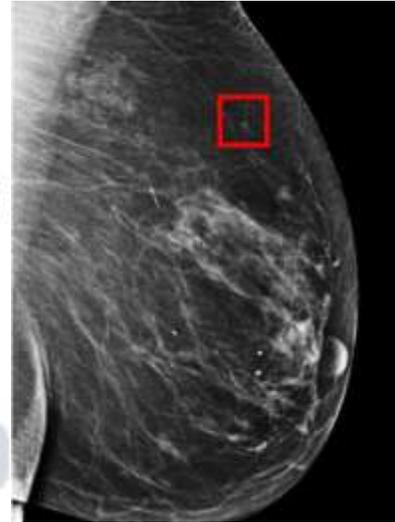
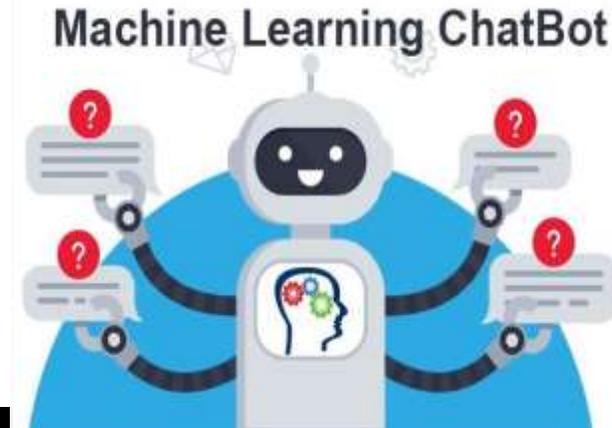
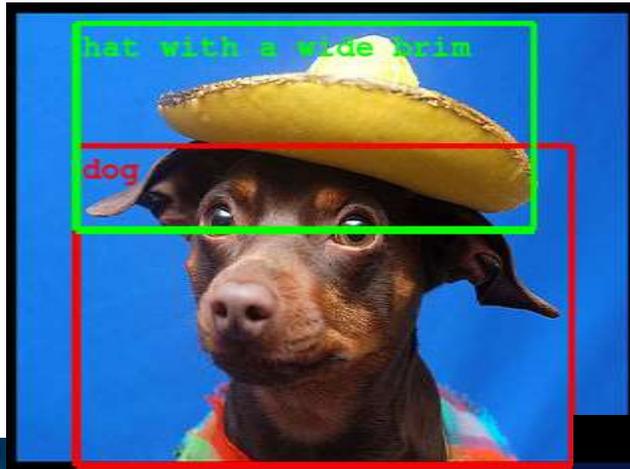
Par Anaïs BARATEAU

Physicienne médicale au Centre Eugène Marquis
(Centre régional de lutte contre le cancer) à Rennes, Université de Rennes,
CLCC Eugène Marquis, INSERM, LTSI - UMR 1099, Rennes

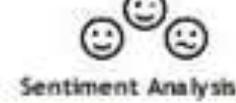
Les applications de l'intelligence artificielle (IA) ont connu au cours de la dernière décennie une explosion dans de nombreux domaines. Le milieu médical n'y échappe pas et voit l'éclosion de nombreuses solutions commerciales. Les méthodes d'intelligence artificielle surpassent dans de nombreux domaines les méthodes plus classiques et offrent souvent un gain de temps notable. Certaines applications permettent une diminution de la dose reçue par le patient, une meilleure préservation des tissus sains ou même la suppression de certains examens impliquant des rayonnements ionisants. Néanmoins, l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les services cliniques soulève de nouvelles questions notamment en termes de validation, de formation ou encore d'éthique.

Numéro coordonné par Michel Bourguignon et Valérie Chambrette

L'IA est partout



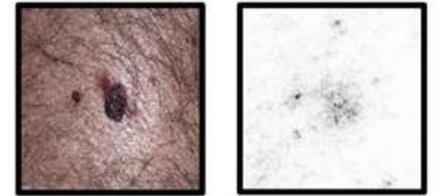
Voiture autonome



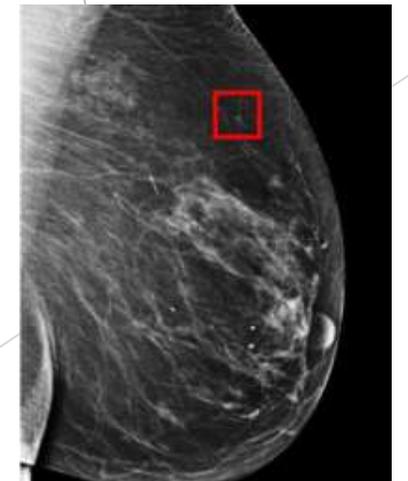
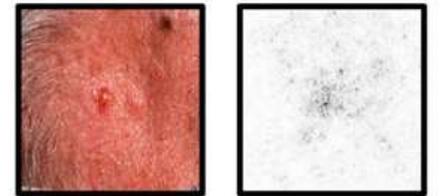
IA en milieu médical

- Beaucoup de données (images, données cliniques, etc.)
- Exemples connus :
 - ◆ Classification de cancer de la peau à partir d'images (Esteva et al., 2017, Nature)
 - ◆ Détection de cancer du sein (McKinney et al., 2020, Nature)

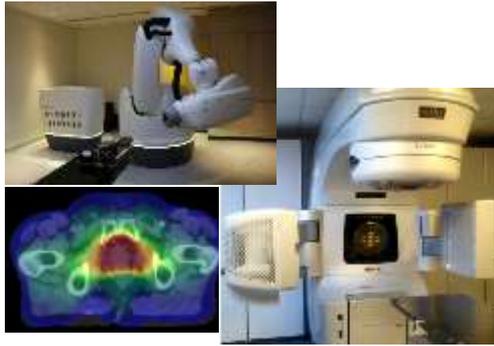
a. Malignant Melanocytic Lesion



b. Malignant Epidermal Lesion

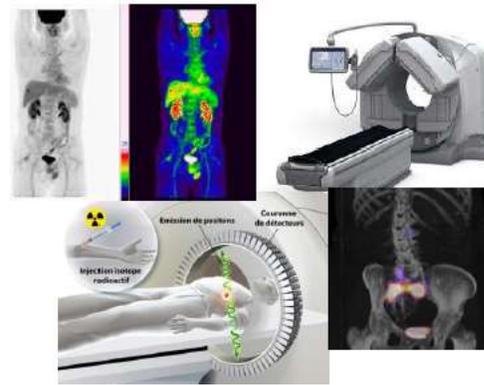


IA et rayonnements ionisants en milieu médical



Radiothérapie

Planification dosimétrique, génération d'images, segmentation automatique, curiethérapie, contrôle qualité, etc.



