

Introduction

Radioactivité & environnement

CERN et surveillance de l'environnement

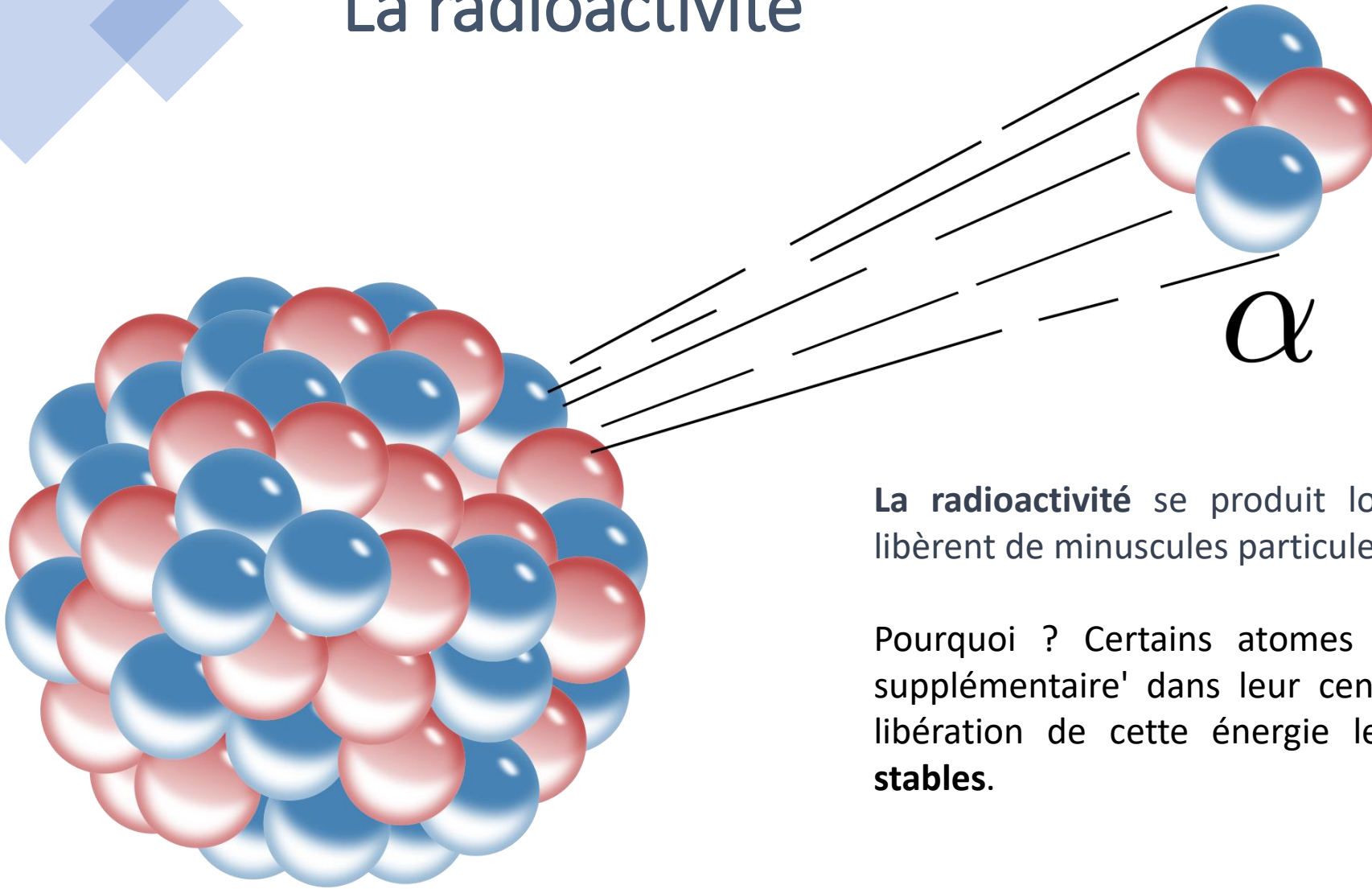
Fabrice Malacrida

(21.09.2023)

- La présentation se veut principalement “pour info”
- N’est pas 100% scientifique (raccourcis)
- Les exemples ne se veulent pas exhaustifs
- Et les illustrations sont parfois (souvent) artistiques...



La radioactivité

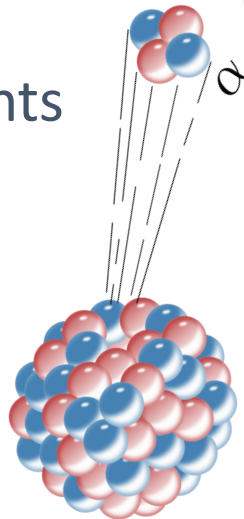


La radioactivité se produit lorsque les atomes libèrent de minuscules particules et de l'énergie.

Pourquoi ? Certains atomes ont une 'énergie supplémentaire' dans leur centre (noyaux) et la libération de cette énergie les aide à devenir **stables**.

Les rayonnements ionisants

- Les **rayonnements ionisants** ont assez d'énergie pour p.ex. arracher des électrons à un atome, ou casser l'ADN.
- **Exemples** Les rayons X & gamma et les particules alpha & beta sont des types de rayonnements ionisants.





Les rayonnements ionisants peuvent endommager ou tuer nos cellules

Exposition faible

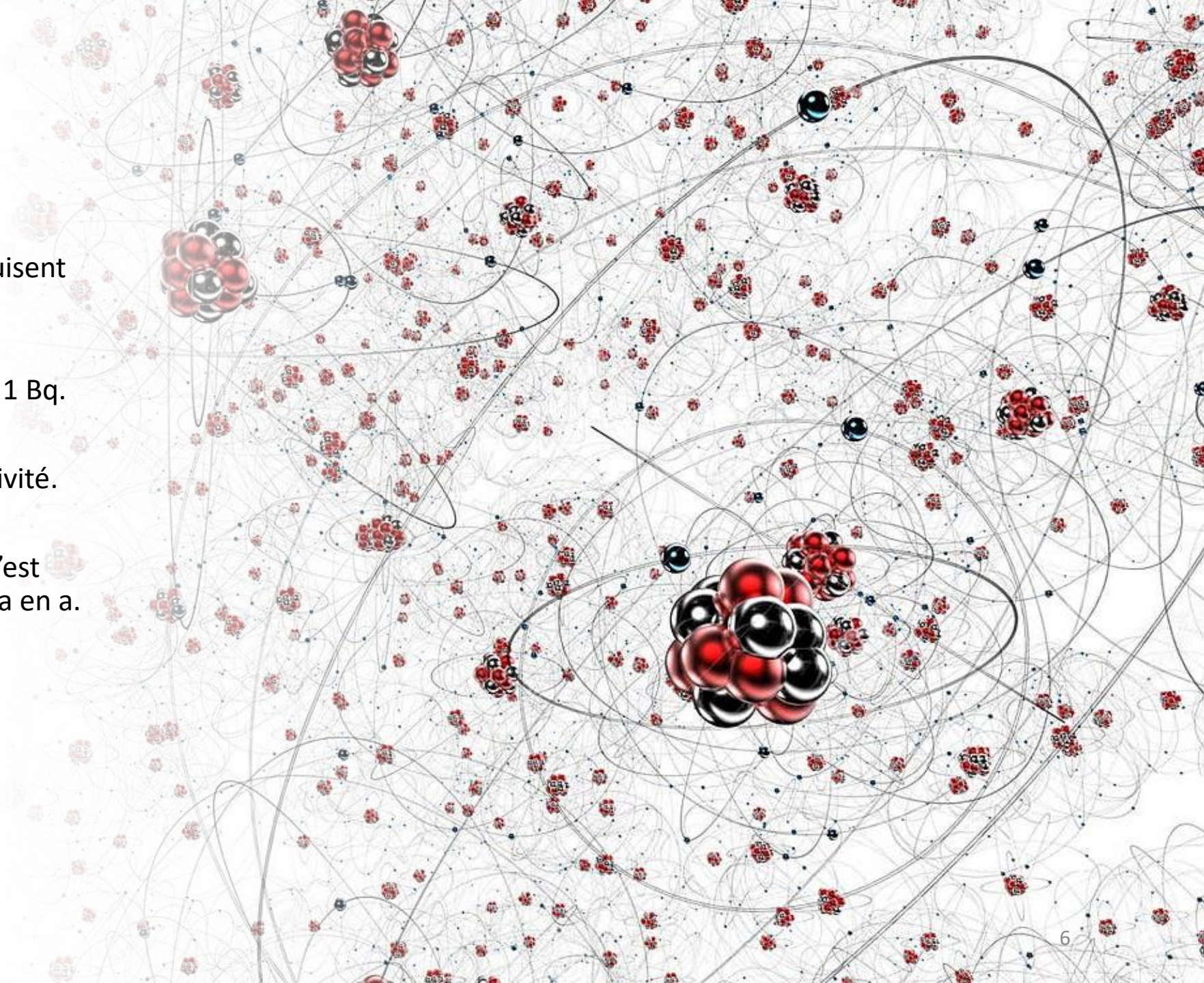
Des niveaux faibles ou occasionnels peuvent être sans danger. On y est exposé tous les jours.

