



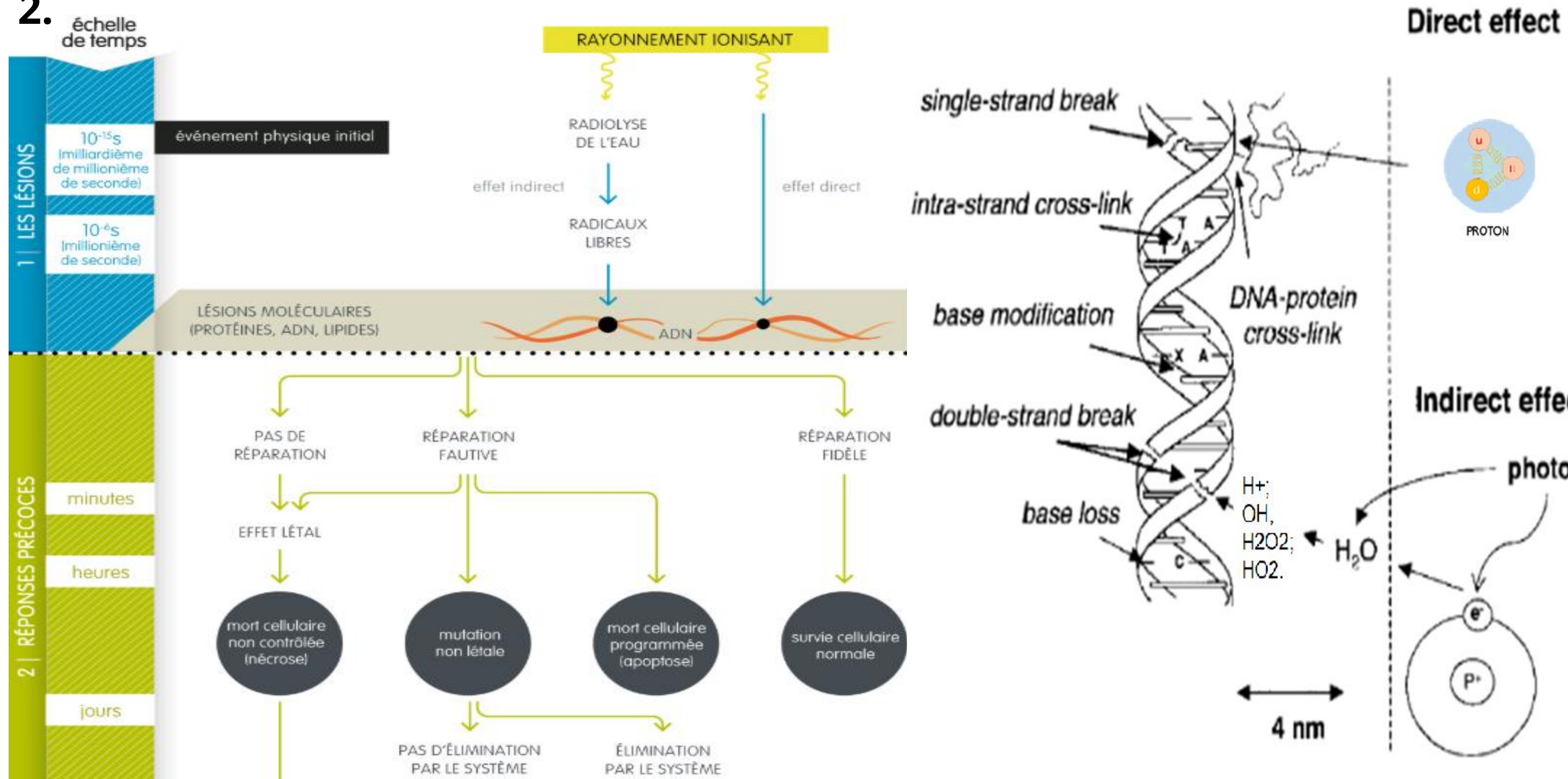
Retrouvez mon profil sur LinkedIn

## Introduction à la médecine nucléaire

En 2019 le secteur du nucléaire souffre toujours de nombreuses idées reçues en France. Ce poster a pour but d'éclairer sur un aspect méconnu du secteur nucléaire très peu évoqué dans les débats publics : **la médecine nucléaire**, et plus particulièrement une nouvelle technique de traitement appelée **protonthérapie**. Il s'agit d'une technique de médecine nucléaire utilisant des protons pour traiter certains types de cancers<sup>1</sup>. La médecine nucléaire comprend toute utilisation de rayonnements ionisants à des visées diagnostics ou thérapeutiques. Les études d'interaction rayonnements/matières ont permis de mettre en lumière le comportement de chaque type de rayonnements, et in fine de déterminer leurs utilisations en médecine nucléaire. On peut alors se demander **quelles sont les propriétés qui rendent la protonthérapie plus efficace que d'autres rayonnements ionisants ?** Pour répondre à cette question une comparaison entre l'utilisation de rayons X courante en médecine nucléaire, et la protonthérapie est réalisée.

## Effets biologiques des rayonnements ionisants

Tout d'abord il est important de savoir que les rayonnements ionisants agissent au niveau atomique. Ils peuvent avoir des effets stochastiques et des effets déterministes, mais on ne s'intéresse qu'aux effets déterministes des rayons X et des protons. A noter que les rayonnements peuvent agir de façon directe ou indirecte sur l'ADN<sup>2</sup>. **Les effets des différents types de rayonnements sont présentés en figure 1. Les types de dégâts à l'ADN sont présentés en figure 2.**