Médecine nucléaire

Reconstruction d'images, segmentation automatique, optimisation protocoles, contrôle qualité, etc.



Radiologie

Optimisation qualité image versus dose imagerie, reconstruction d'images, diagnostic, etc.

+ Radioprotection

..., etc.

Principe de l'intelligence artificielle

Deux phases :

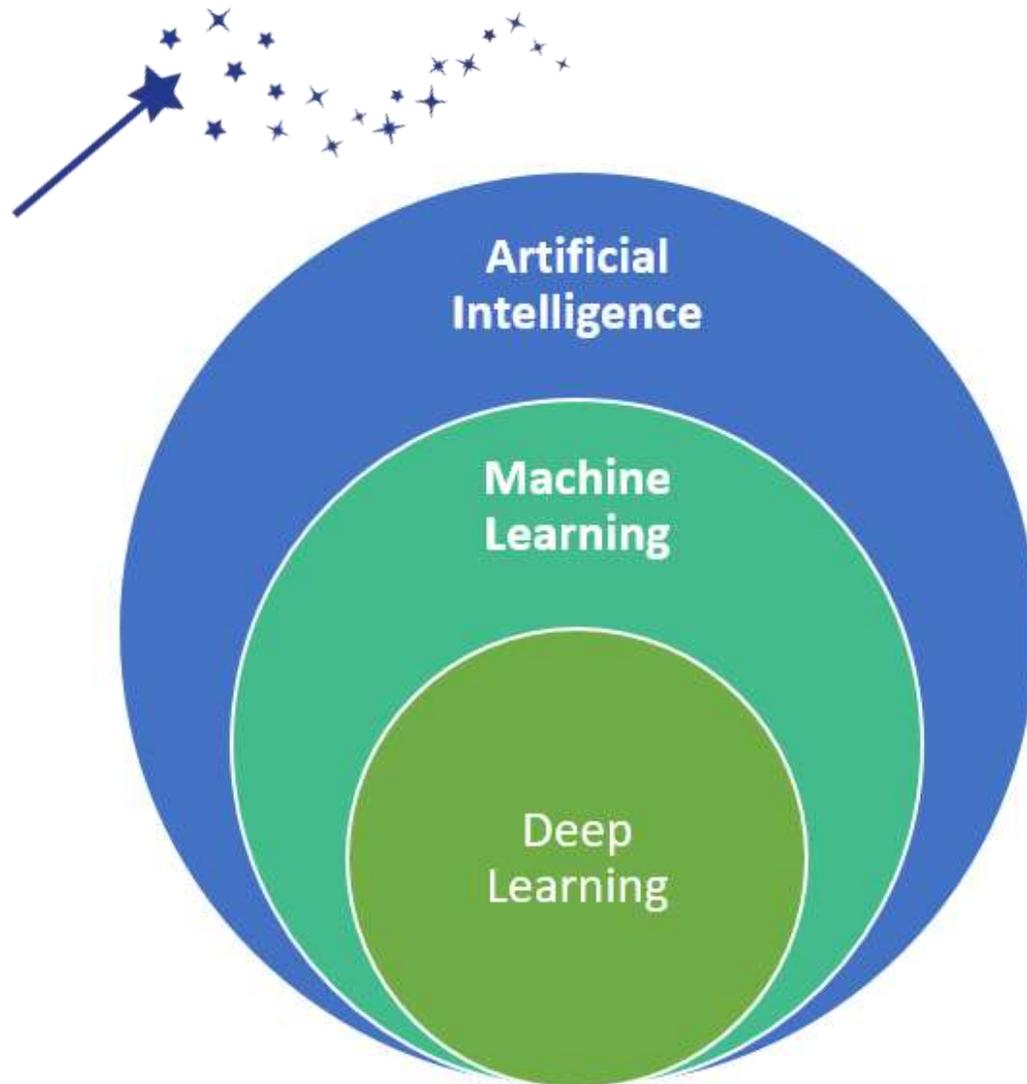
✦ Phase d'apprentissage : Algorithme que l'on nourrit avec des **données**, il **apprend** (ou observe) les liens entre ces données

