

# L'approche theranostique : Diagnostique et traitement du cancer

Cyril Bernerd

“Dr en physique experimentale”

# Avant de commencer : Dr en quoi?

Grégoire  
Marcel



Physicien **Théorique**  
Astrophysique

→ Déterminer des modèles permettant de comprendre des observations

**Au jour le jour :**

- Ordinateur : simulations, calculs
- Communication avec le monde

Cyril  
Bernerd



Physicien **Expérimental**  
Laser (Nucléaire)

→ Utiliser les connaissances pour développer de nouvelles expériences (recherche, production)

**Au jour le jour :**

- Travail de laboratoire
- Communication avec le monde

Myriam  
Chniba



Ingénieure en  
Sûreté nucléaire

→ Utiliser les connaissances du nucléaire pour créer un environnement de travail sûr

**Au jour le jour :**

- Planification/Gestion de projet
- Communication au sein de l'entreprise

# Théranostique ?

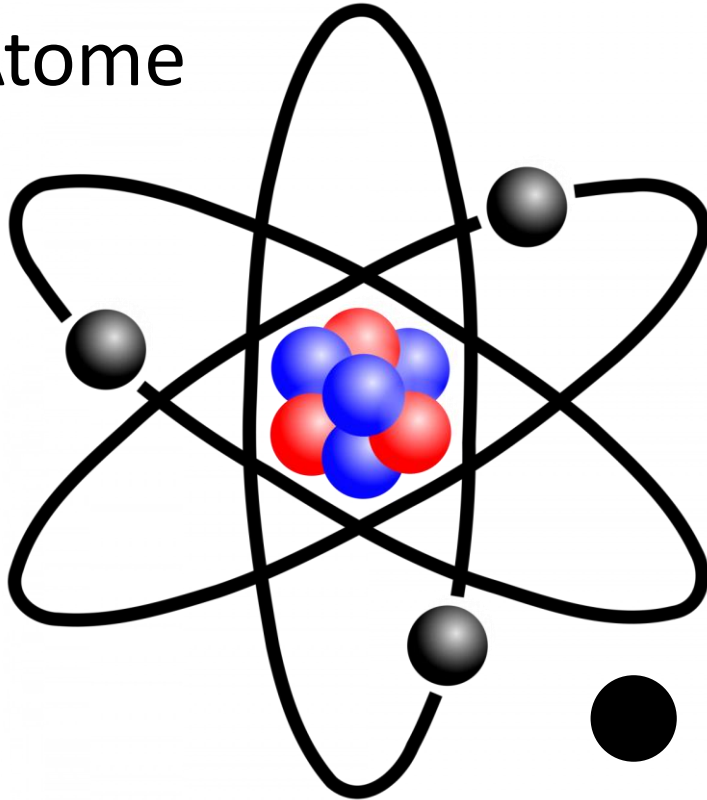
---

Thérapie + Diagnostique = Théranostique

Approche de **médecine nucléaire** pour la détection et le traitement de cancer de manière personnalisée.

# Qu'est-ce que la physique nucléaire ?

Atome



● Électron : chargé -

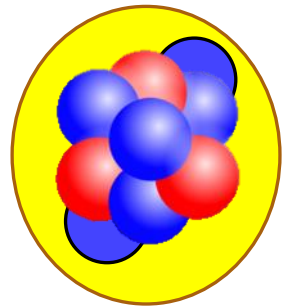
● Neutron : non chargé

● Proton : chargé +

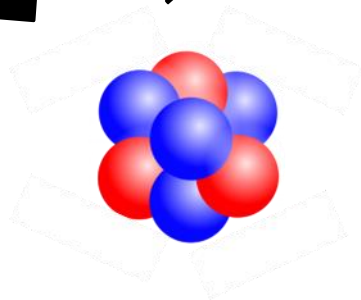
Tableau périodique des éléments

1 H Hydrogène																	2 He Hélium
3 Li Lithium	4 Be Béryllium											5 B Bore	6 C Carbone	7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium											13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane	23 V Vanadium	24 Cr Chrom	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Sélénium	35 Br Brome	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène	43 Tc Technétium	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Paladium	47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Étain	51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xe Xénon
55 Cs Césium	56 Ba Baryum	57 La Lanthane	72 Hf Hafnium	73 Ta Tungstène	74 W Wolfram	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platine	79 Au Or	80 Hg Mercure	81 Tl Thallium	82 Pb Plomb	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson
58 Ce Cérium	59 Pr Praseodyme	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée	62 Sm Samarium	63 Eu Europ	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutétium				
90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkélium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium				

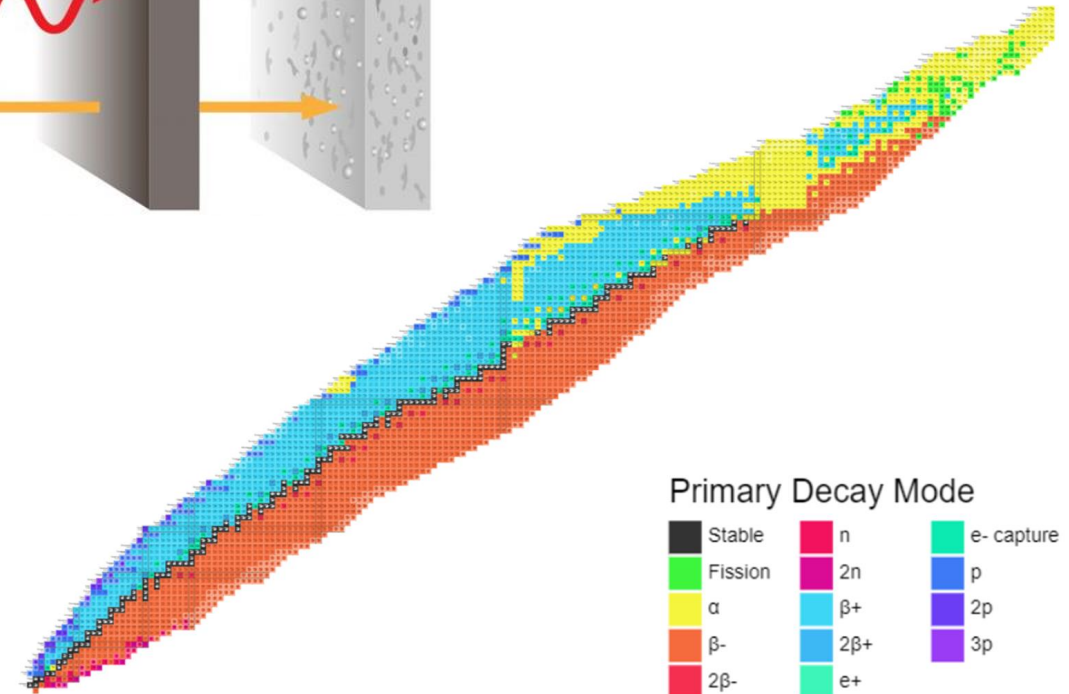
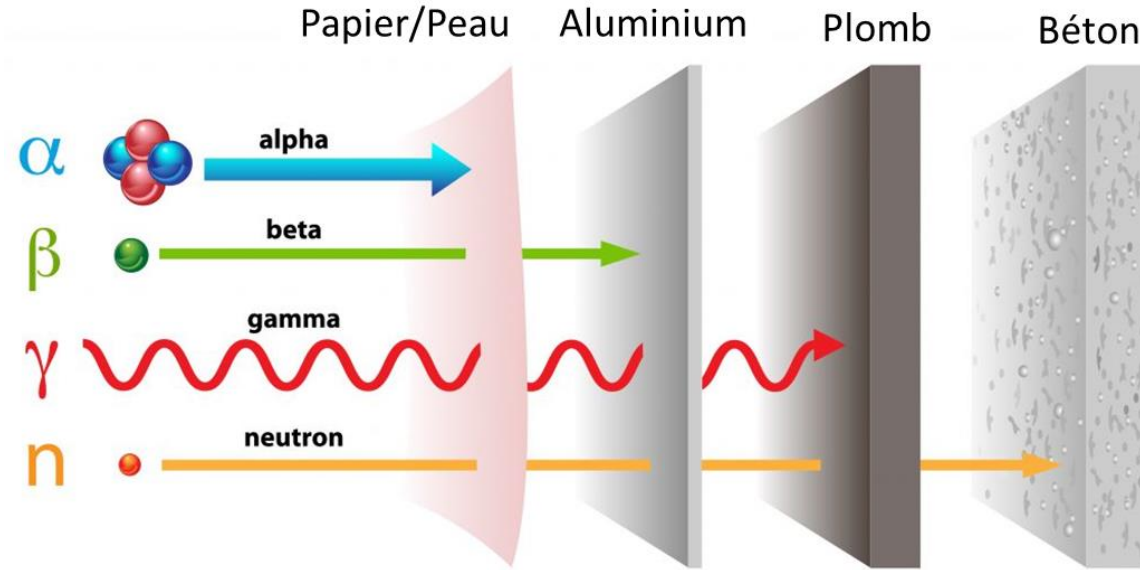
# Qu'est-ce que la physique nucléaire ?