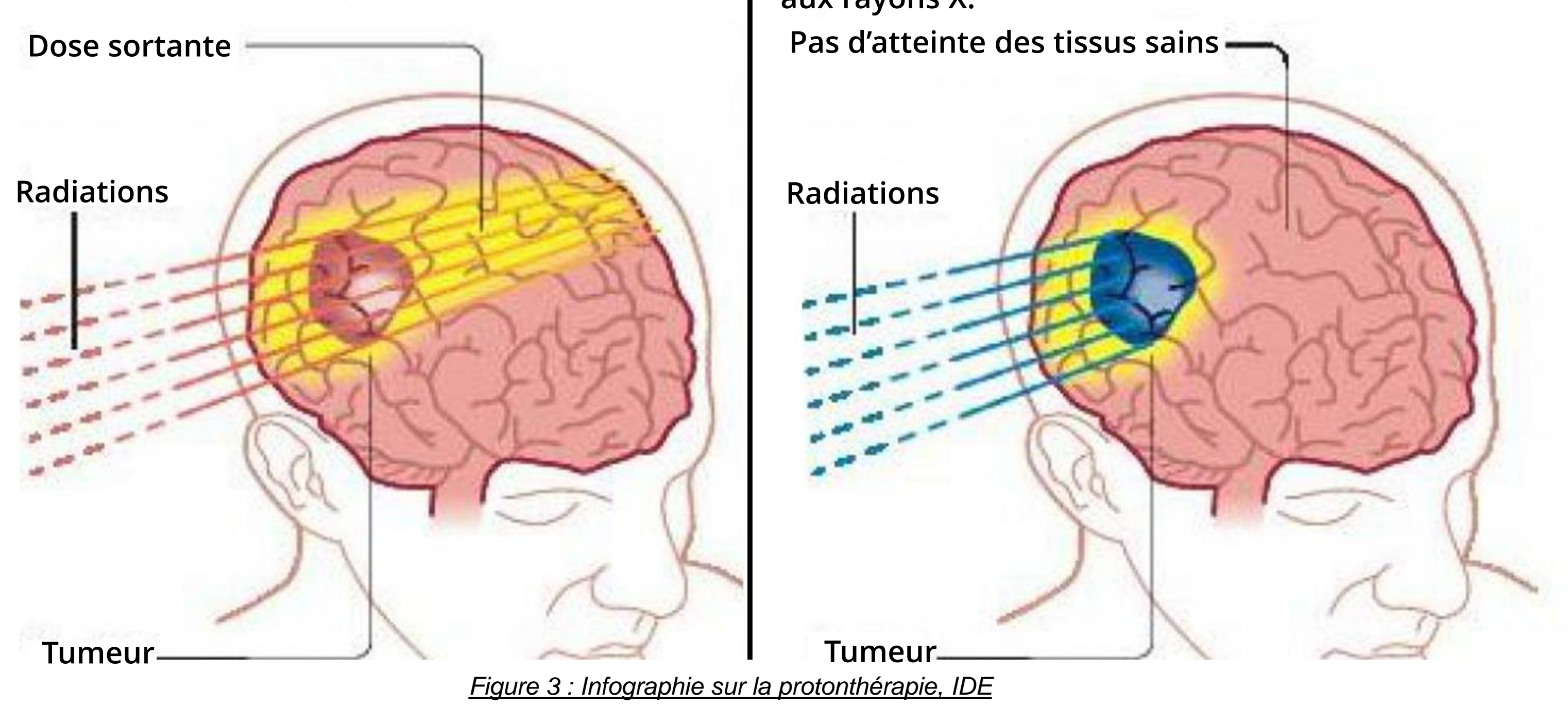


## Utilisation médicale des rayonnements ionisants

Quelque soit le type de rayons utilisé, ceux-ci ne peuvent pas discriminer les cellules saines et les cellules cancéreuses<sup>3</sup>. **De nombreuses précautions sont nécessaires pour s'assurer que la bonne dose est distribuée au bon endroit afin de maximiser la destruction de la tumeur en minimisant les effets secondaires.**