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9
    
```



✦ Phase « d'utilisation » : l'algorithme entraîné **reproduit** les liens observés sur la donnée d'entrée



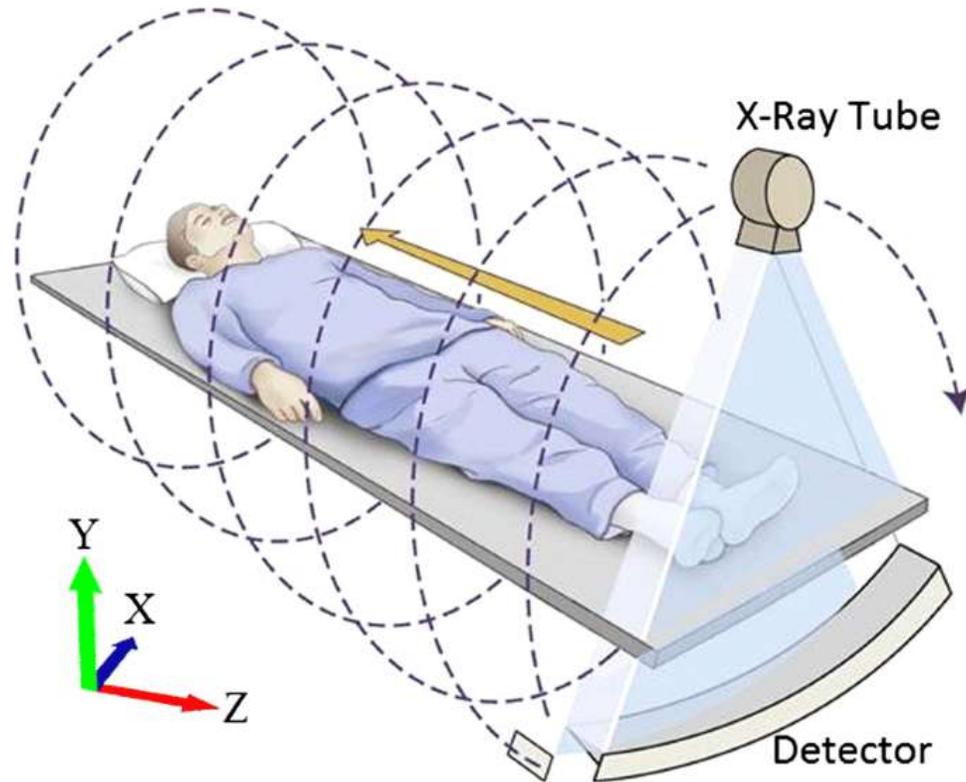
IA = diminution dose de rayonnements ionisants

Illustration à travers 3 exemples :

- Exemple 1 : Reconstruction d'image scanner
- Exemple 2 : Génération d'images synthétiques
- Exemple 3 : Radiothérapie adaptative

Exemple 1 : Reconstruction image scanner

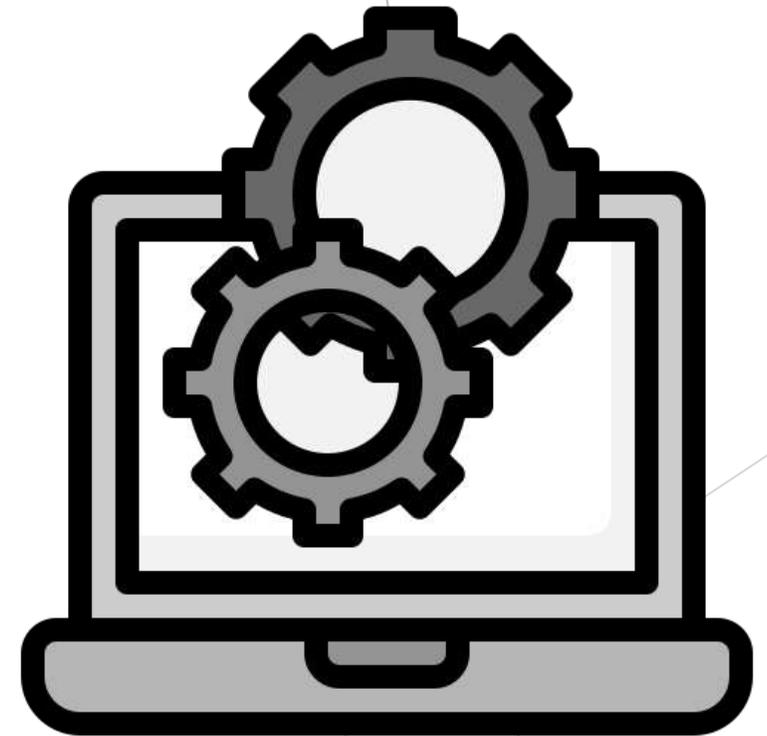
➤ Principe général



Acquisition

→ dose de rayonnements
ionisants

Obtention d'images de
projection en 2D



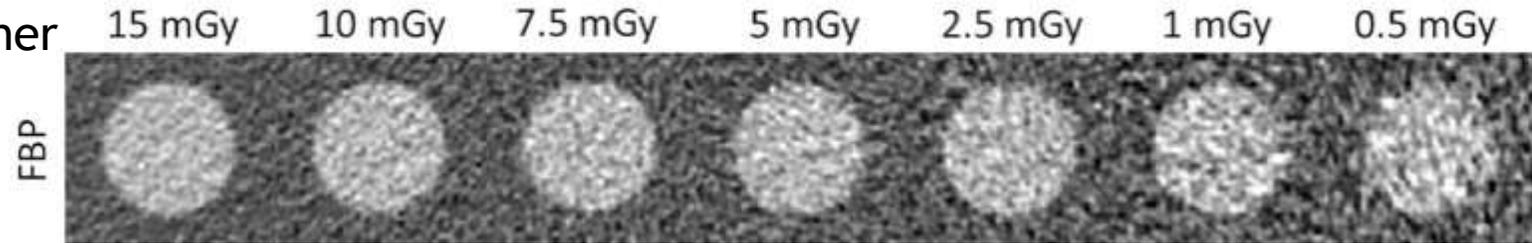
Reconstruction d'images en 3D
→ possibilité de solutions IA

Exemple 1 : Reconstruction image scanner

- Lien classique qualité image et dose de rayonnement