Exposition élevée

Des niveaux élevés peuvent causer des brûlures, des maladies ou augmenter le risque de cancer.

Le Becquerel

- Le Becquerel mesure le nombre de désintégrations radioactives qui se produisent chaque seconde.
- Une désintégration par seconde, c'est 1 Bq.
- Plus il y a de Bq, plus il y a de radioactivité.
- Cela ne veut pas forcément dire que c'est dangereux pour nous, juste combien il y a en a.



La demi-vie

La demi-vie est le temps nécessaire pour réduire de moitié un “stock d’atomes radioactifs”

Exemple:

Nombre d’atomes = 1’000

Demi-vie = 1 année

Après une année, il reste : $1'000/2 = 500$ atomes

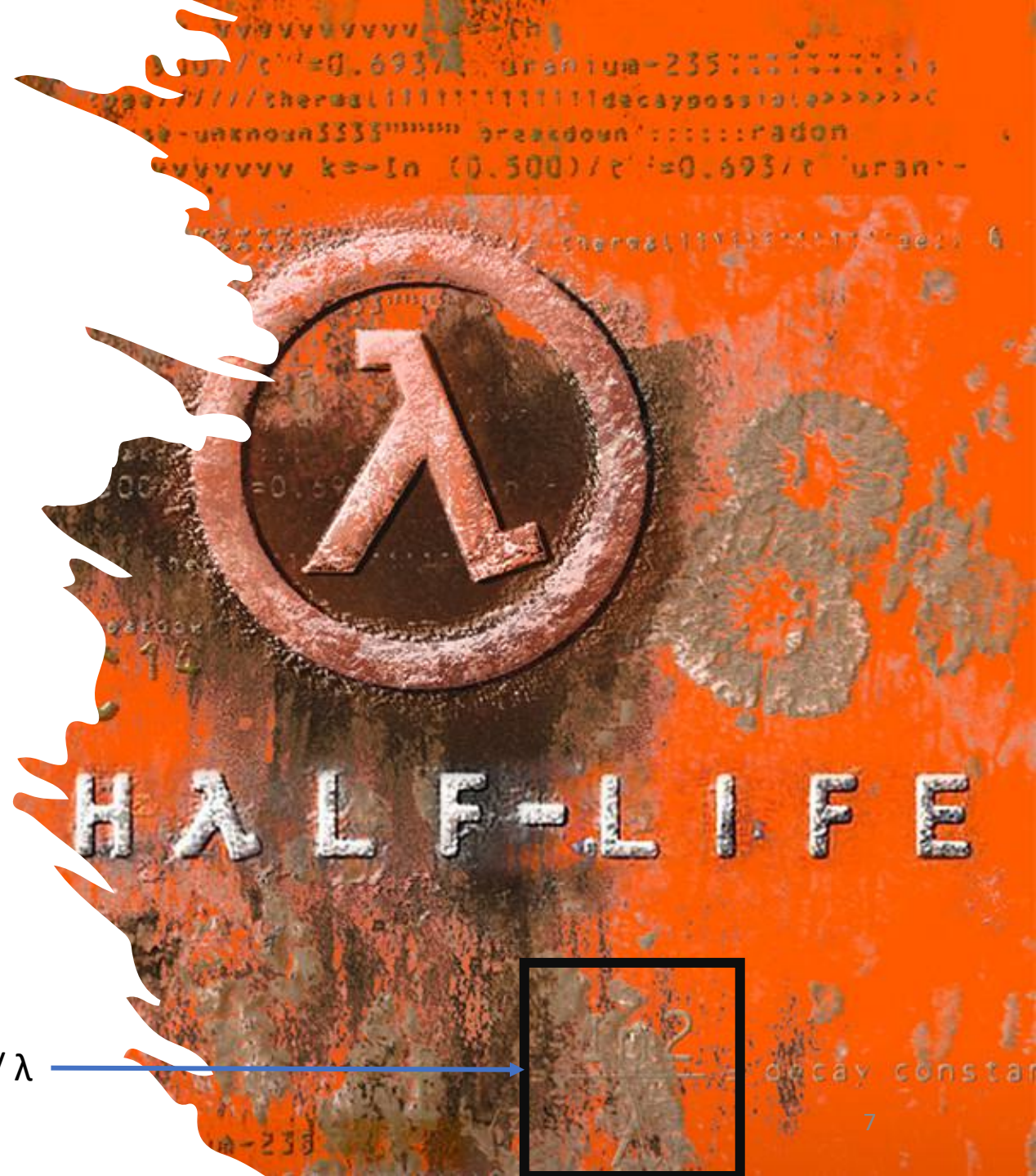
Exemples:

Carbone-11 : 20 minutes

Hydrogène-3 (Tritium) : 12 ans

Potassium-40 : 1 milliard d’années

$$T_{1/2} = \ln(2) / \lambda$$



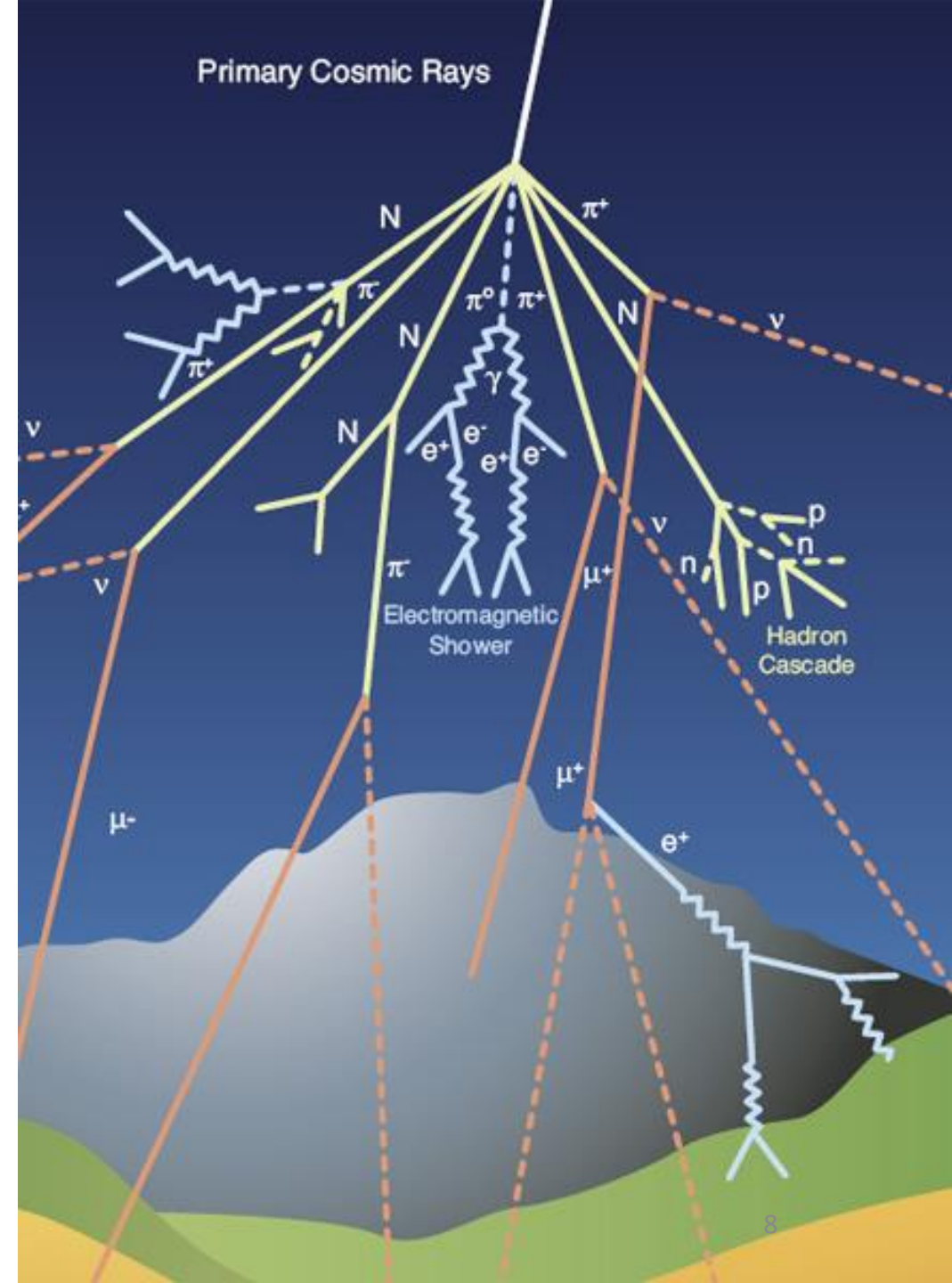
Comment 'créer' des atomes radioactifs?