**Radiothérapie à base de rayons X**  
Une partie des rayons utilisés pour détruire la tumeur va aussi atteindre les tissus sains en amont et en aval de celle-ci. Pour limiter ce risque, il est nécessaire de diminuer la dose délivrée à la tumeur.

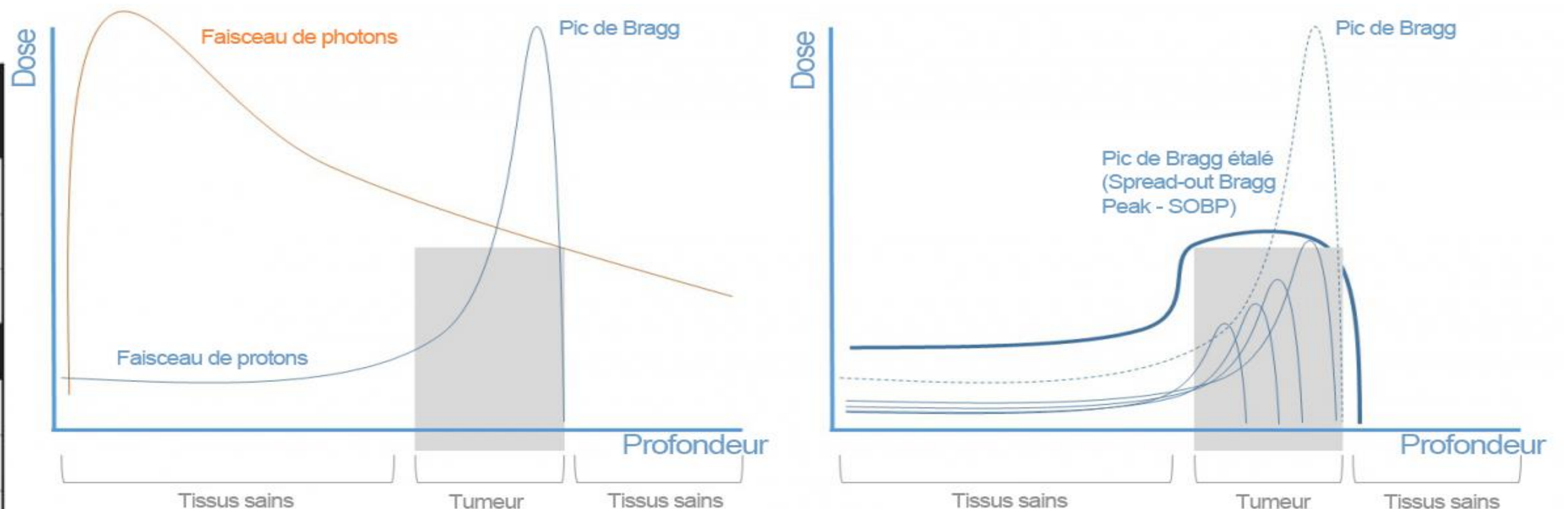
**Protonthérapie**  
Elle permet des doses de radiation plus élevées pour attaquer la tumeur, car le ciblage est plus précis. Le risque d'endommager des tissus sains voisins est moindre par rapport aux rayons X.