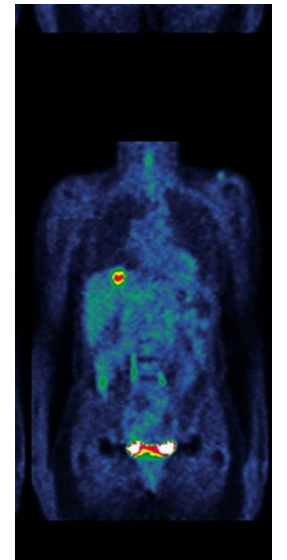
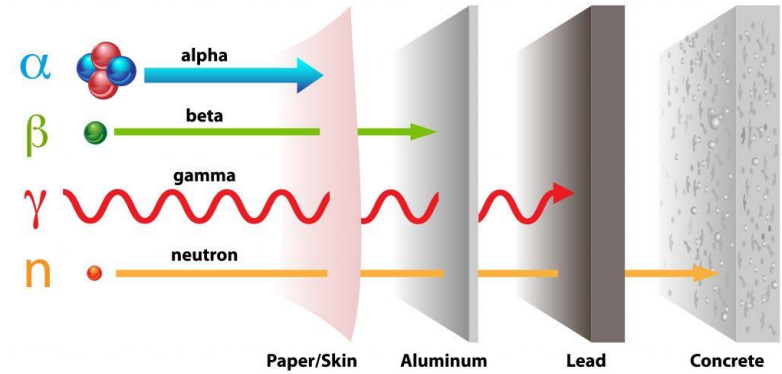
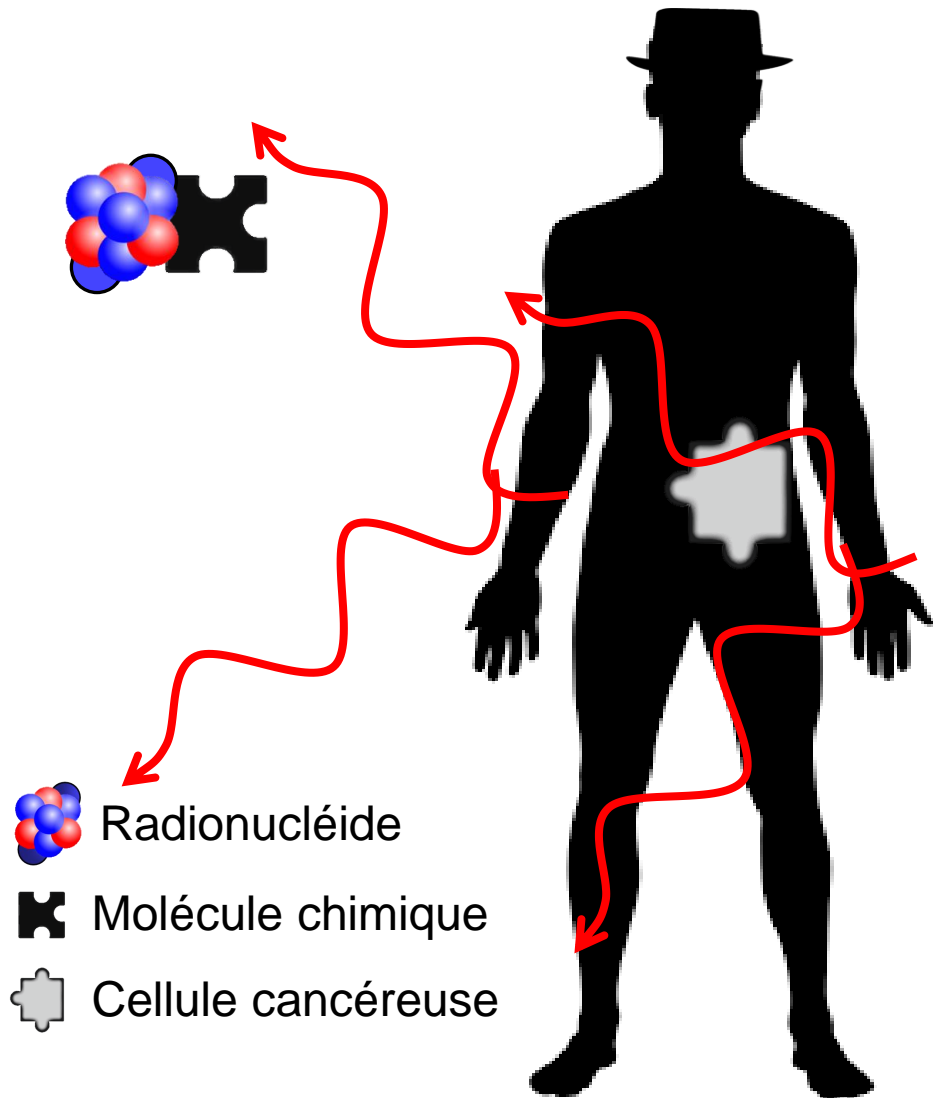
Désintégration



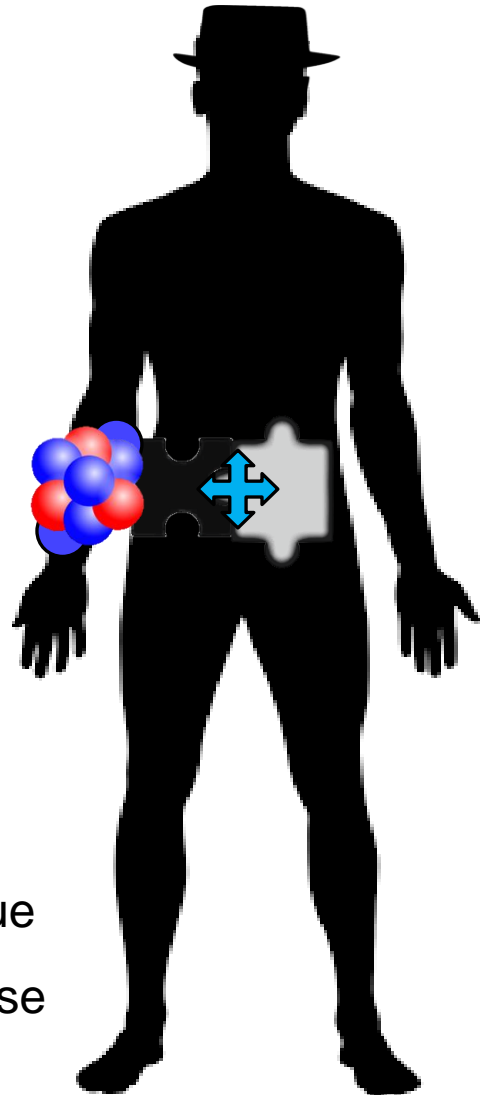
+ Particule






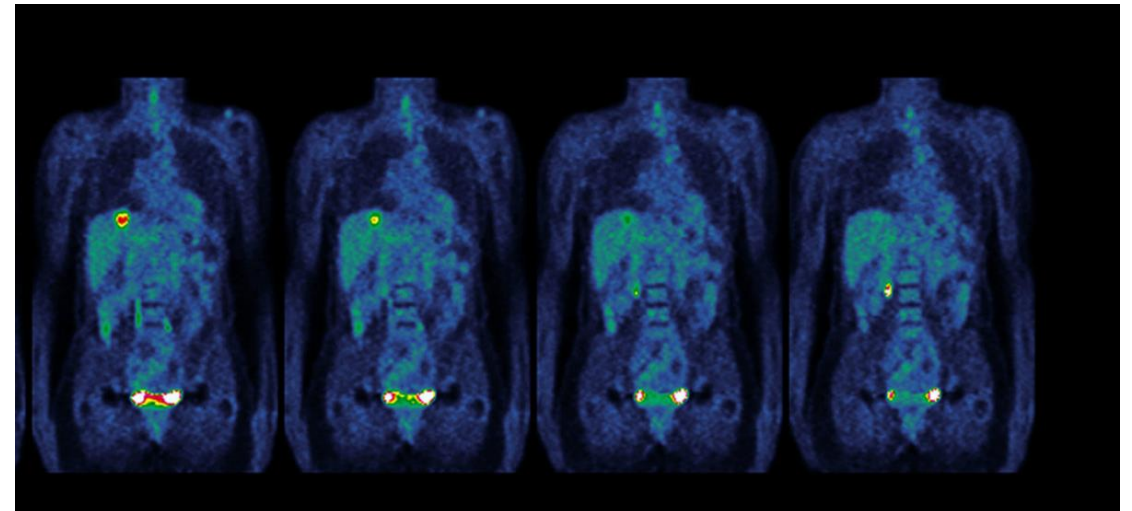
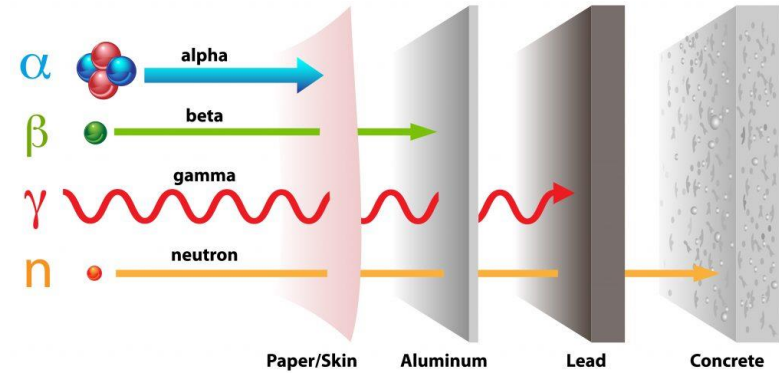
# Comment la médecine nucléaire peut-elle guérir le cancer ?



