



# COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement  
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

**Terminale - Module 3 - De l'astrophysique à la  
médecine : quelles applications pour la radioactivité ?**

## Grand Oral

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**  
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**  
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**  
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**  
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**  
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**  
pour vérifier ses acquis

[www.cours-pi.com](http://www.cours-pi.com)

Paris & Montpellier



# EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

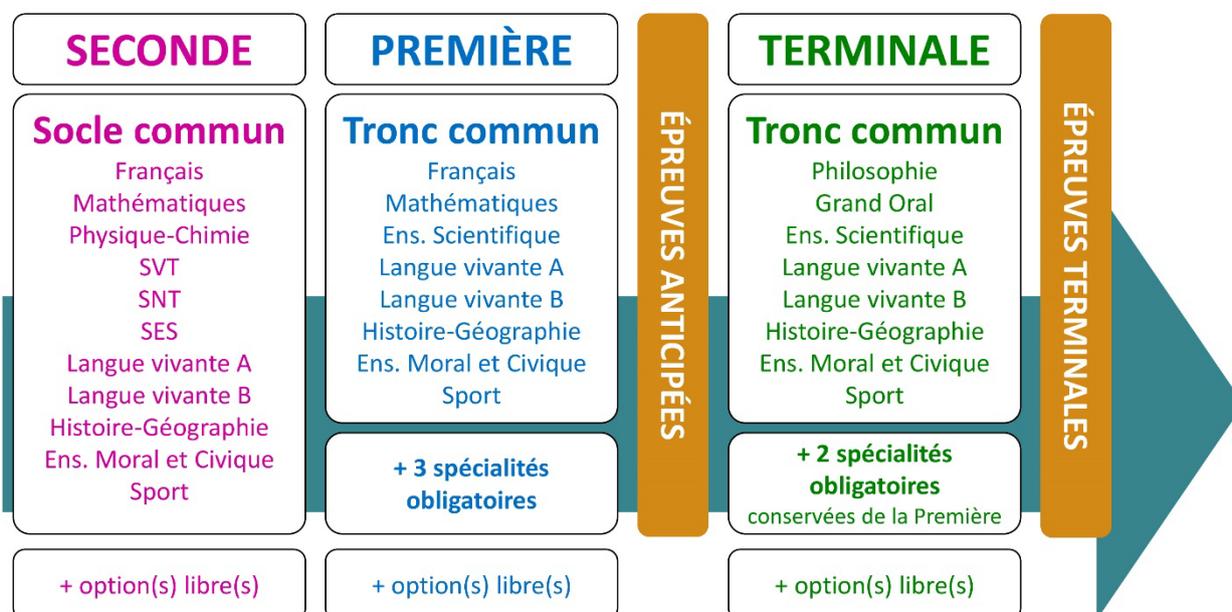
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers l'**excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

## LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



### CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

### CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **Réfléchissons ensemble** pour guider l'élève dans la réflexion
- **L'essentiel** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **À vous de jouer** pour mettre en pratique le raisonnement vu dans le cours et s'accaparer les ressorts de l'analyse, de la logique, de l'argumentation, et de la justification
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

## GRAND ORAL TERMINALE

### Module 3 – De l'astrophysique à la médecine : quelles applications pour la radioactivité ?

#### L'AUTEUR



#### Mathieu MEYER

« **Le discours d'un professeur doit s'adapter aux besoins des élèves** ». Enseignant expérimenté, Docteur en Chimie et Physico-chimie, il s'adapte facilement à tout public et accompagne élèves et étudiants dans leurs challenges. Doté d'un esprit positif, son approche de l'enseignement scientifique est axée sur le raisonnement, la compréhension, les applications et la manipulation. Passionné de football et supporter de Lyon depuis toujours, il est aussi un coureur de fond et de trail dont les temps laissent rêver... 36min sur 10km, 1h18 sur semi-marathon.