## Les avantages de la protonthérapie

Les interactions des différents rayonnements ionisants avec la matière (l'eau dans notre cas) dépendent des caractéristiques physiques de ces rayonnements. Les protons vont déposer leurs énergies plus en profondeur que les rayons X, en épargnant plus de cellules saines sur leurs passages. Cette différence se caractérise par une grandeur appelée **TLE ou transfère linéique d'énergie**. **Plus le TLE est grand, et plus une grande quantité d'énergie est cédée sur une petite distance. L'énergie initiale des particules jouent aussi un rôle dans ce paramètre, comme on peut le voir dans le tableau 1.** Tous ces paramètres permettent de comprendre pourquoi les protons déposent une grande quantité d'énergie en profondeur, tout en épargnant plus de tissu sain que les rayons X.

Tableau 1: TLE de différents types de rayonnements ionisants, CCDMD



**Le pic de dose représenté en figure 4, est appelé pic de Bragg.** Ce pic correspond à la profondeur à laquelle le rayonnement ionisant dépose le plus d'énergie. La figure citée précédemment nous permet donc de voir qu'on arrive à concentrer les protons au niveau de la tumeur en épargnant les tissus situés en amont et en aval de cette tumeur, beaucoup mieux que les rayons X. De plus **il est possible de moduler ce pic, afin de l'étaler sur l'ensemble de la tumeur, et donc d'avoir une distribution de dose homogène<sup>4</sup>.** Cette technique, permettant de limiter la dose reçue au niveau des tissus sains, la rend la plus adaptée sur les individus radiosensibles comme les enfants.

Pour l'instant, la protonthérapie n'est utilisée que pour le traitement de cancer où il n'existe aucune autre alternative, comme certains cancers chez les enfants, ainsi que les tumeurs près d'organes sensibles comme les yeux, la base du crâne et la colonne vertébrale.

## Conclusion

### Avantages

- Technique très précise permettant d'atteindre des tumeurs de petites tailles situés près d'organes sensibles,
- Technique permettant de réduire la dose reçue sur les tissus sains, et donc de réduire les effets secondaires liés aux radiations,
- Traitement très efficaces pour les cancers oculaires et chez les enfants

### Inconvénients

- Le matériel pour ce type de traitement est très spécifique et coûte cher<sup>5</sup>,
- Le traitement est complexe à mettre en place, et les séances sont très onéreuses
- Peu de patients (600/an sur environ 120 000 patients en radiothérapie en France) sont traités à l'heure actuelle,
- Technique récente, il n'y a pas encore de résultats sur le suivi à long terme des patients traités.

Aujourd'hui encore, **de nombreuses recherches sont en cours pour lutter contre le cancer** et des techniques comme l'immuno-radiothérapie sont en cours de développement pour être utilisées en complément d'autres traitements. **Vous retrouverez des informations sur l'une de ces techniques au poster n° 13.**

### Bibliographie

1. YAJNIK S., Proton beam therapy, : how protons are revolutionizing cancer treatment, SPRINGER 2012
2. DUBOIS C., Approche intégrée des dommages des rayonnements ionisants chez C. Elegans : de l'ADN au protéines, Thèse IRSN 2017
3. BERENGÈRE P., Aspects dosimétriques en radiothérapie externe, Unimes 2019
4. WANG X. and co., Multiple-CT optimization of intensity-modulated proton therapy - Is it possible to eliminate adaptive planning?, RADIO AND ONCO 128 (2018) 167-173
5. LIEVENS Y., NAGELS K., Economic data for particle therapy : Dealing with different needs in a heterogenous landscape