En termes simples:

“la radioactivité ne produit généralement pas plus de radioactivité”

Pour créer de nouveaux atomes radioactifs:

- Rayonnement cosmique (naturel) >>>
(P. ex. Production de Beryllium-7 et tritium en haute atmosphère)
- Réacteurs nucléaires
- Accélérateurs de particules
- Sources de neutrons



'Dangerosité' (radiotoxicité)

Deux voies d'exposition

- Rayonnement externe
- Incorporation (inhalation, ingestion)

Certains radioéléments sont plus dangereux que d'autres

Par exemple:

- Rayonnement tritium : passe pas votre peau
- Tritium incorporé : éliminé en peu de temps

- Rayonnement iode-131 : 'énergétique'
- Iode incorporé : se fixe à la thyroïde





Le Sievert

- Le Sievert mesure l'effet biologique des radiations sur notre corps.
- Quand on parle du Sievert, on parle souvent de "dose efficace« (le risque pour notre santé).
- Un Sievert est une unité assez grande. Dans la vie quotidienne, on parle plutôt de millisieverts (mSv) ou de microsieverts (μ Sv).
- La dose moyenne par une personne due à la radioactivité **naturelle** est d'environ **2-3 mSv/an.**

(1 mSv = 1000 μ Sv)

20 mSv

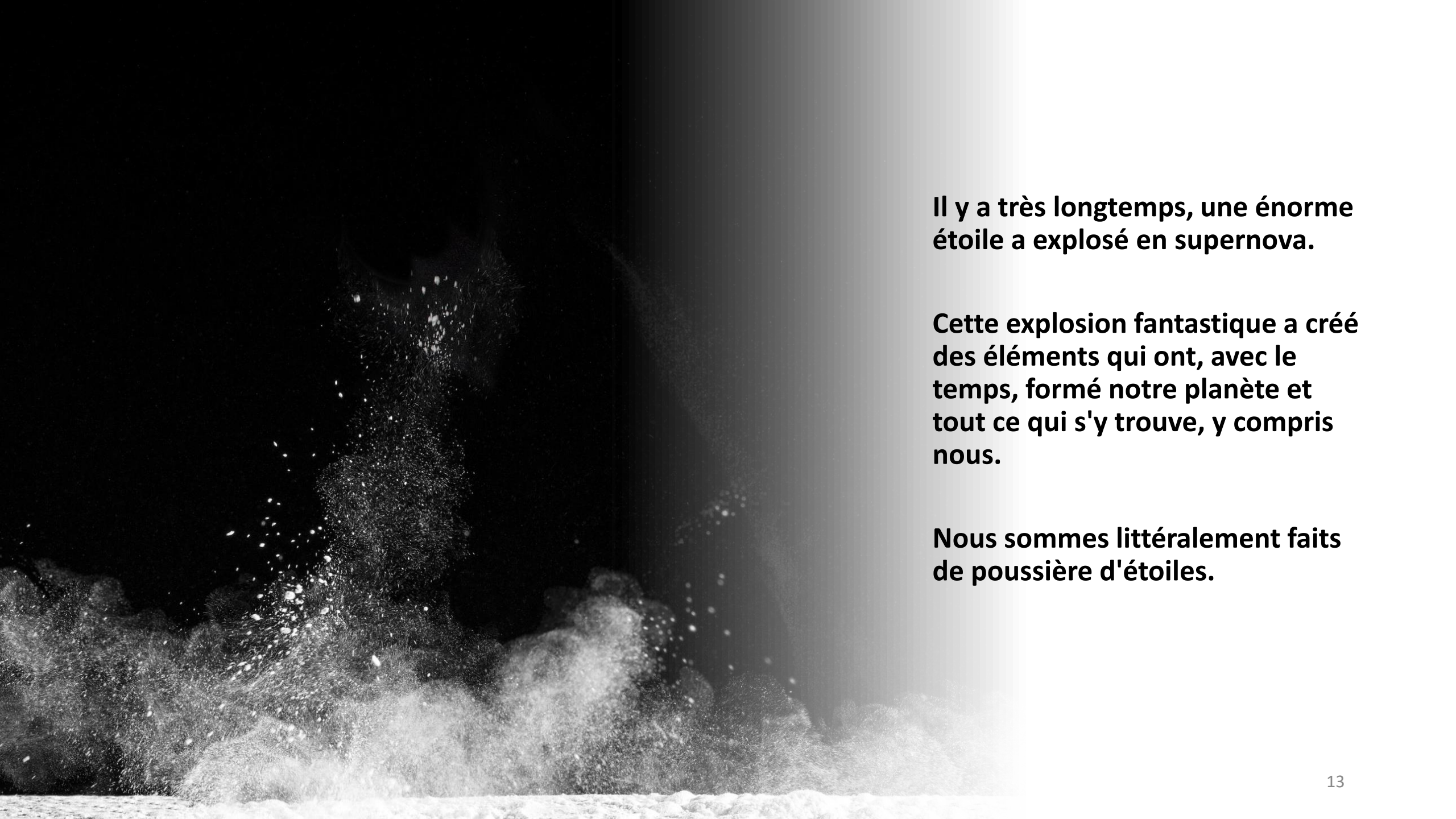
=

« mille
micromorts »

- Un médecin peut vous « irradier tant qu'il veut »
Pour autant qu'il y ait un bénéfice à le faire... (diagnostique, traitement)
- Si êtes un travailleur professionnellement exposé, votre employeur n'a pas le droit de vous exposer à plus de 20 mSv/année
(et il doit s'arranger pour que vous le soyez le moins possible)
- Votre gouvernement "vous protège" d'une irradiation "non-souhaitée" de >1 mSv/année (réglementations, normes, contrôles)
- Si vous êtes un exploitant, vous devez vous débrouiller pour que l'impact sur vos voisins soit < 0.3 mSv/année
(et en pratique vous essayerez de descendre à < 0.01 mSv/année)



La radioactivité d'origine naturelle



Il y a très longtemps, une énorme étoile a explosé en supernova.

Cette explosion fantastique a créé des éléments qui ont, avec le temps, formé notre planète et tout ce qui s'y trouve, y compris nous.

Nous sommes littéralement faits de poussière d'étoiles.



La naissance chaude de notre planète

Quand notre planète s'est formée, elle était très radioactive.