#### PRÉSENTATION

Ce **cours** est divisé en chapitres, chacun comprenant :

- Le **cours**, conforme aux programmes de l'Education Nationale
- Des **exercices d'application et d'entraînement**
- Les **corrigés** de ces exercices
- Des **devoirs** soumis à correction (et **se trouvant hors manuel**). Votre professeur vous renverra le corrigé-type de chaque devoir après correction de ce dernier.

Pour une manipulation plus facile, les corrigés-types des exercices d'application et d'entraînement sont regroupés en fin de manuel

#### CONSEILS A L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de **l'assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés. Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

## LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »).

Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

**Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation**, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

**Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».**

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

**Donc, dès qu'un devoir est rédigé**, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier  
*Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur*

**N.B. :** *quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir** ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir.*

**N.B. :** *si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.*

## VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure. En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves. Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL  
EST  
SON  
RÔLE ?

**Orienter** les parents et les élèves.

**Proposer** la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

**Faire évoluer** les outils pédagogiques.

**Encadrer** et **coordonner** les différents professeurs.

## VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

## LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

04.67.34.03.00

scolarite@cours-pi.com



# LE SOMMAIRE

Grand Oral – Module 3 – De l'astrophysique à la médecine : quelles applications pour la radioactivité ?

|  |           |
|--|-----------|
| <u>Présentation de l'épreuve</u> .....   | 1         |
| <u>Les besoins techniques</u> .....  | 6         |
| <b><u>PARTIE 1. Étude documentaire et construction de plan</u></b> .....                 | <b>8</b>  |
| Première approche - Étude de documents transverses .....                                 | 8         |
| Étude de documents 1 - Définition de la radioactivité .....                              | 10        |
| Étude de documents 2 - Les différents types de radioactivité.....                        | 14        |
| Étude de documents 3 - Les dangers de la radioactivité.....                              | 18        |
| Étude de documents 4 - Fusion et fissions vs radioactivité .....                         | 24        |
| Étude de documents 5 - Dater la formation de notre planète grâce à la radioactivité..... | 28        |
| Étude de documents 6 - Application de la radioactivité pour l'étude du cerveau .         | 35        |
| <b><u>PARTIE 2. Le lien entre la question et le projet d'études</u></b> .....            | <b>48</b> |
| Mise en contexte et présentation de votre plan.....                                      | 50        |
| Transition vers le projet d'étude .....  | 51        |
| Les fiches métiers .....   | 52        |
| Les ressources pour bien s'orienter .....  | 56        |
| Conclusion et ouverture .....  | 57        |
| <b><u>PARTIE 3. Oralité, gestuelle et méthodologie</u></b> .....                         | <b>59</b> |
| Les différents types de communication.....   | 59        |
| Communication verbale .....  | 60        |
| Échauffement.....  | 60        |
| La sonorité de la voix.....  | 60        |
| L'articulation .....   | 61        |
| Le volume sonore .....   | 62        |
| Limiter les hésitations .....  | 62        |
| Communication non verbale.....   | 63        |
| <b><u>Corrigés</u></b> .....   | <b>67</b> |



## ESSAI

- **Histoire de la radioactivité : l'évolution d'un concept et de ses applications**  
*René Bimbot*