# Comment la médecine nucléaire peut-elle guérir le cancer ?

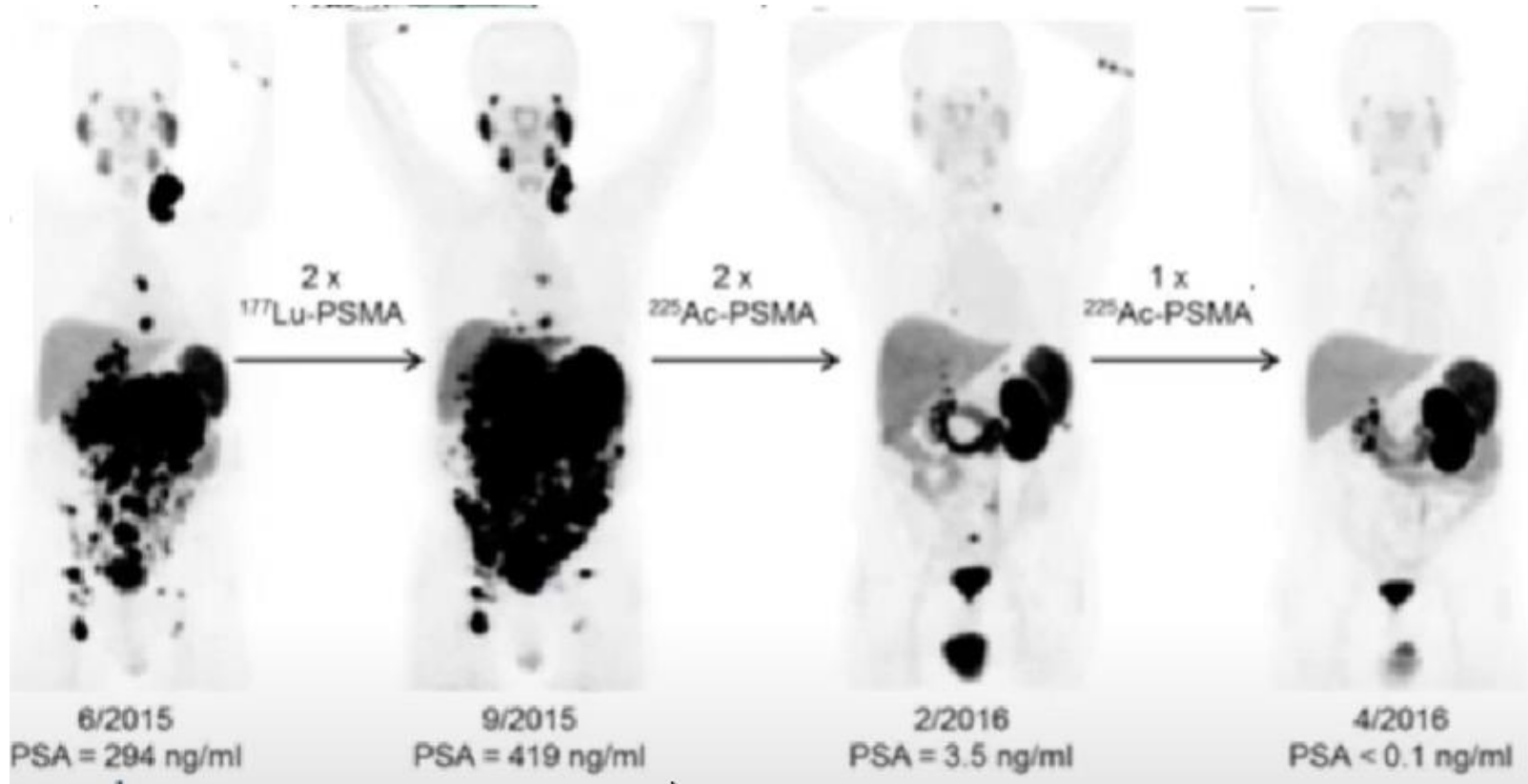


-  Radionucléide
-  Molécule chimique
-  Cellule cancéreuse



# Premiers résultats

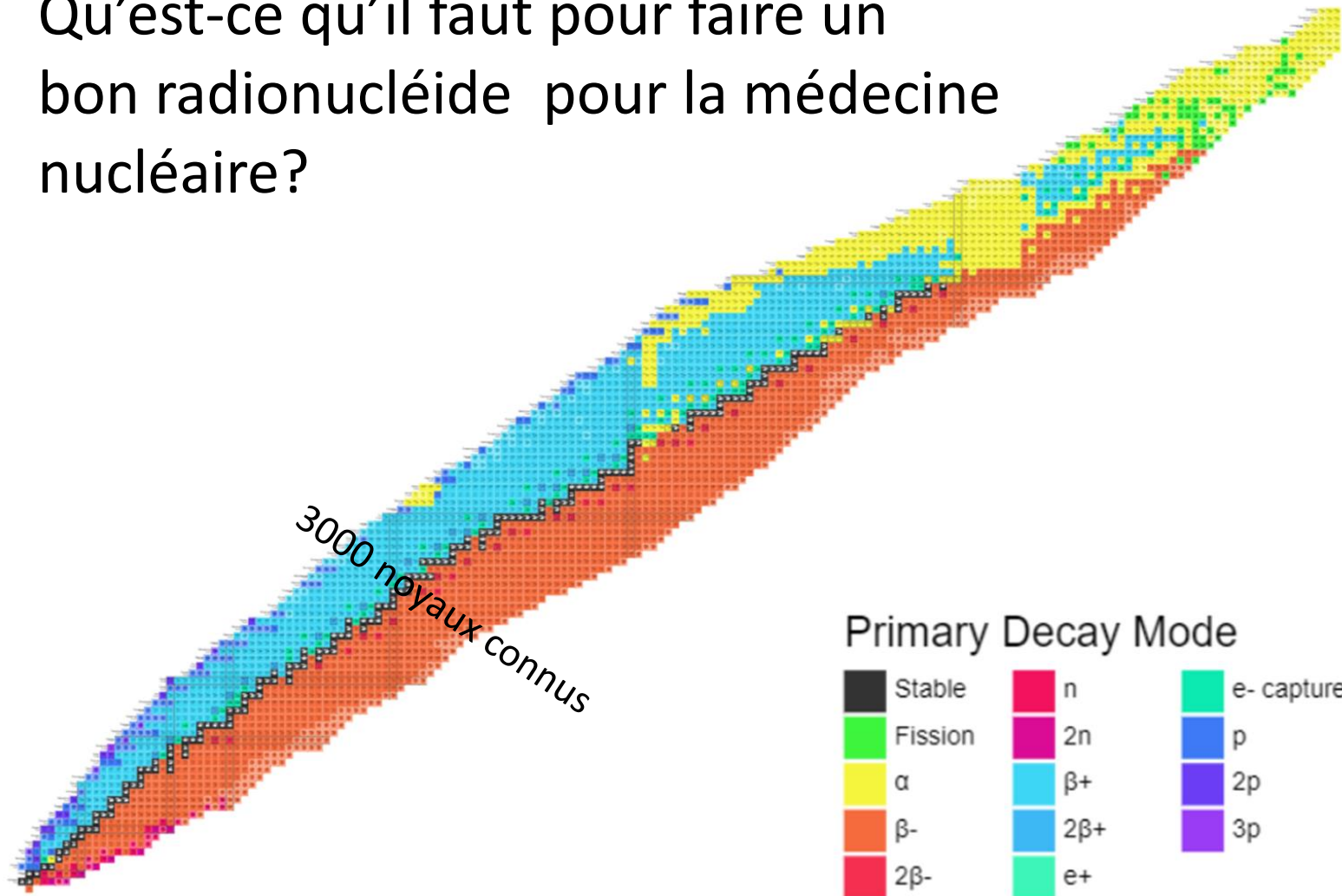
---





# Comment la médecine nucléaire peut-elle guérir le cancer ?

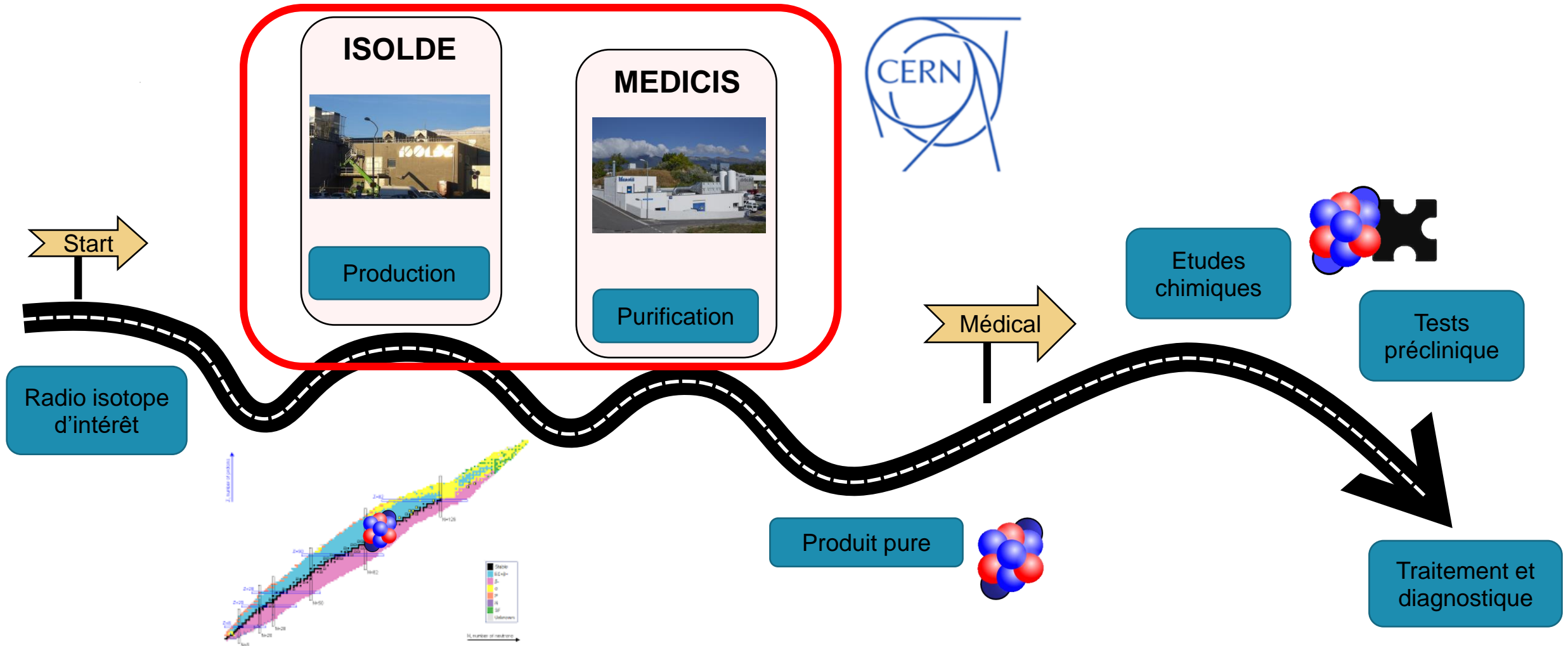