Avec le temps, cette radioactivité a diminué.

Une partie de la radioactivité subsiste:

Aujourd'hui, certains estiment que la moitié des 5'000 °C au centre de la terre sont induits par la radioactivité.

“Tout” contient un peu de radioactivité...

Et votre corps gère très bien ce “petit stress”...



Vos aliments



Le sol, l'eau
L'air que vous respirez (radon)
Le rayonnement terrestre



Votre corps lui-même (p. ex. vos os)

Rayonnement cosmique

Nous sommes exposés à une “douche” de rayonnements ionisants

Le champ magnétique et l’atmosphère terrestres nous protègent

Débit de dose à basse altitude: $\sim 0.1 \mu\text{Sv/h}$





Débit de dose à haute altitude x 20 (approx.)

Débit de dose dans l'espace x 1000 (approx.)
(navettes et stations sont blindées pour réduire la dose)



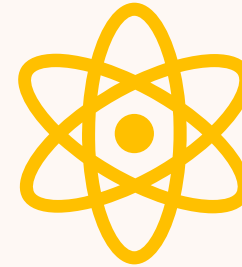


Applications de la radioactivité



Production d'énergie

Centrales nucléaires
(énergie «décarbonée»)



Médecine

Médecine nucléaire
Radiodiagnostic
Radiothérapie



Recherche scientifique

Datation au carbone-14

Traçage (Biologie)



Applications industrielles

Inspection de soudures et de matériaux

Mesure de l'humidité des sols

Stérilisation des aliments



Agriculture

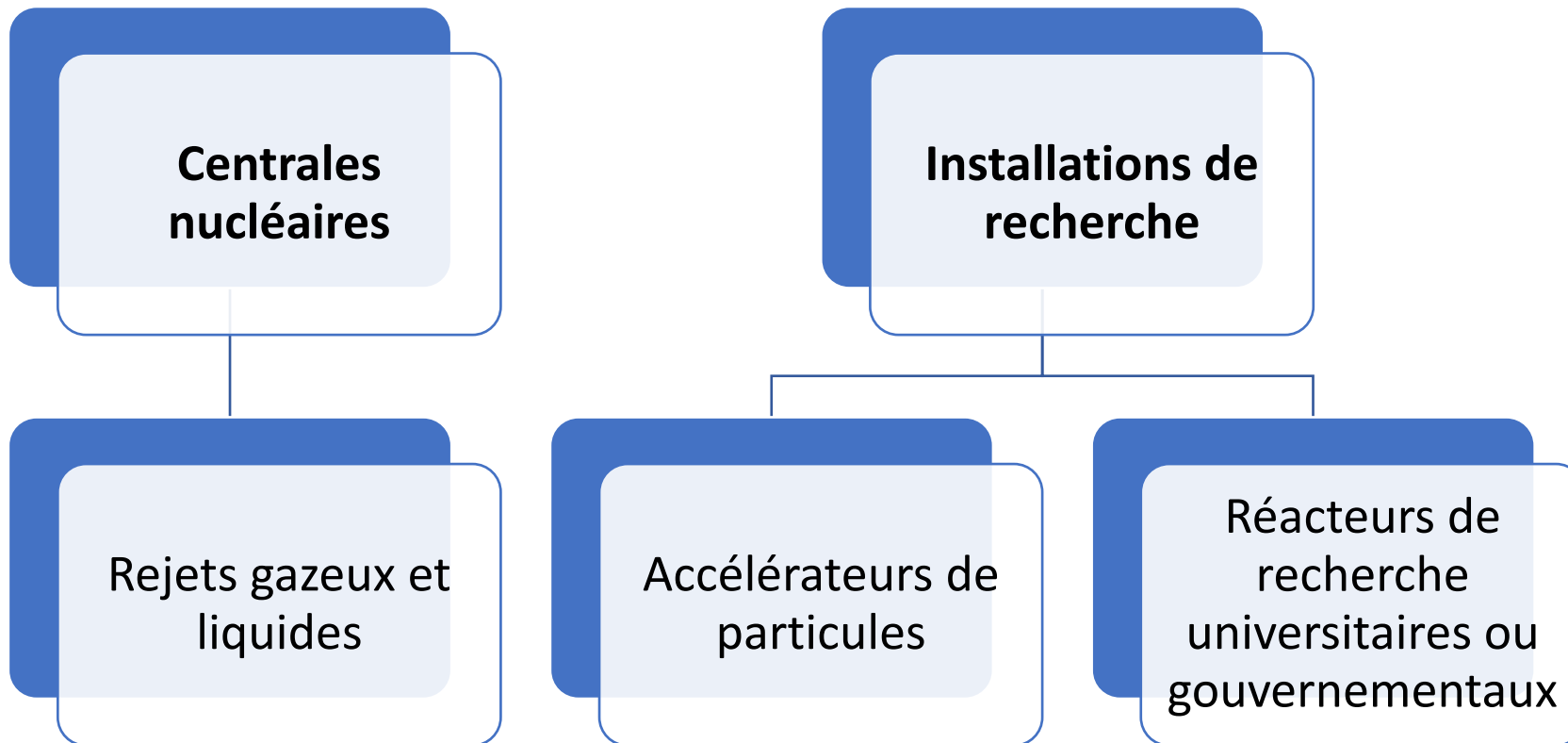
Plantes: mutations et nouvelles variétés
Contrôle des insectes nuisibles (stérilisation)