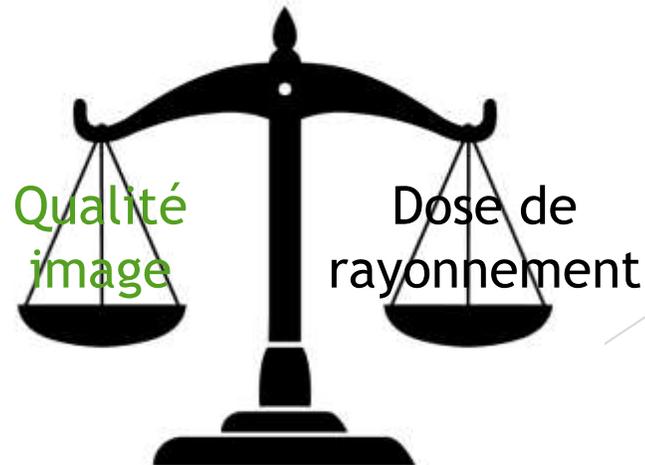
Dose de rayonnement
ionisant pour un scanner

*Méthode classique de
reconstruction*



Greffier et al., 2020

Diminution de dose de rayonnement pour le
patient = moins bonne qualité image

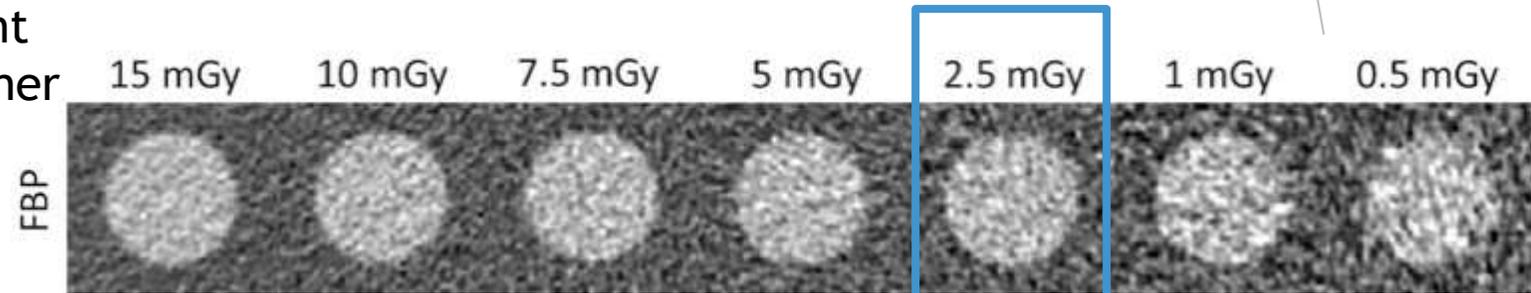


Exemple 1 : Reconstruction image scanner

➤ Arrivée du deep learning

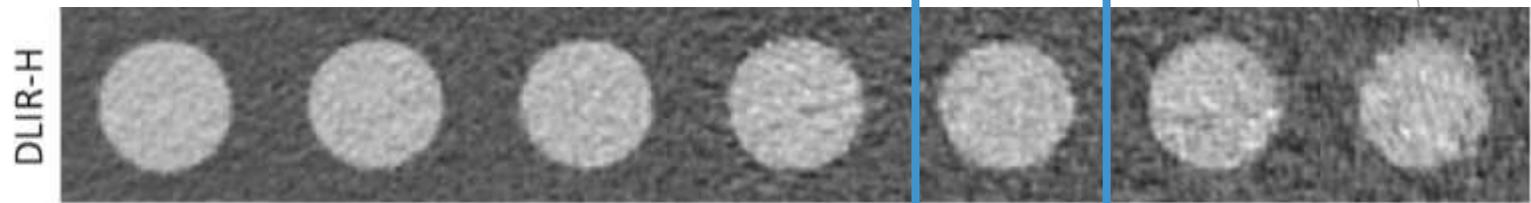
Dose de rayonnement ionisant pour un scanner

Méthode classique de reconstruction



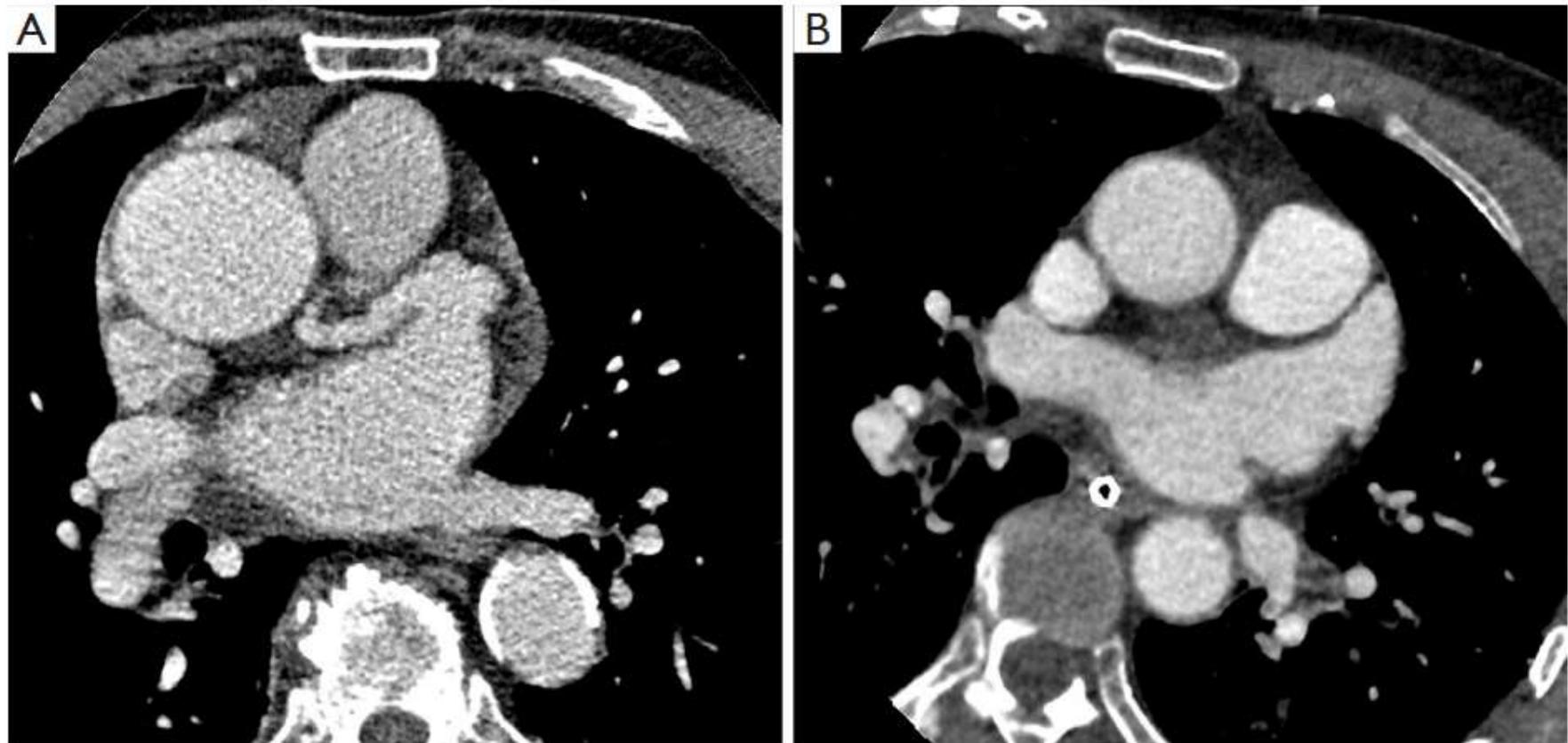
~~Diminution de dose de rayonnement pour le patient = moins bonne qualité image~~

Méthode de deep learning



Exemple 1 : Reconstruction image scanner

➤ Arrivée du deep learning



Exemple 2 patients : standard rec CT DIvol 12,6 mGy

DL rec CT DIvol 1,7 mGy

13

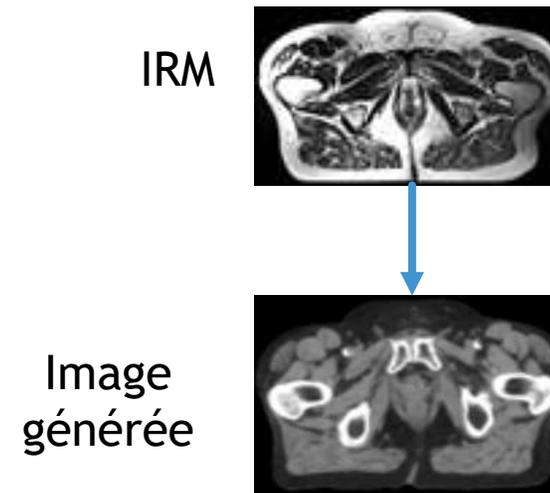
Exemple 2 : Génération d'images synthétiques