Qu'est-ce qu'il faut pour faire un bon radionucléide pour la médecine nucléaire?



- 1- Toxicité (propriétés chimique)
- 2- Une demi-vie adaptée
- 3- Des moyens de productions et purifications fiables



# Quelles sont les étapes ?

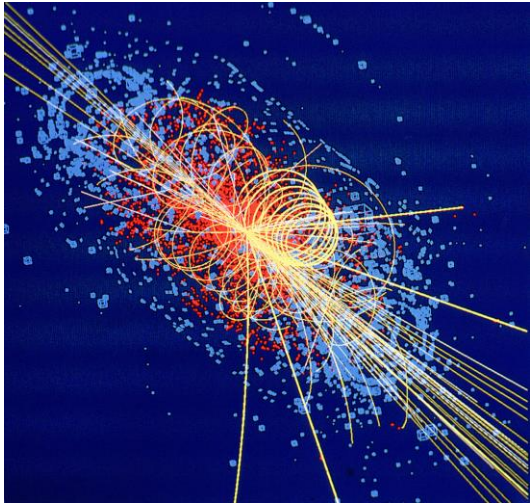
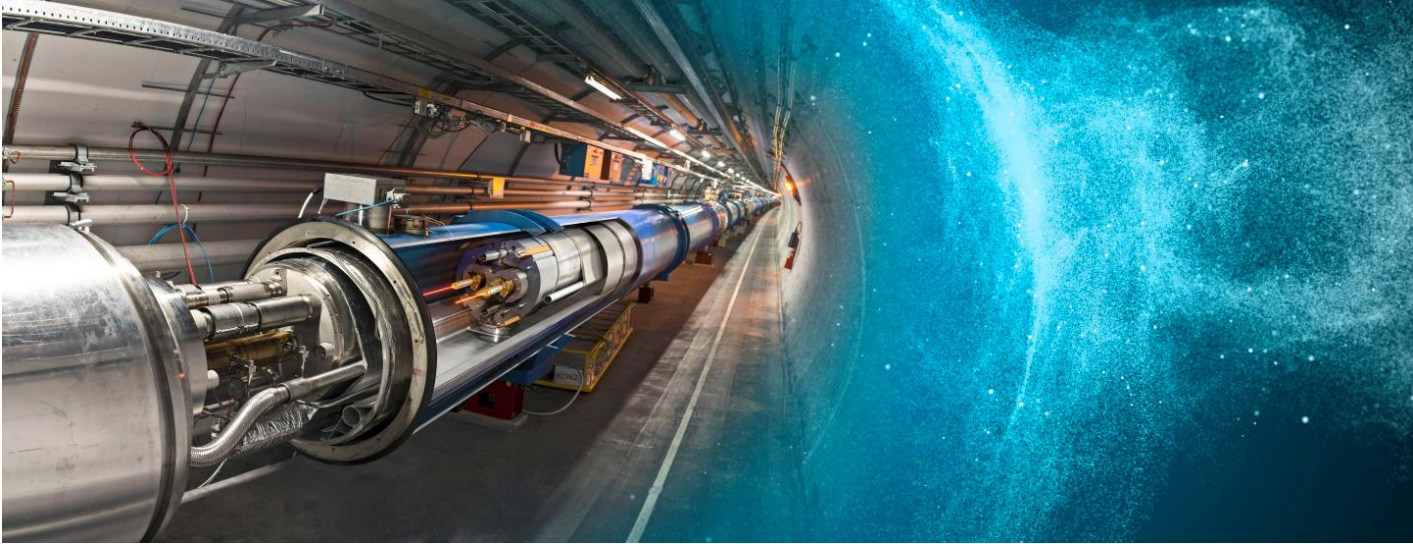