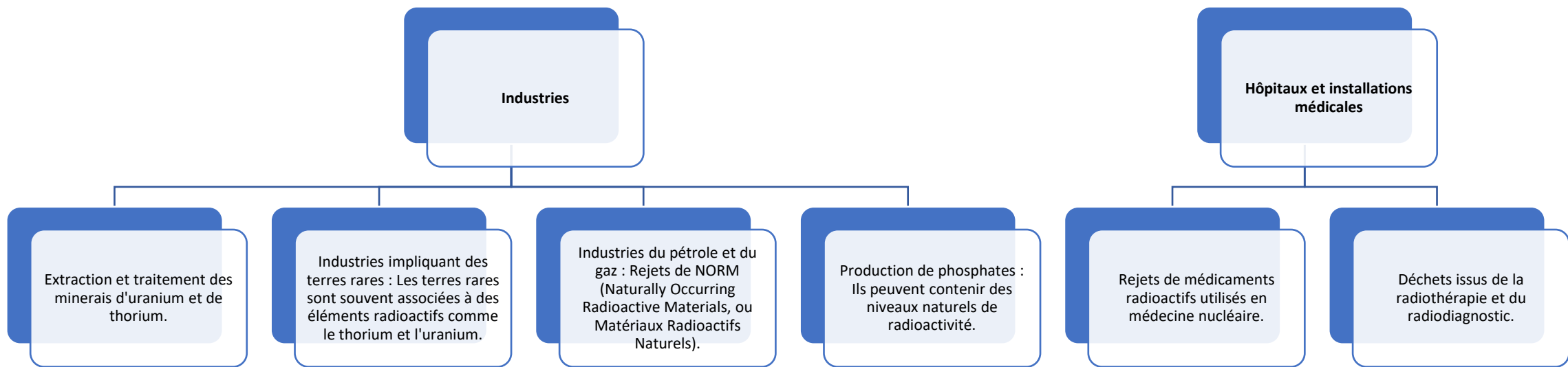


Environnement

Traçages:
Étude des mouvements d'eau
Étude des processus écologique

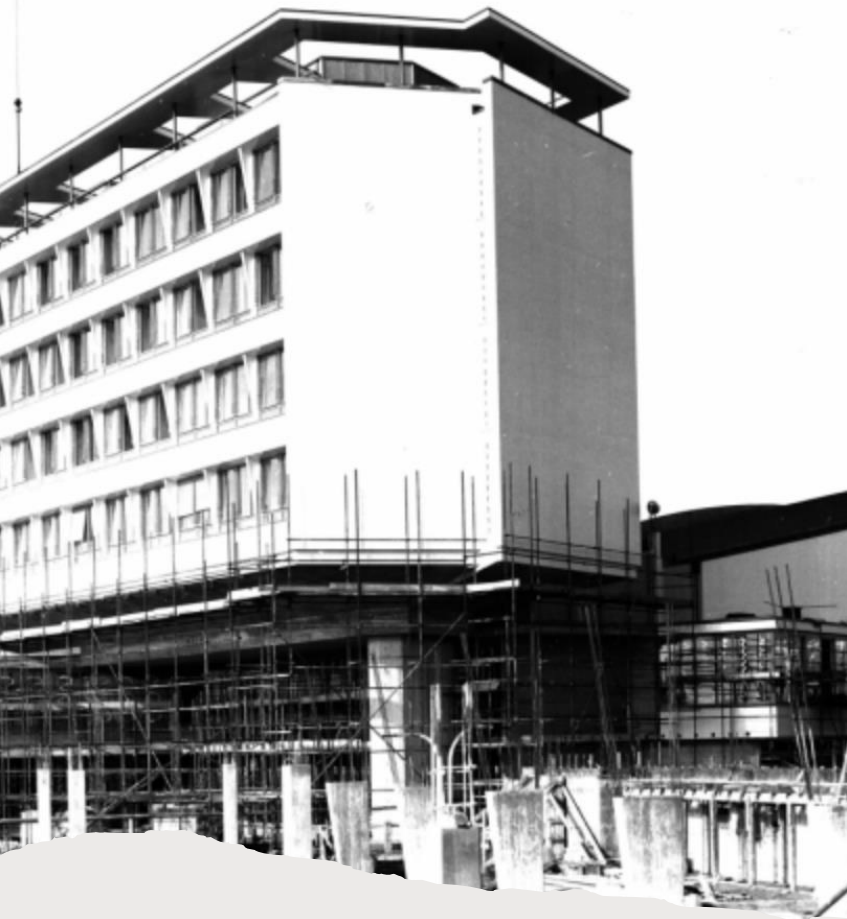
Rejets vers l'environnement







- **CERN**, une idée qui a germé entre ~1945-50
- Promotion de la coopération scientifique
- Reconstruction de la recherche européenne
- Mutualisation des ressources
- Formation et éducation
- Découvertes et avancées scientifiques



Fondé en 1954



CERN Meyrin site

[\(video\)](#)

2022

17'000

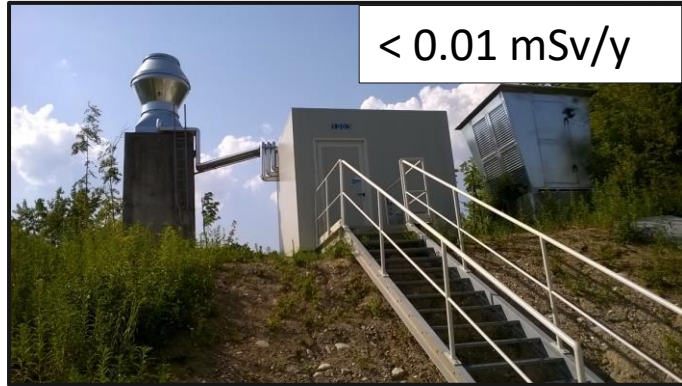
Personnes enregistrées

Associés & Utilisateurs: 13'400

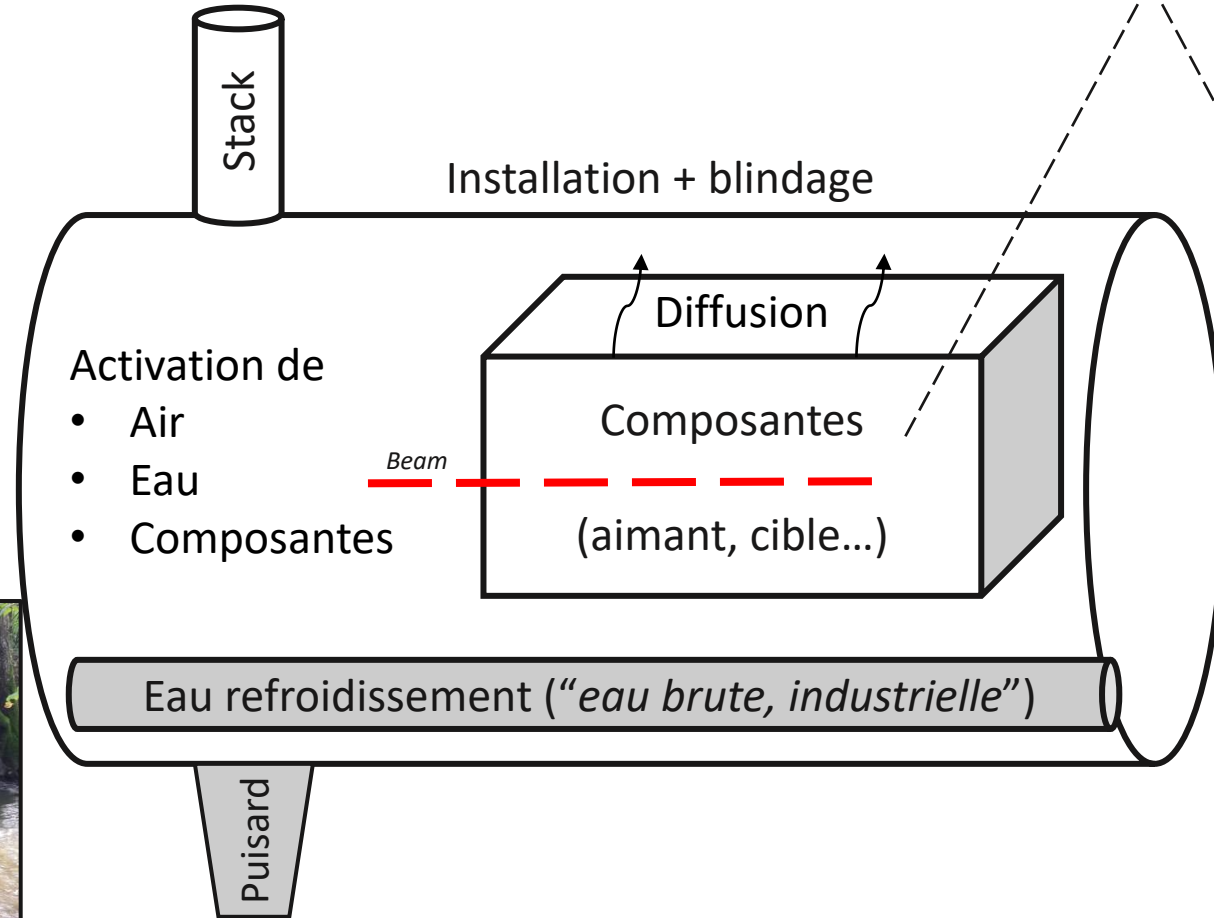
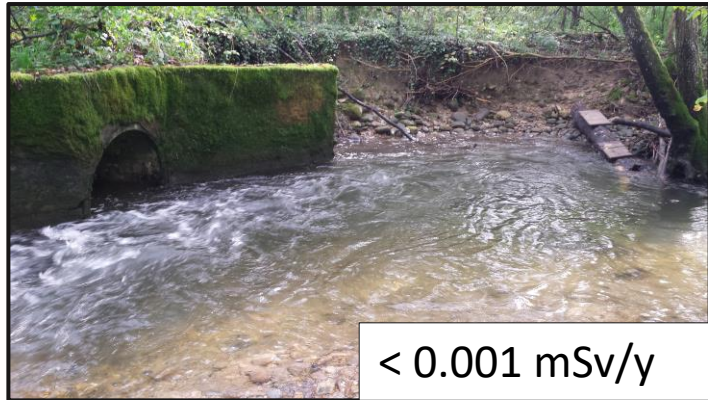
2600 Staff et 900 Fellows de 23 états membres:

- Physiciens expérimentaux, faisceaux, théoriciens...
- Ingénieurs et techniciens
 - Electroniciens
 - Electriciens
 - Informaticiens
 - Mécaniciens
 - Civil (30+ km de tunnels, 600 bâtiments, 625 ha)
 - Chimistes
- Ressources humaines, Juristes
- Comptables, acheteurs, financiers (~1 milliard € / an)
- Relations internationales
- Communication (service de presse)
- Radioprotection, ingénieurs HSE (feu, cryo, mécha, élec, bruit, environnement)
- Pompiers, Service médical
- Transfert de technologie, Formations
- ...