Quelle image générée à partir de quel type d'image pour quel objectif ?

- Scanner synthétique à partir **IRM** pour diagnostic, guider geste en orthopédie
- Scanner synthétique à partir **IRM, MVCT** ou **CBCT** pour calcul de dose en radiothérapie
- Scanner synthétique à partir d'**IRM** pour recalage avec CBCT/CT
- Scanner synthétique à partir de **CBCT** pour contourage automatique
- Scanner synthétique à partir d'**IRM** pour correction atténuation TEP (machine TEP/IRM)

Exemple 2 : Génération d'images synthétiques

- Focus scanner synthétique à partir d'IRM

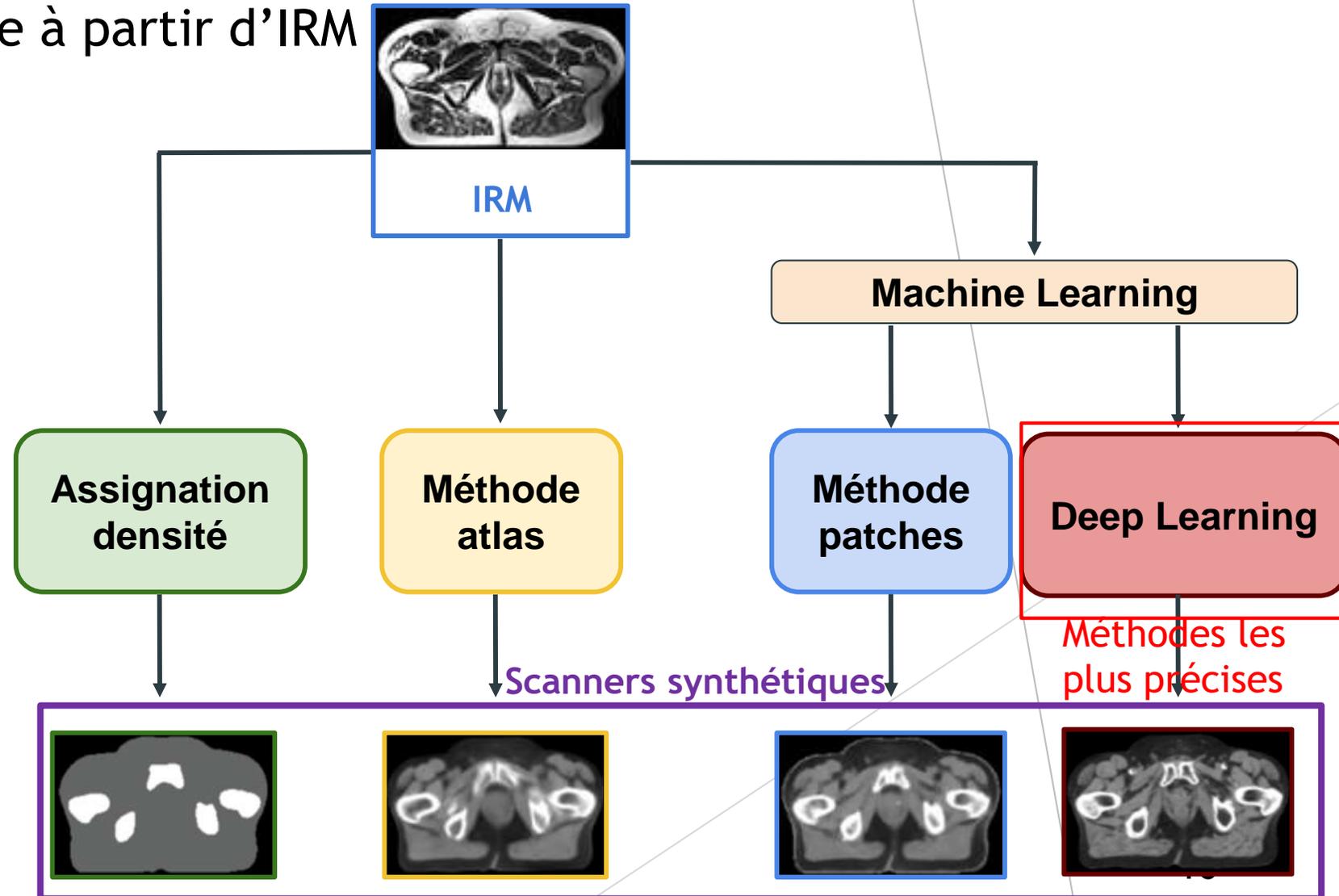


Scanner virtuel / pseudo-scanner / scanner synthétique

→ image qui **ressemble** à un scanner (en nombre UH) à partir d'une autre modalité d'imagerie

Exemple 2 : Génération d'images synthétiques