# Le CERN

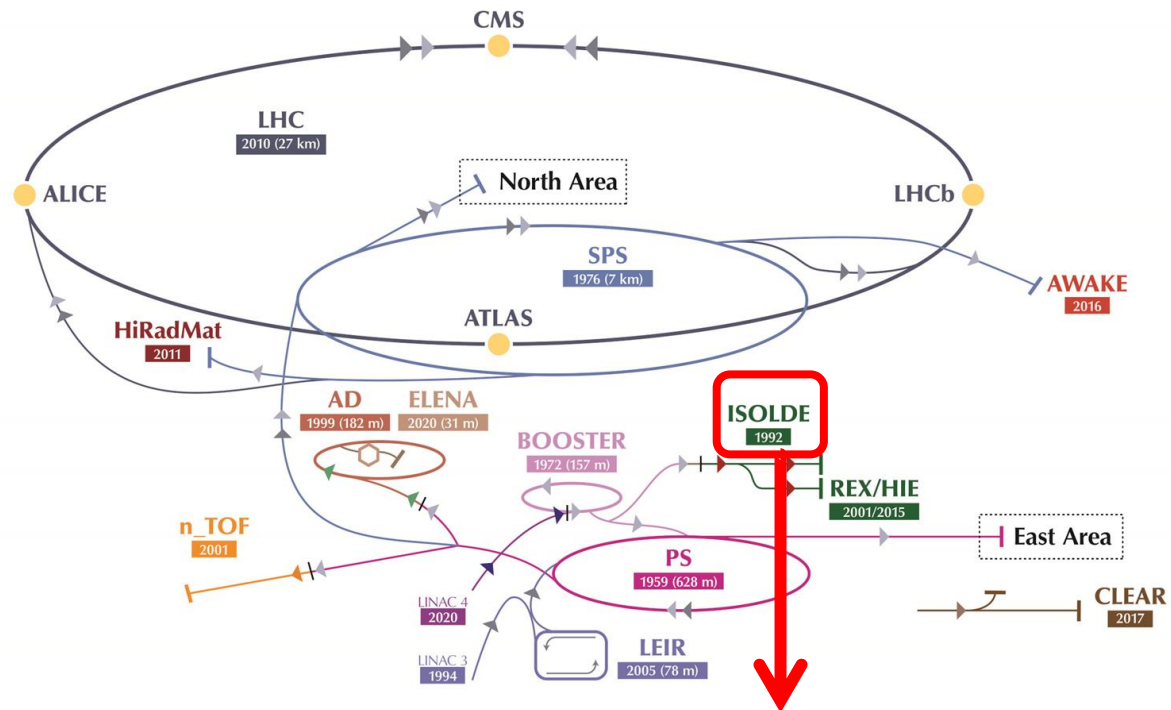


**Organisation européenne pour  
la recherche nucléaire**

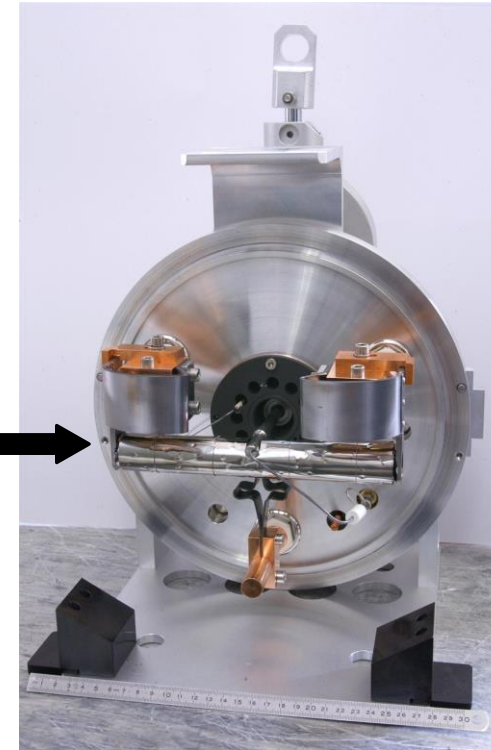
**Genève Suisse**



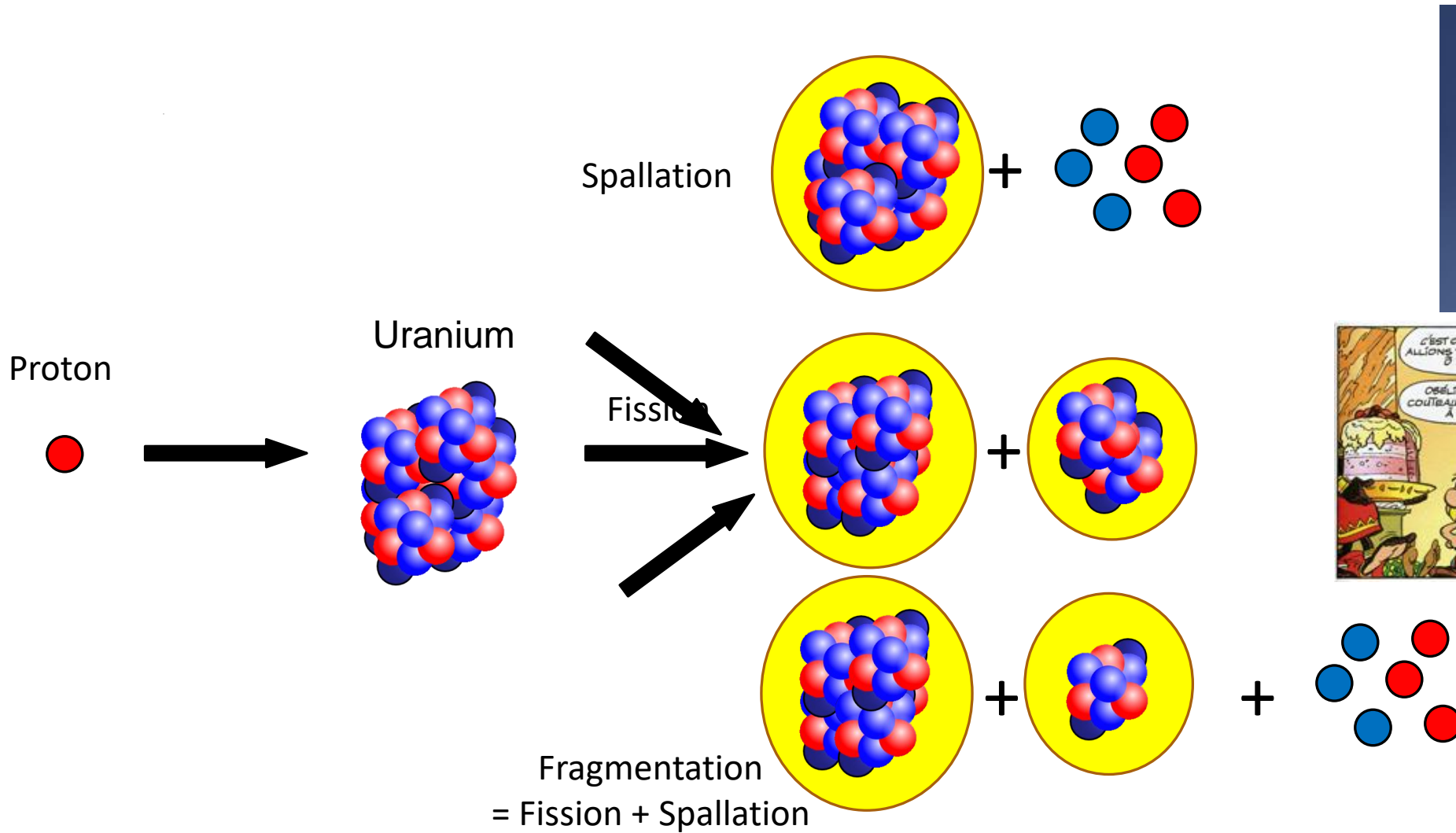
# Étape 1 : Production → ISOLDE



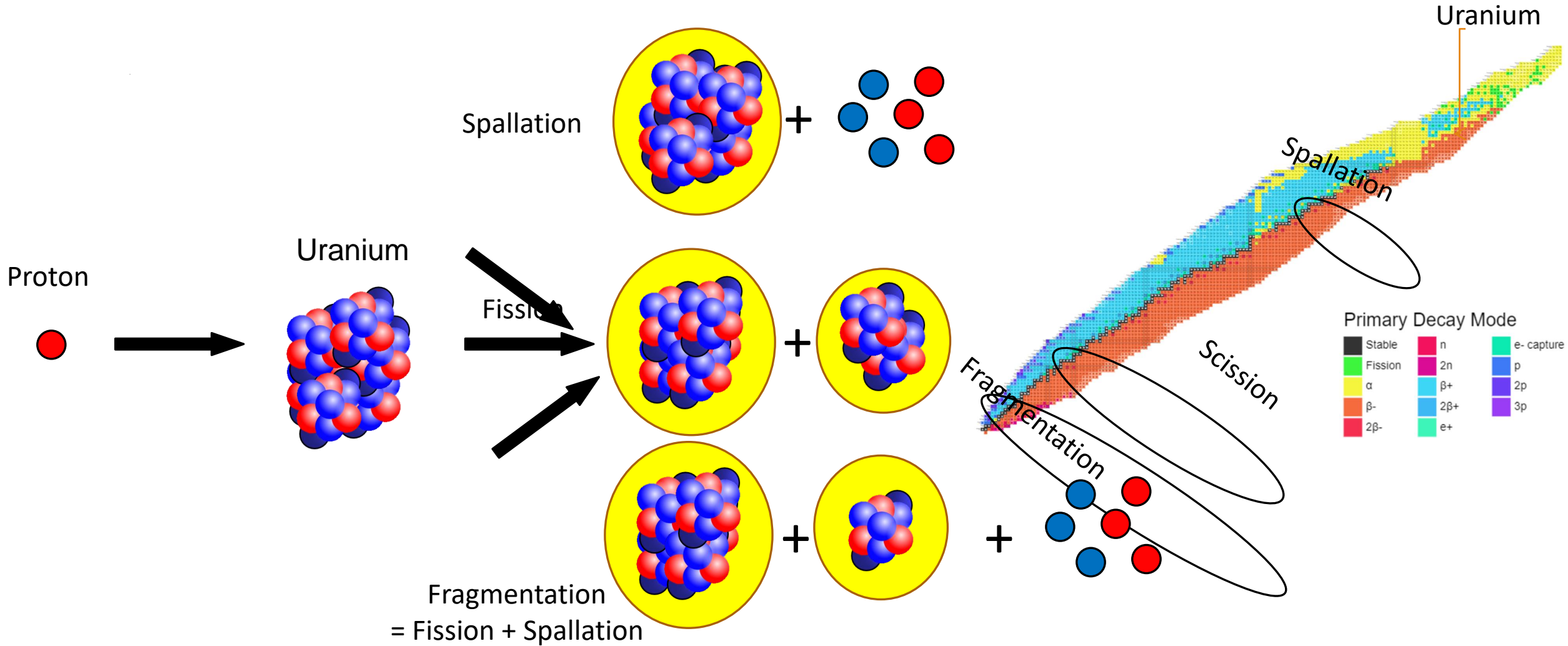
Proton



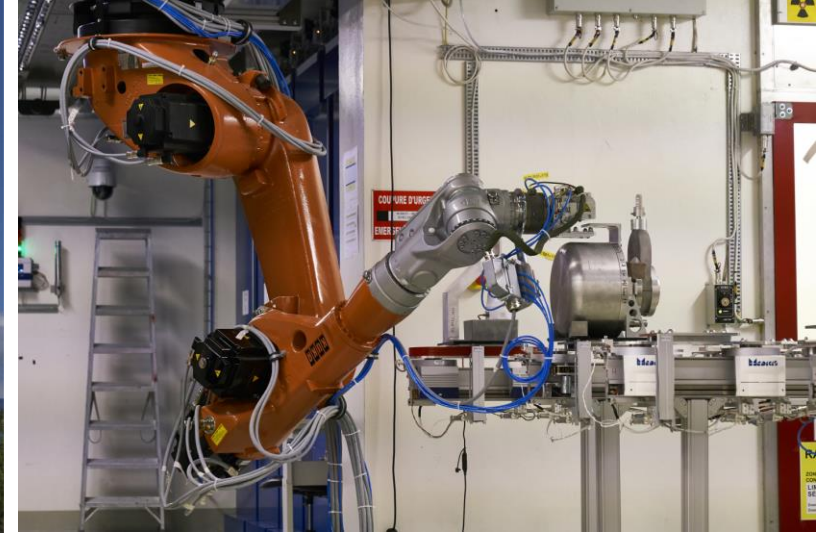
# Étape 1 : Production → ISOLDE



# Étape 1 : Production → ISOLDE

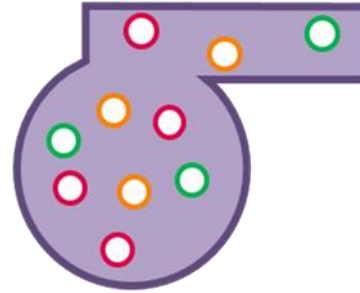


# Étape 2 : Séparation → MEDICIS



# Étape 2 : Séparation → MEDICIS

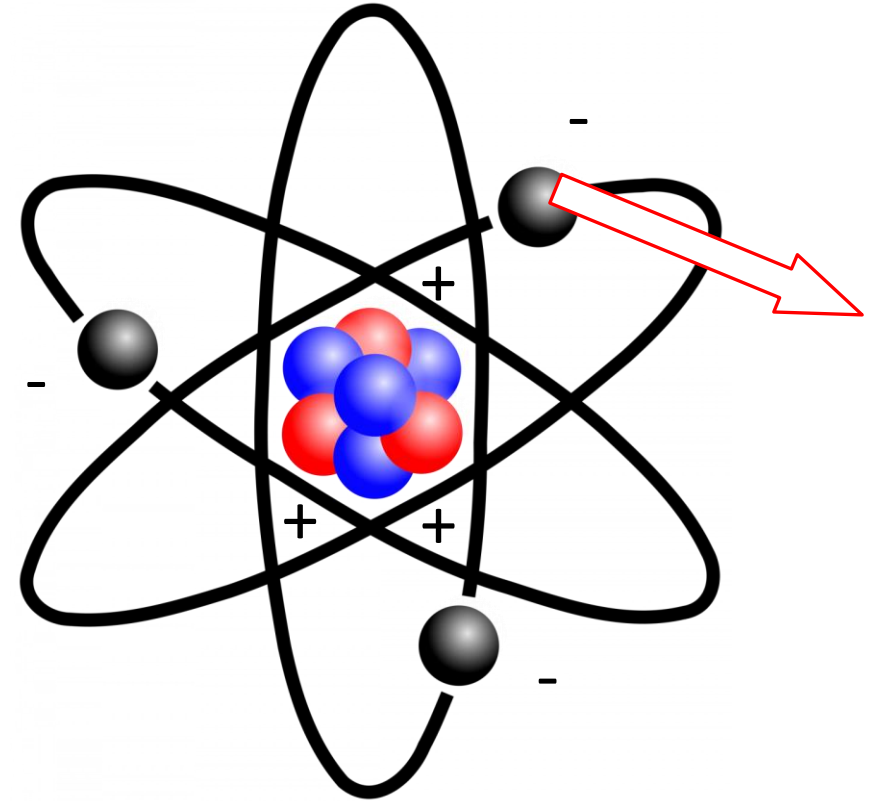
Holmium 67	Ho 153 9.30 m	Ho 154 3.10 m	Ho 155 48.00 m	Ho 156 7.80 m	Ho 157 12.60 m	Ho 158 21.30 m	Ho 159 8.30 s
Dysprosium 66	Dy 152 2.38 h	Dy 153 6.40 h	Dy 154 3.0e6 y	Dy 155 9.90 h	Dy 156 1.0e18 y	Dy 157 21.6 ms	Dy 158 0.1
Terbium 65	Tb 151 25 s	Tb 152 4.20 m	Tb 153 2.34 d	Tb 154 22.70 h	Tb 155 5.32 d	Tb 156 1.10 h	Tb 157 99.00 y
Gadolinium 64	Gd 150 1.82e6 y	Gd 151 124.00 d	Gd 152 0.2 1.08e14 y	Gd 153 240.40 d	Gd 154 2.18 32.0 ms	Gd 155 14.8	Gd 156 20.47