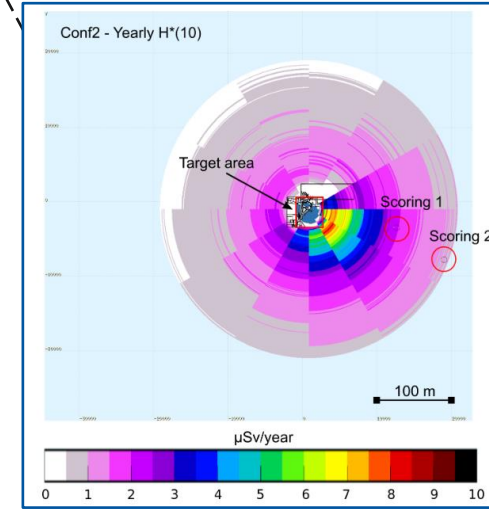
Aspects radiologiques environnementaux du CERN



Rejets de radioéléments
(principalement vies courtes)

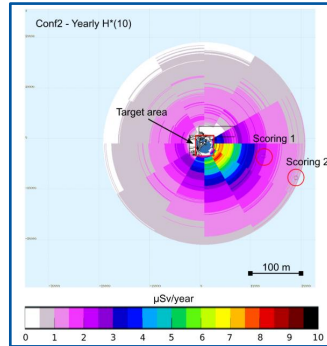


Effet de ciel (neutrons)



Rayonnement diffusé
~0.01 mSv/y

Rayonnement diffusé et surveillance des émissions



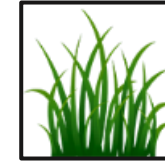
Agreed with



Modèles / Méthodes

Dose efficace

Surveillance de la radioactivité de l'environnement



Traces dans l'air (tritium, iode) et eau (tritium)

~1% des limites

Quelques chiffres

130 stations de monitoring / 500 voies de mesure

80 dosimètres environnement

4000 échantillons et analyses en laboratoire

Rapports trimestriels
OFSP & ASN

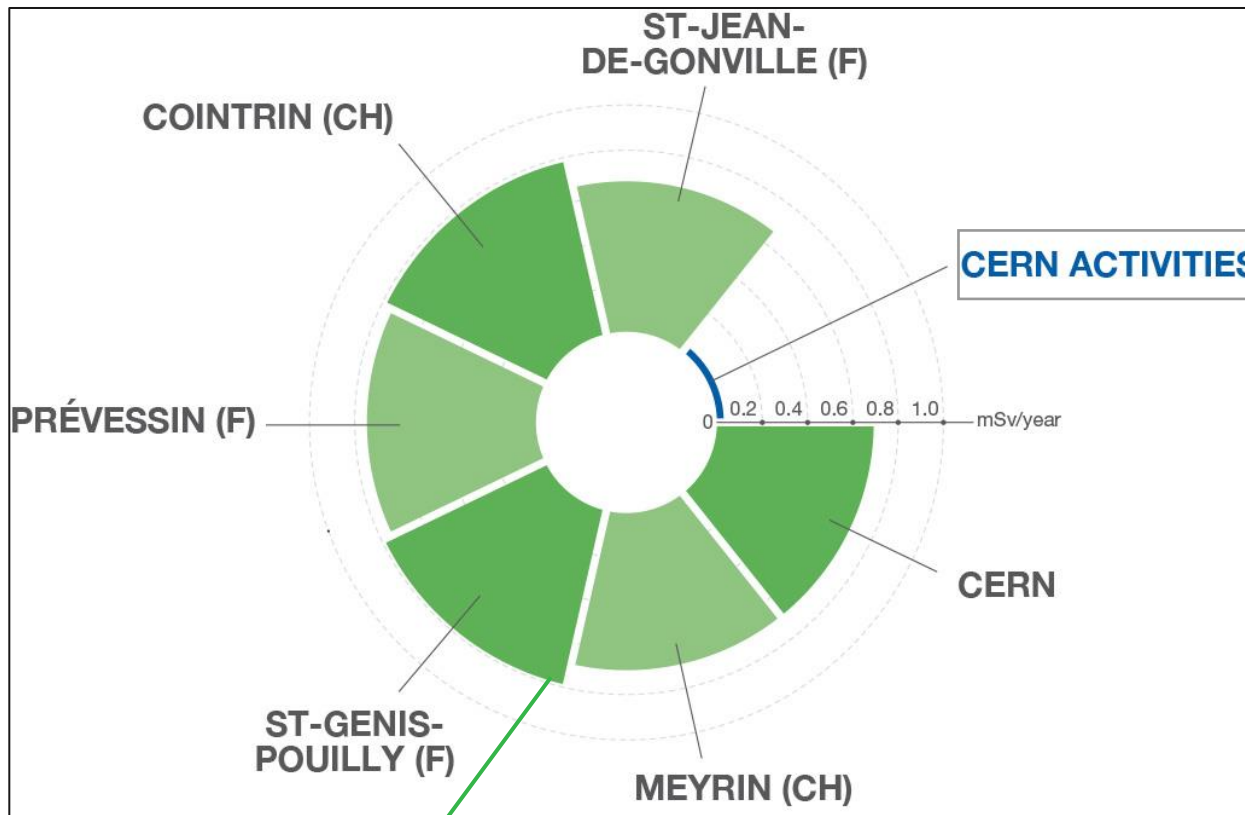
Rapport annuel
(Ed. OFSP)

Surveillance du rayonnement diffusé et des émissions



Surveillance rad. environnementale





Membres du public travaillant ou vivant
aux abords des sites

Dose efficace < 0.01 mSv/an

Cosmic & telluric

Résumé de la présentation

- Radioactivité et principales sources
- Les effets sur la santé
- La radioactivité d'origine naturelle
- Les applications de la radioactivité
- La surveillance de l'environnement (CERN)

Nouvelles installations au CERN

Radioprotection

Fabrice Malacrida

29.05.2024

Ca part d'une intention...

Le processus débute par la soumission d'une Lettre d'Intention présentant les objectifs scientifiques et les méthodes proposées

Exemples (adaptation libre):

Mesurer la désintégration très rare du kaon $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu$ au SPS du CERN pour obtenir une mesure à 10% du paramètre CKM $|V_{td}|$.

Construire un collisionneur électron-positron haute luminosité pour des mesures de précision du boson de Higgs, du quark top et des processus électrofaibles, ouvrant la voie à une nouvelle ère de découvertes en physique des particules.

Tester des composants électroniques et des systèmes entiers dans des environnements de radiation complexes pour valider leur performance et leur tolérance aux radiations, notamment pour des applications spatiales.