➤ Focus scanner synthétique à partir d'IRM

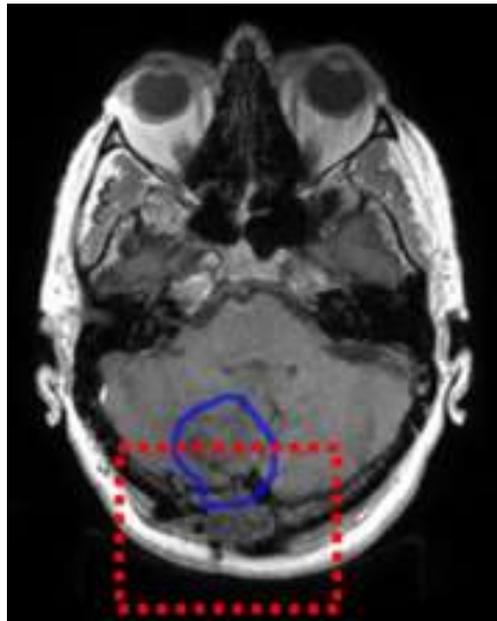


Exemple 2 : Génération d'images synthétiques

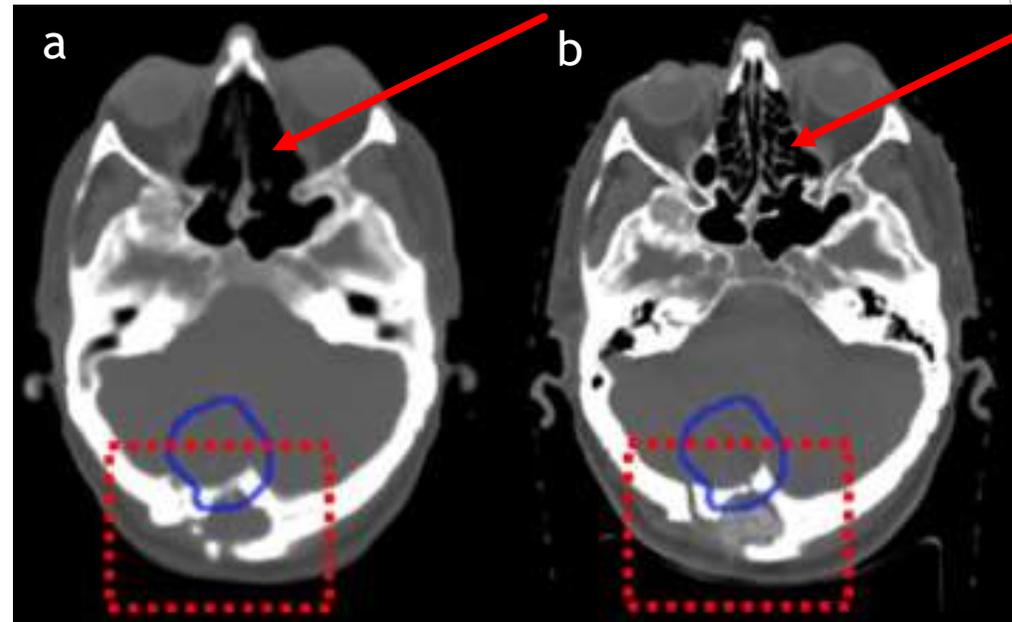
- Focus scanner synthétique à partir d'IRM : exemple crâne

Lequel est le scanner synthétique ?

IRM



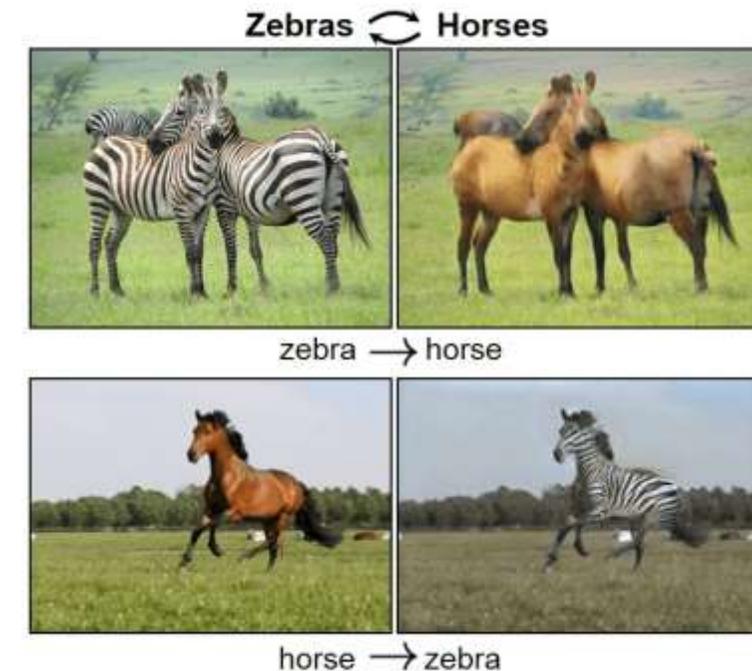
Scanner synthétique



Vrai scanner

Exemple 2 : Génération d'images synthétiques

- Peut permettre de diminuer certains examens avec rayonnements ionisants
- Avec IA possible de générer n'importe quel type d'image médicale à partir d'une autre modalité
→ attention aux dérives
- Déploiement à venir en radiothérapie
→ problématique contrôle qualité de l'image générée en cours d'investigation

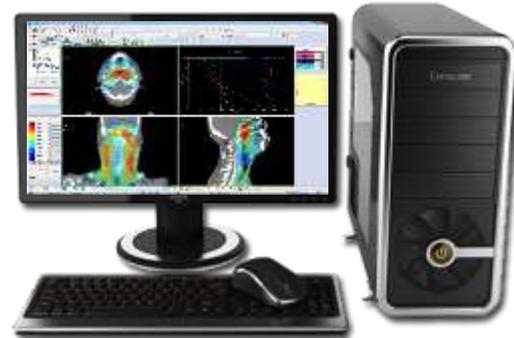


Exemple 3 : Radiothérapie adaptative

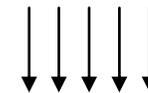
➤ Workflow standard de radiothérapie