Europium 63	Eu 149 93.10 d	Eu 150 12.80 h	Eu 151 47.81	Eu 152 1.60 h	Eu 153 52.19	Eu 154 46.40 m	Eu 155 4.75 y
	86	87	88	89	90	91	92



Cible

- Noyau d'intérêt
- Noyaux de même masse
- Autres noyaux

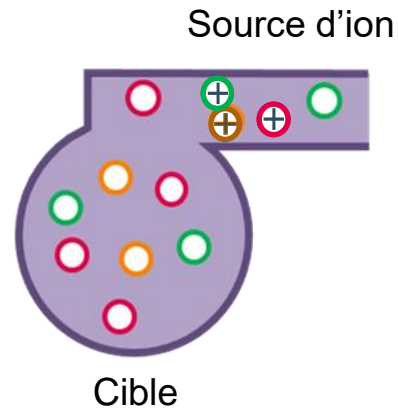
Atome Neutre





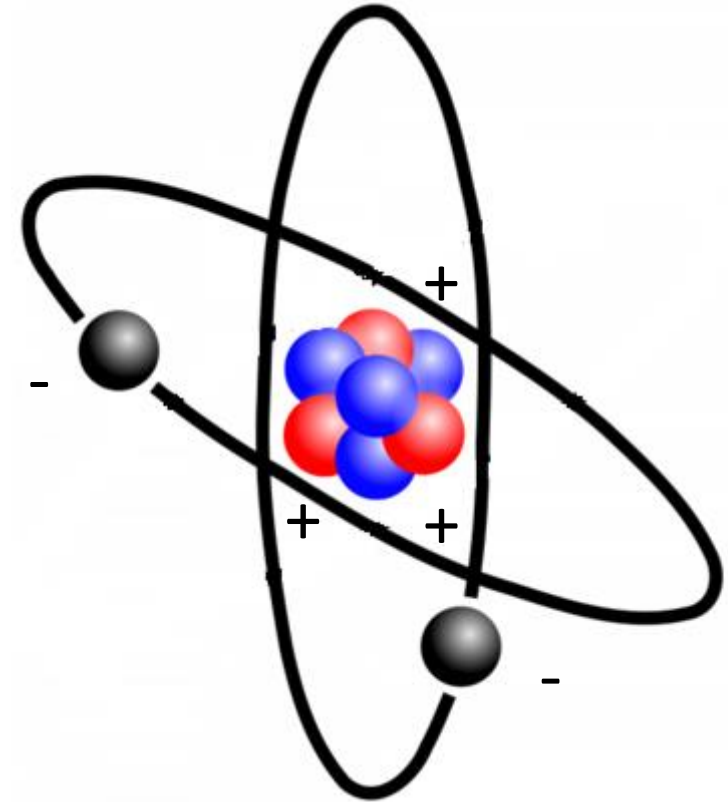
# Étape 2 : Séparation → MEDICIS

Holmium 67	Ho 153 9.30 m	Ho 154 3.10 m	Ho 155 48.00 m	Ho 156 7.80 m	Ho 157 12.60 m	Ho 158 21.30 m	Ho 159 8.30 s
Dysprosium 66	Dy 152 2.38 h	Dy 153 6.40 h	Dy 154 3.0e6 y	Dy 155 9.90 h	Dy 156 1.0e18 y	Dy 157 21.6 ms	Dy 158 0.1
Terbium 65	Tb 151 25 s	Tb 152 4.20 m	Tb 153 2.34 d	Tb 154 22.70 h	Tb 155 5.32 d	Tb 156 1.10 h	Tb 157 99.00 y
Gadolinium 64	Gd 150 1.82e6 y	Gd 151 124.00 d	Gd 152 0.2 1.08e14 y	Gd 153 240.40 d	Gd 154 2.18	Gd 155 32.0 ms	Gd 156 14.8 20.47
Europium 63	Eu 149 93.10 d	Eu 150 12.80 h	Eu 151 47.81	Eu 152 1.60 h	Eu 153 52.19	Eu 154 46.40 m	Eu 155 4.75 y
	86	87	88	89	90	91	92