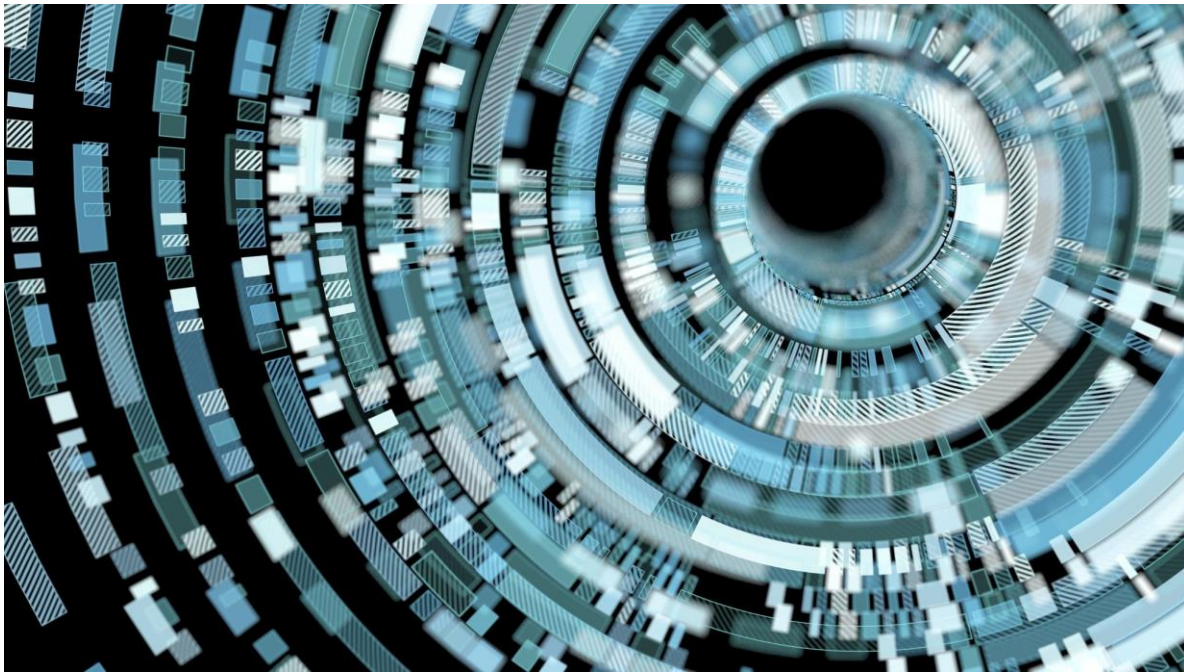




Préparation de la proposition scientifique

- Les chercheurs préparent une proposition scientifique détaillée
- Y sont approfondit les aspects techniques et scientifiques de l'expérience
- La proposition démontre que l'expérience peut atteindre ses objectifs et que les ressources nécessaires sont disponibles

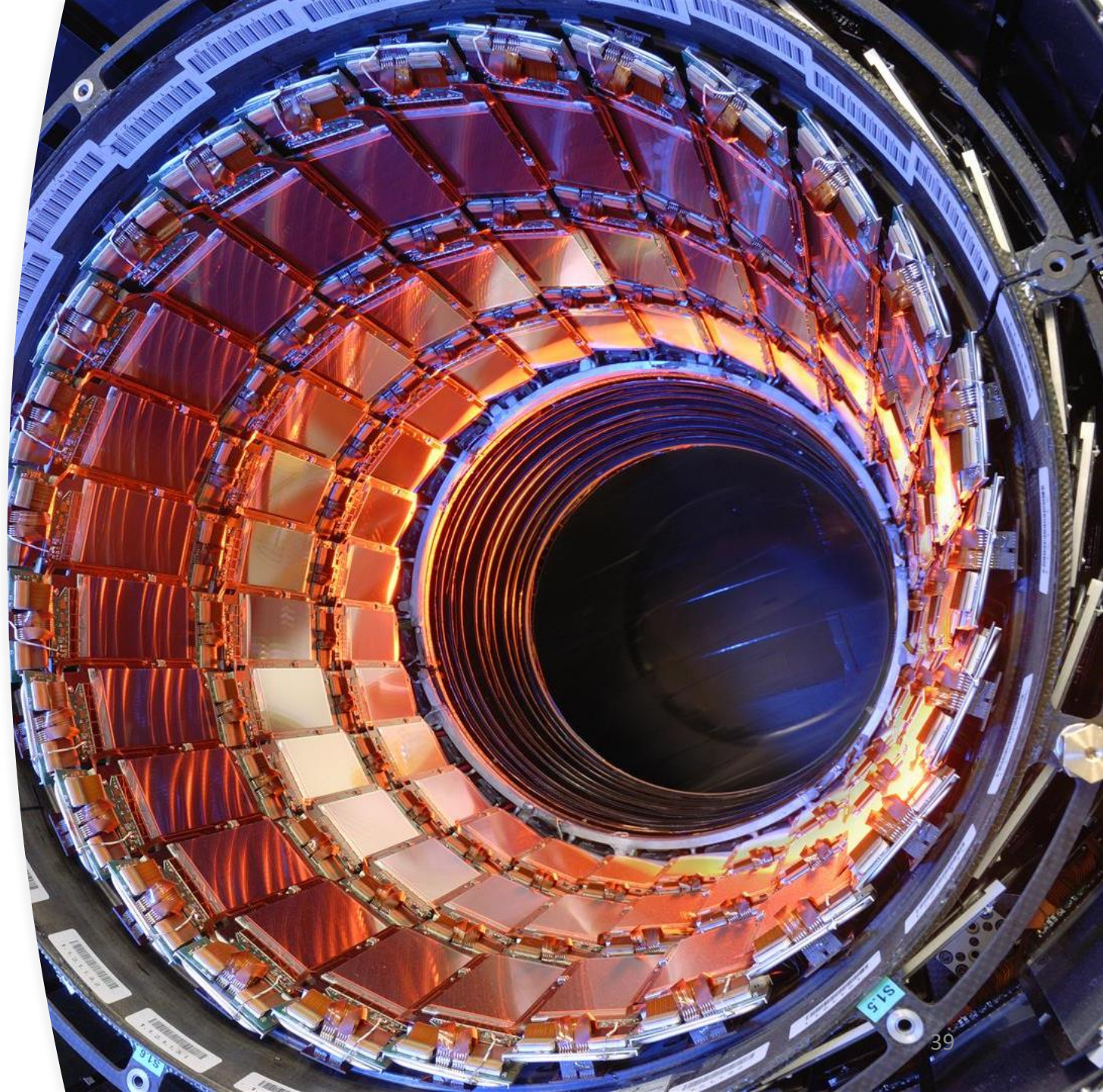
Phase de conception technique (Technical Design Report, TDR)

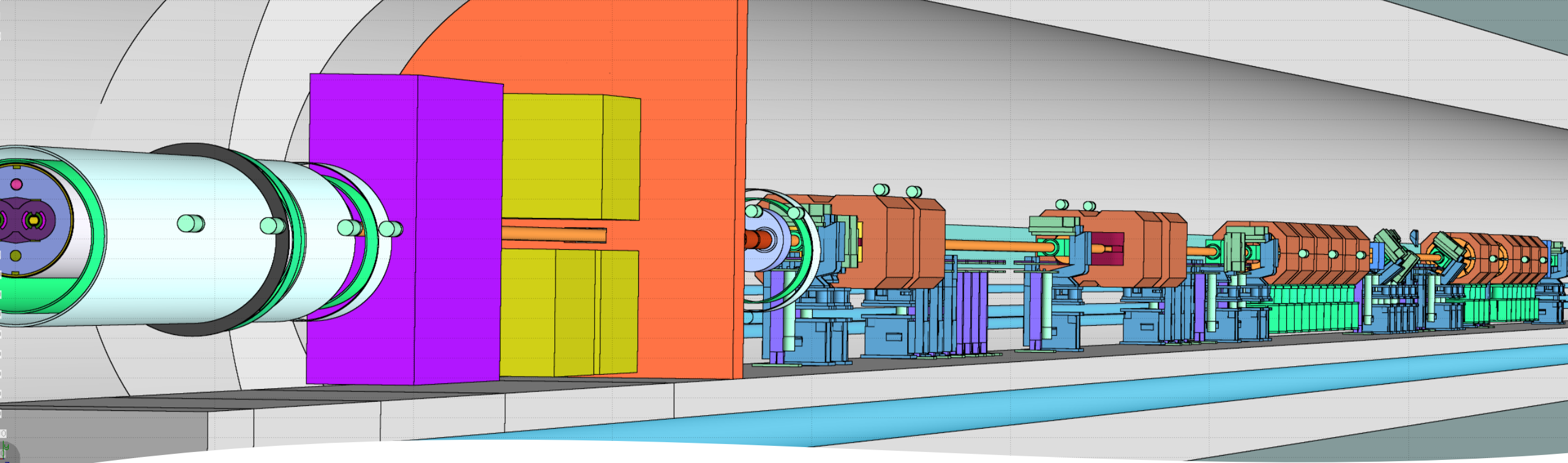


- Une fois approuvée, l'équipe de recherche prépare un rapport de conception technique.
- Ce document décrit en détail la conception de l'installation, les plans d'ingénierie, les calendriers de construction, et les estimations de coûts.
- Il est crucial pour planifier la mise en œuvre pratique de l'expérience.