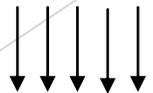
Scanner de planification



Planification de traitement



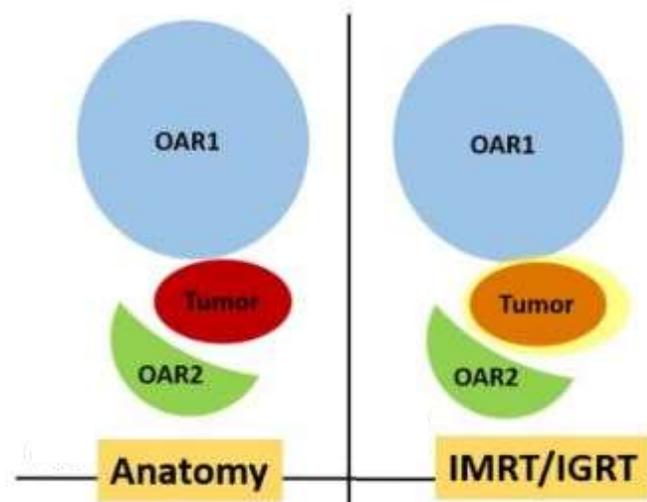
...



Traitement standard : 4 à 8 semaines

Exemple 3 : Radiothérapie adaptative

➤ Workflow standard de radiothérapie



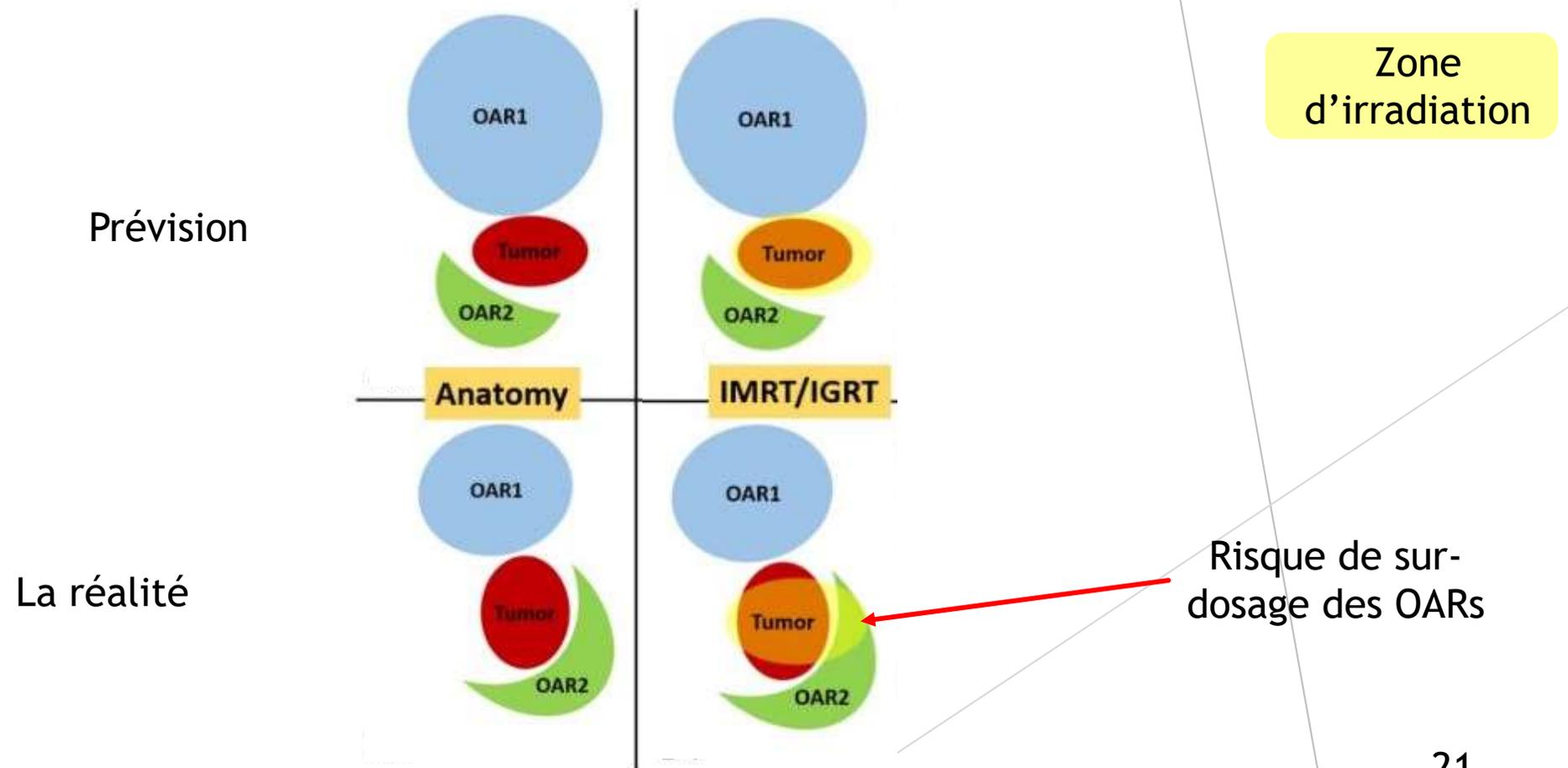
Zone
d'irradiation

→ Amélioration des techniques de traitement au fil du temps (maintenant IMRT)
→ organes à risque (OAR) moins irradiés

→ Préparation d'un plan de traitement pour toute la durée : **hypothèse qu'il n'y a pas de variations anatomiques durant le traitement**

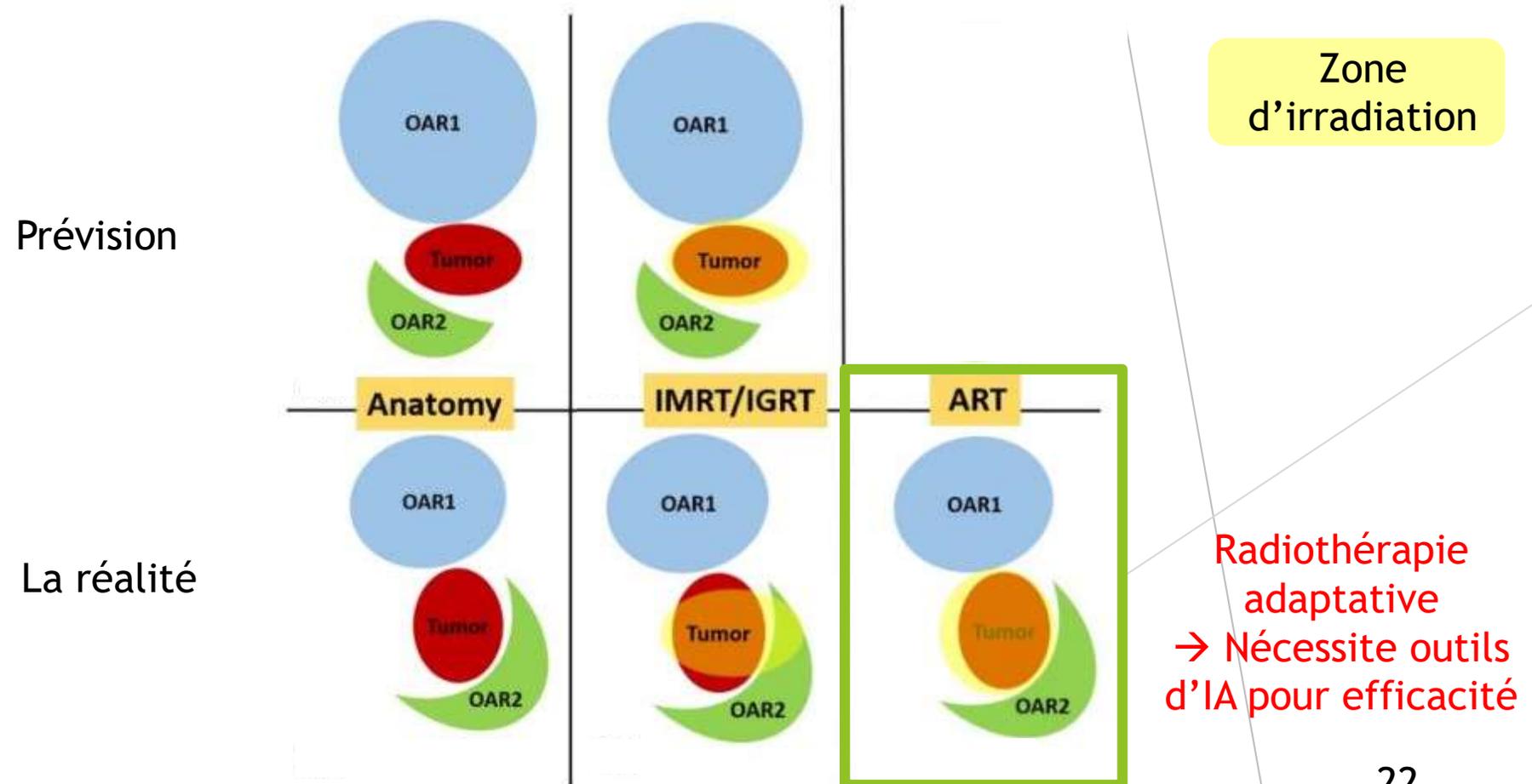
Exemple 3 : Radiothérapie adaptative

➤ Workflow standard de radiothérapie



Exemple 3 : Radiothérapie adaptative

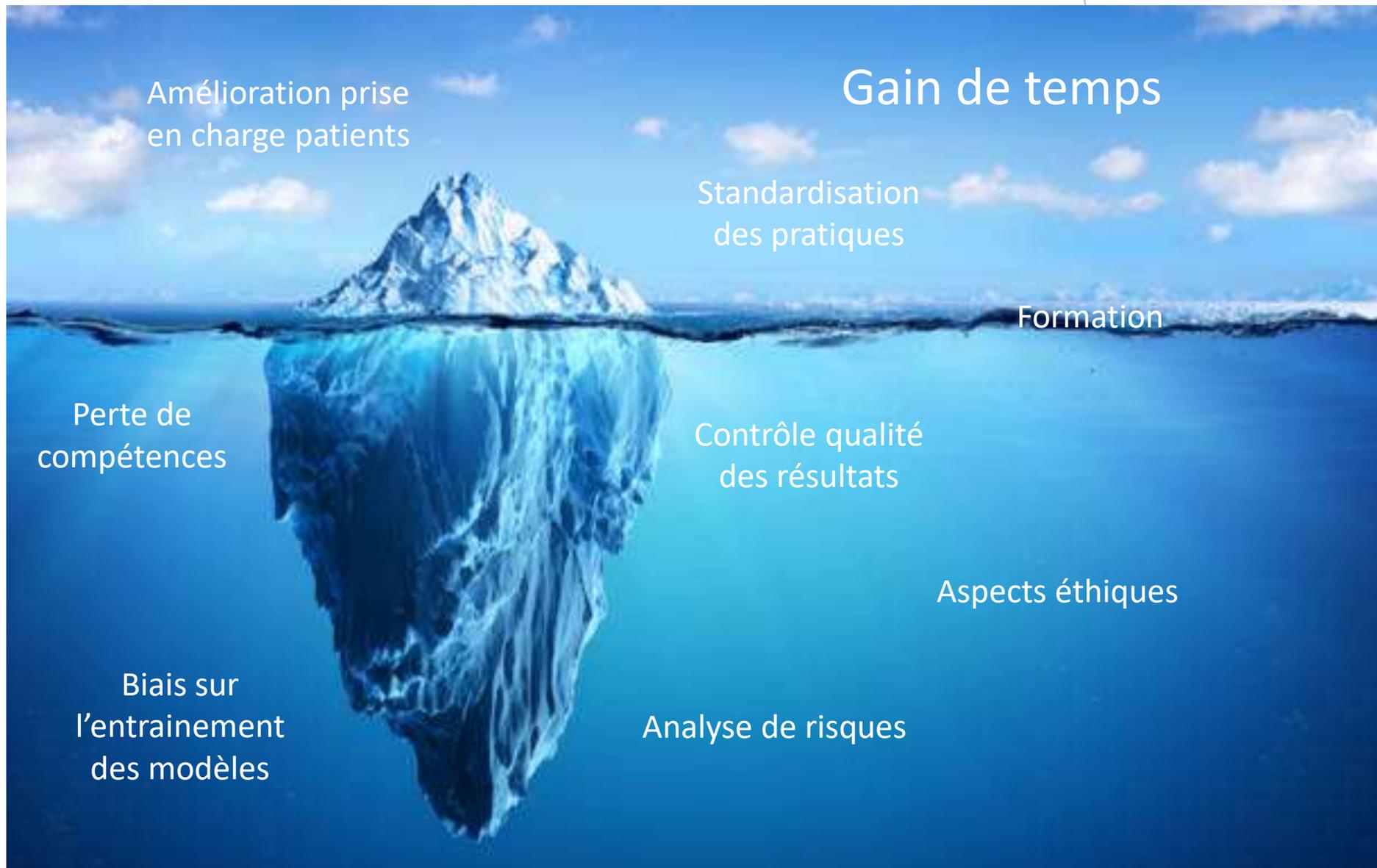
➤ Workflow standard de radiothérapie



Exemple 3 : Radiothérapie adaptative

- Outils d'IA pour proposer à davantage de patients
 - Segmentation automatique
 - Génération de scanner synthétique à partir d'IRM ou CBCT pour le calcul de dose
 - Planification automatique
- Etc.

L'intelligence artificielle oui mais ...



Amélioration prise en charge patients

Gain de temps

Standardisation des pratiques

Formation

Perte de compétences

Contrôle qualité des résultats

Aspects éthiques

Biais sur l'entraînement des modèles

Analyse de risques

Conclusion

- IA = outils diversifiés et de plus en plus performants
 - ✦ Diminution dose due aux rayonnements ionisants*
 - ✦ Gain de temps*
- Transition à faire et évolution de nombreux corps de métiers

L'IA est/va être une alliée ssi elle est utilisée à bon escient et avec précaution

Merci de votre attention ! Des questions ?