- Noyau d'intérêt
- Noyaux de même masse
- Autres noyaux

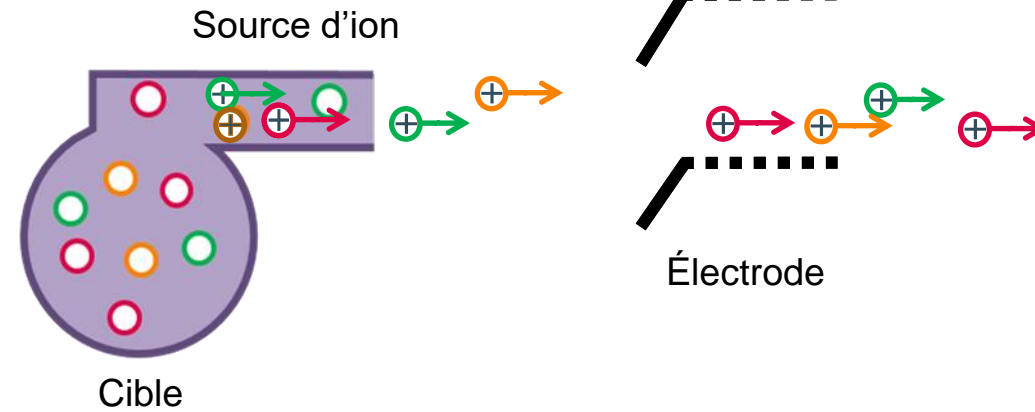
Ion Chargé +



# Étape 2 : Séparation → MEDICIS



Holmium 67	Ho 153 9.30 m	Ho 154 3.10 m	Ho 155 48.00 m	Ho 156 7.80 m, 9.5 s	Ho 157 12.60 m	Ho 158 21.30 m, 28.00 m	Ho 159 8.30 s
Dysprosium 66	Dy 152 2.38 h	Dy 153 6.40 h	Dy 154 3.0e6 y	Dy 155 9.90 h	Dy 156 0.06, 1.0e18 y	Dy 157 21.6 ms	Dy 158 0.1
Terbium 65	Tb 151 25 s	Tb 152 4.20 m	Tb 153 2.34 d	Tb 154 22.70 h, 9.40 h	Tb 155 5.32 d	Tb 156 1.10 h, 1.02 d	Tb 157 99.00 y
Gadolinium 64	Gd 150 1.82e6 y	Gd 151 124.00 d	Gd 152 0.2, 1.08e14 y	Gd 153 240.40 d	Gd 154 2.18, 3.15 y	Gd 155 92.0 ms, 14.8	Gd 156 20.47
Europium 63	Eu 149 93.10 d	Eu 150 12.80 h	Eu 151 47.81	Eu 152 1.60 h, 8.26 h	Eu 153 52.19	Eu 154 46.40 m	Eu 155 4.75 y
	86	87	88	89	90	91	92

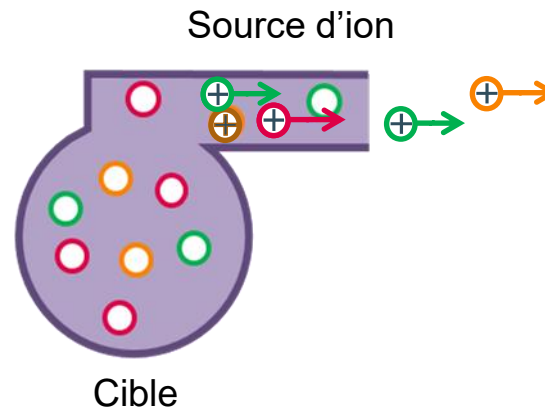


- Noyau d'intérêt
- Noyaux de même masse
- Autres noyaux

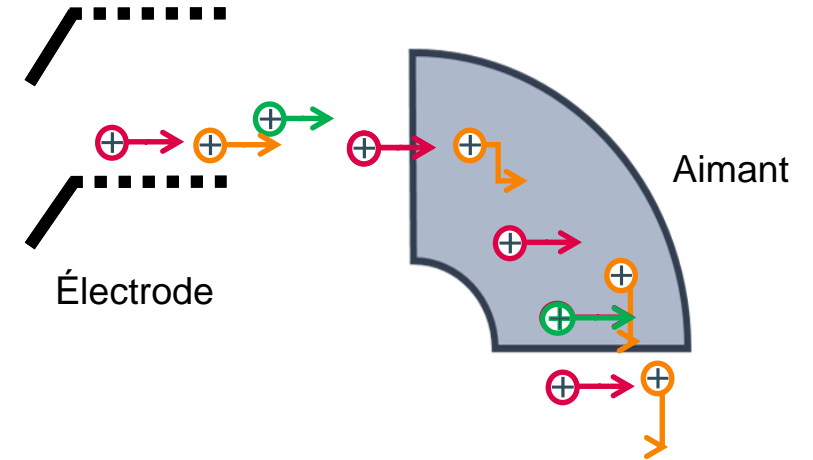
# Étape 2 : Séparation → MEDICIS



Holmium 67	Ho 153 9.30 m	Ho 154 3.10 m	Ho 155 48.00 m	Ho 156 7.80 m, 9.5 s	Ho 157 12.60 m	Ho 158 21.30 m, 28.00 m	Ho 159 8.30 s
Dysprosium 66	Dy 152 2.38 h	Dy 153 6.40 h	Dy 154 3.0e6 y	Dy 155 9.90 h	Dy 156 0.06, 1.0e18 y	Dy 157 21.6 ms	Dy 158 0.1
Terbium 65	Tb 151 25 s	Tb 152 4.20 m	Tb 153 2.34 d	Tb 154 22.70 h, 9.40 h	Tb 155 5.32 d	Tb 156 1.10 h, 1.02 d	Tb 157 99.00 y
Gadolinium 64	Gd 150 1.82e6 y	Gd 151 124.00 d	Gd 152 0.2, 1.08e14 y	Gd 153 240.40 d	Gd 154 2.18, 32.0 ms, 14.8	Gd 155 32.0 ms, 14.8	Gd 156 20.47
Europium 63	Eu 149 93.10 d	Eu 150 12.80 h	Eu 151 47.81	Eu 152 1.60 h, 8.26 h	Eu 153 52.19	Eu 154 46.40 m	Eu 155 4.75 y
	86	87	88	89	90	91	92



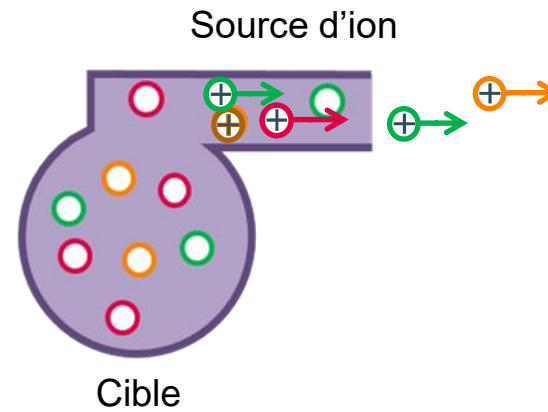
- Noyau d'intérêt
- Noyaux de même masse
- Autres noyaux



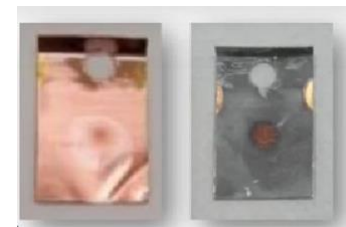
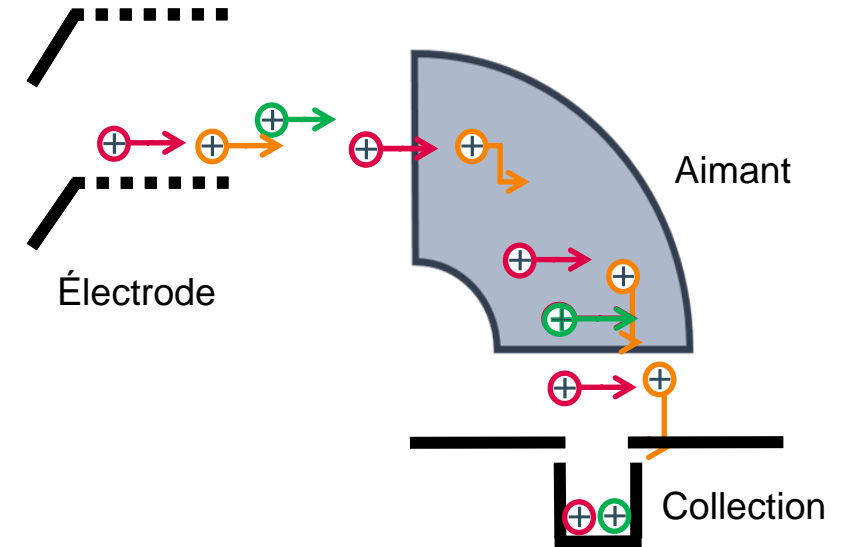
# Étape 2 : Séparation → MEDICIS



Holmium 67	Ho 153 9.30 m	Ho 154 3.10 m	Ho 155 48.00 m	Ho 156 7.80 m	Ho 157 12.60 m	Ho 158 21.30 m	Ho 159 8.30 s
Dysprosium 66	Dy 152 2.38 h	Dy 153 6.40 h	Dy 154 3.2e6 y	Dy 155 9.90 h	Dy 156 1.0e18 y	Dy 157 21.6 ms	Dy 158 0.1
Terbium 65	Tb 151 25 s	Tb 152 4.20 m	Tb 153 2.34 d	Tb 154 22.70 h	Tb 155 5.32 d	Tb 156 1.10 h	Tb 157 99.00 y
Gadolinium 64	Gd 150 1.82e6 y	Gd 151 124.00 d	Gd 152 0.2 1.08e14 y	Gd 153 240.40 d	Gd 154 2.18	Gd 155 32.0 ms	Gd 156 14.8 10.47
Europium 63	Eu 149 93.10 d	Eu 150 12.80 h	Eu 151 47.81	Eu 152 1.60 h	Eu 153 52.19	Eu 154 46.40 h	Eu 155 4.75 y
	86	87	88	89	90	91	92