Étude de Radioprotection et de Protection Radiologique de l'Environnement au CERN

- Les études sont menées selon les meilleures pratiques internationales et les exigences légales des États hôtes.
- Les employés, le public et l'environnement sont protégés grâce aux processus de radioprotection et de protection radiologique.



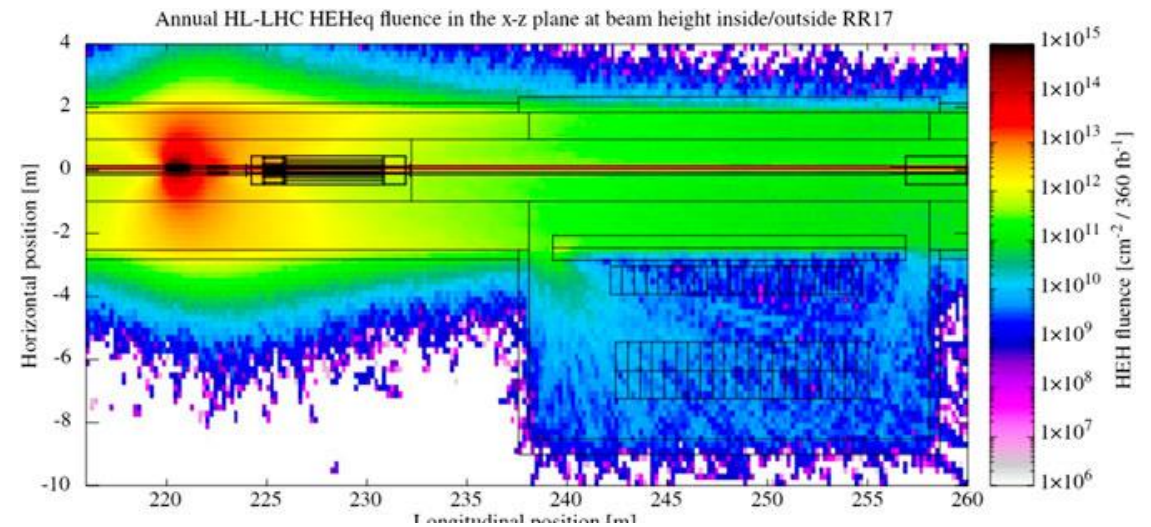


Identification des Sources de Radiation

- Identifier toutes les sources potentielles de radiation
- Comprendre les faisceaux de particules, analyser les interactions, évaluer l'activation des matériaux et inventorier les risques.
- Evaluer les risques et planifier les mesures de protection appropriées

Modélisation et Simulation des Champs de Radiation

- Des logiciels spécialisés comme FLUKA sont utilisés pour modéliser et simuler les champs de radiation dans l'installation.
- Ces simulations permettent de prévoir comment les radiations se propagent et interagissent avec les matériaux environnants.
- Elles aident à estimer les doses reçues par le personnel (et le public).



Conception des Barrières de Protection

- Minimisation de l'exposition aux radiations grâce aux barrières de protection
- Intégration de murs de béton et autres blindages dans la conception
- Vérification de l'efficacité par des simulations et calculs



Surveillance en Temps Réel

- Système de surveillance en temps réel des niveaux de radiation.
- Dosimètres personnels utilisés par le personnel.
- Moniteurs de zone alertent en cas de dépassement des seuils (certains peuvent “couper” le faisceau).





Évaluation de l'Impact Environnemental

- Évaluation de l'impact potentiel des installations sur l'environnement
- Utilisation d'études de dispersion atmosphérique et de transport hydrologique
- Mise en place de mesures de surveillance environnementale
- Suivi des niveaux de radiation dans l'air, l'eau et le sol
- Garantir que les niveaux restent au niveau des objectifs, c'est à dire bien en dessous des limites réglementaires.



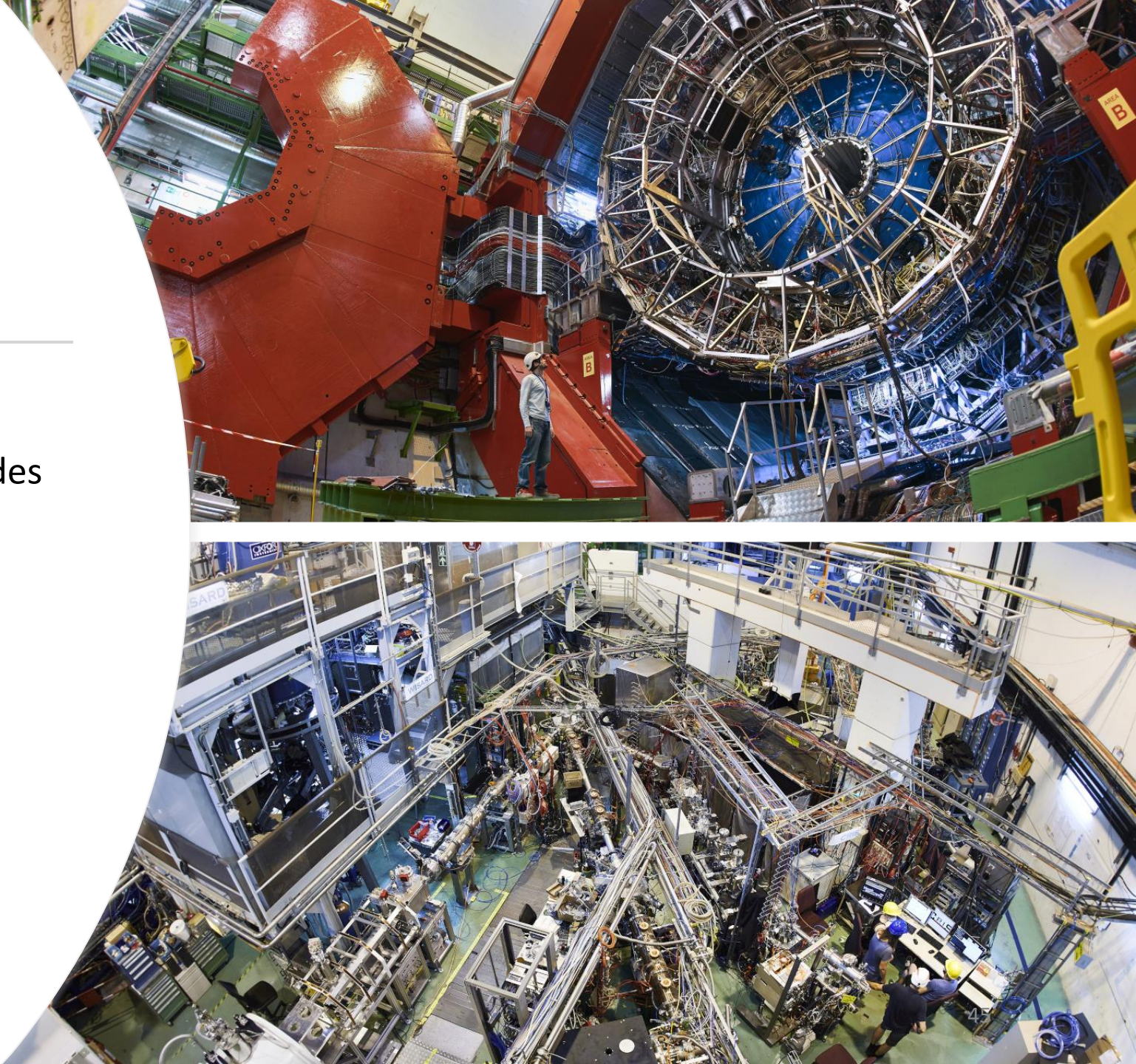
NANTES

Laboratoire de Physique Subatomique et des
Technologies Associees



Collaboration

- LHC - ALICE
- ISOLDE (physique nucléaire)





Merci pour vos futures intentions