- Noyau d'intérêt
- Noyaux de même masse
- Autres noyaux

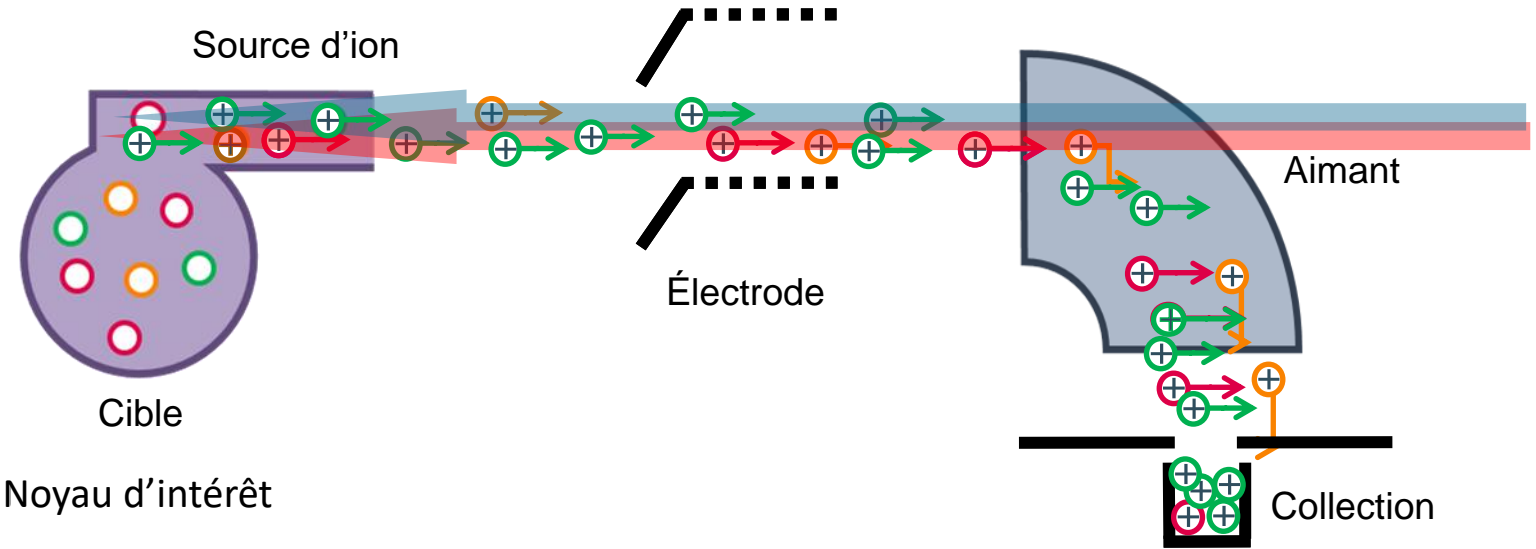


# Étape 2 : Séparation → MEDICIS



LASERS

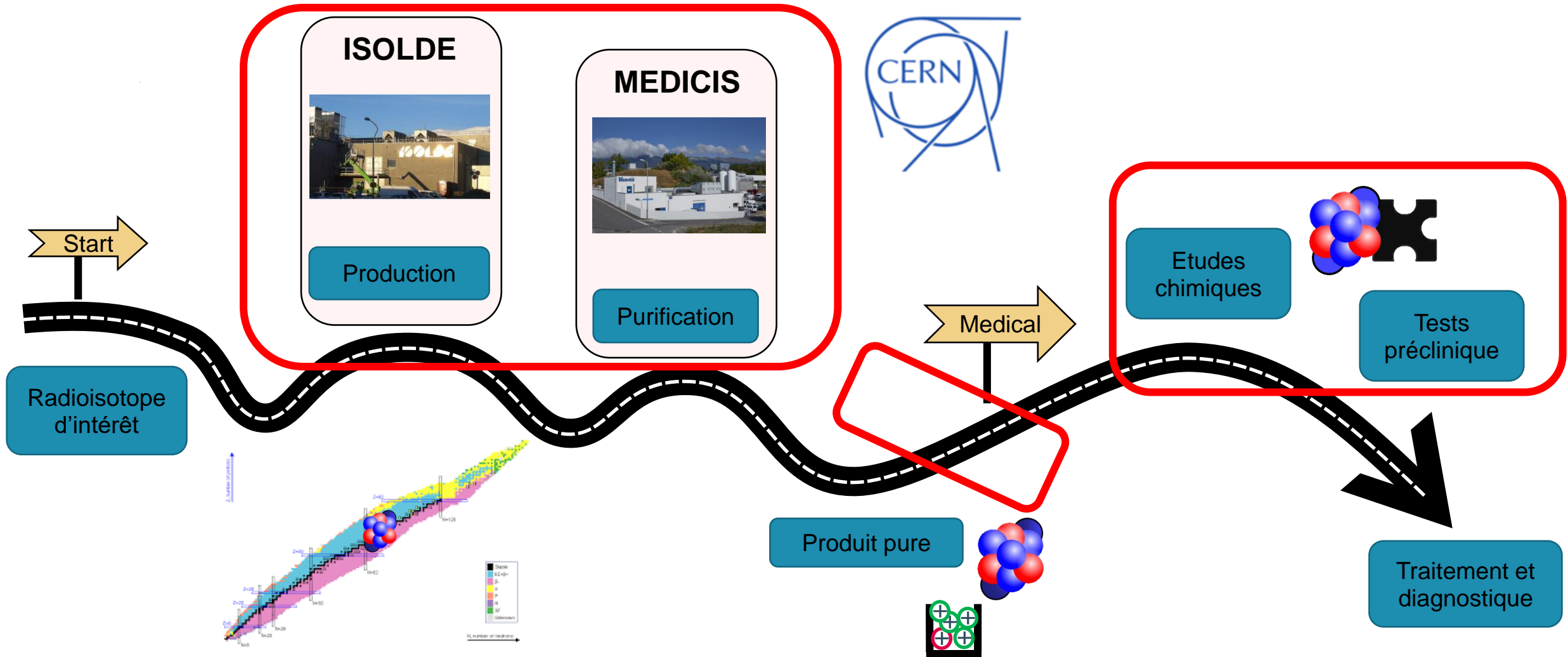
Holmium 67	Ho 153 9.30 m	Ho 154 3.10 m	Ho 155 48.00 m	Ho 156 7.80 m	Ho 157 12.60 m	Ho 158 21.30 m	Ho 159 8.30 s
Dysprosium 66	Dy 152 2.38 h	Dy 153 6.40 h	Dy 154 3.2e6 y	Dy 155 9.90 h	Dy 156 1.0e-8 y	Dy 157 5.6 ms	Dy 158 0.1
Terbium 65	Tb 151 25 s	Tb 152 4.20 m	Tb 153 2.34 d	Tb 154 22.70 h	Tb 155 5.32 d	Tb 156 1.10 h	Tb 157 99.00 y
Gadolinium 64	Gd 150 1.82e6 y	Gd 151 124.00 d	Gd 152 0.2 1.08e14 y	Gd 153 240.40 d	Gd 154 2.18	Gd 155 32.0 ms	Gd 156 14.8 10.47
Europium 63	Eu 149 93.10 d	Eu 150 12.80 h	Eu 151 47.81	Eu 152 1.60 h	Eu 153 52.19	Eu 154 46.40 h	Eu 155 4.75 y
	86	87	88	89	90	91	92



- Noyau d'intérêt
- Noyaux de même masse
- Autres noyaux

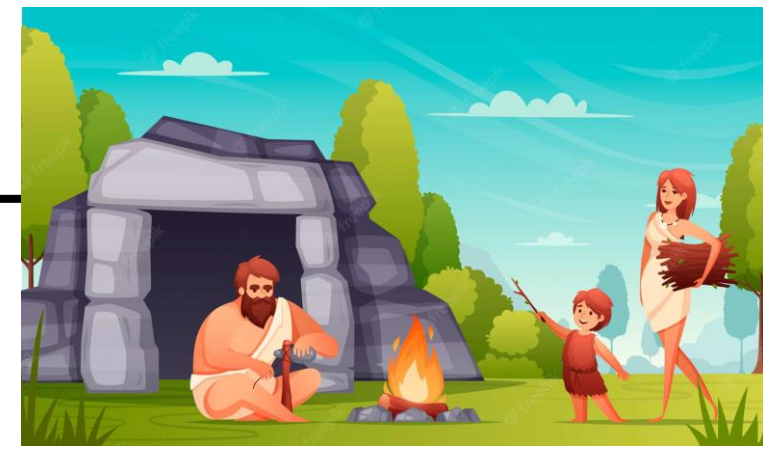


# Quelles sont les étapes ?



# CONCLUSION

---



◦ Méthode théranostique :

◦ Très prometteur pour la détection et le traitement de cancer

◦ En voie de développement

◦ Fruit de 100 ans d'études de la physique nucléaire (défense, énergétique, compréhension de l'univers)

◦ Basée sur la mise en commun d'une très grande gamme de connaissance du monde qui nous entoure (physique, chimie, biologie, médecine, ingénierie, sécurité...)

# CONCLUSION