## BANDE-DESSINÉE

- **Radioactive : Marie & Pierre Curie** *Lauren Redniss*

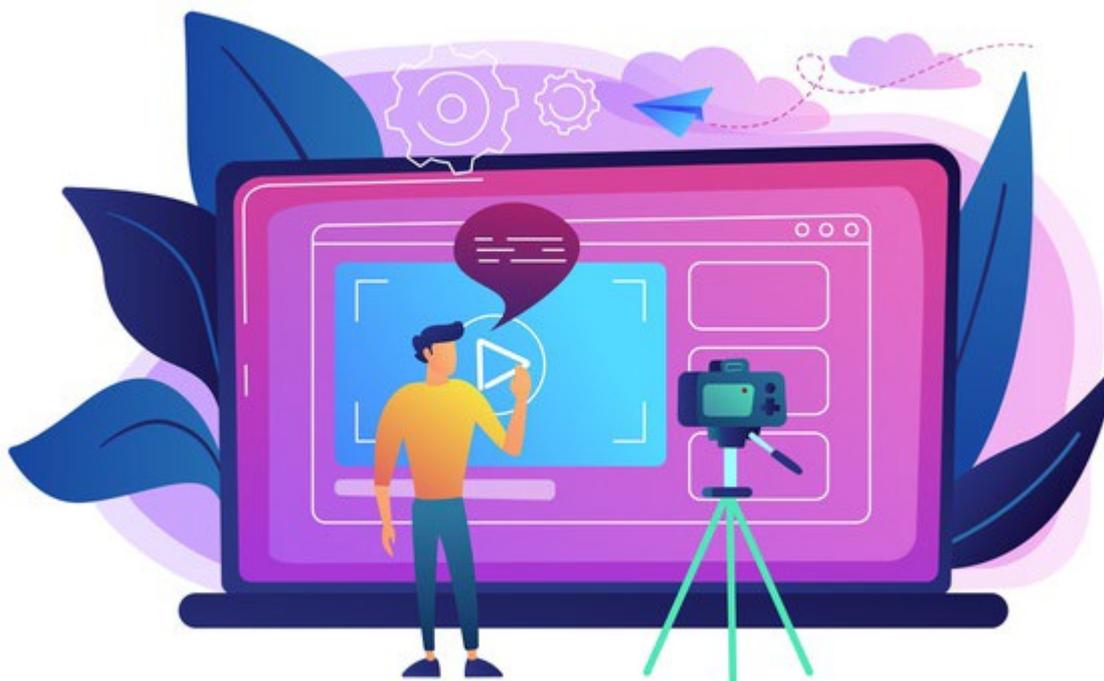
## SÉRIE

- **Chernobyl** *Craig Mazin*

## I) PRÉSENTATION DE L'ÉPREUVE

---

Le Grand Oral : voici une nouvelle épreuve du Baccalauréat qu'aucune génération n'a connue avant vous ! Une épreuve orale comme son nom l'indique durant laquelle vous allez devoir présenter un sujet de votre choix devant deux professeurs de vos matières de spécialité. Vaste programme que nous allons décortiquer au fil de ce manuel pour vous permettre d'arriver le jour J en pleine connaissance de ce qui vous attend.



### GÉNÉRALITÉS SUR LE GRAND ORAL

L'objectif du Grand Oral est triple.

- Cette nouvelle épreuve permet de travailler la notion d'oralité puisqu'elle doit « permettre au candidat de montrer sa capacité à prendre la parole en public de façon claire et convaincante ».
- Elle se basera aussi sur les connaissances des deux matières de spécialité de l'année. Le fond est donc aussi important que la forme.
- Enfin, l'ensemble doit être mis en lien avec un projet de poursuite d'études, voire professionnel.

Il est donc important d'éviter si possible de présenter lors de cette épreuve un souhait de devenir chirurgien si les enseignements de spécialités pris sont « Humanité, Littérature et Philosophie » ou « Histoire – Géographie, Géopolitique et Sciences Politiques ». Si, toutefois, au cours de l'année votre choix d'orientation s'affine ou se modifie en ce sens, il deviendra d'autant plus important de présenter un projet d'études soigneusement préparé et argumenté.

Cette épreuve obligatoire fait partie des 5 épreuves finales du Baccalauréat qui représentent 60% de la note finale. Elle est notée sur 20 points et est valorisée par un coefficient 10 dans le cadre d'une filière générale.

Le Grand Oral est une épreuve qui dure 20 minutes précédée de 20 minutes de préparation. Le candidat vient présenter au jury deux questions qu'il aura préparées au cours de l'année, qui portent sur ses deux spécialités, soit prises isolément, soit abordées de manière transversale.

Le jury choisit alors une de ces deux questions. Le candidat a ensuite 20 minutes de préparation pour mettre en ordre ses idées et créer s'il le souhaite un support (qui ne sera pas évalué) à donner au jury. L'exposé se déroule alors sans note et debout.

## DÉROULEMENT DE L'ÉPREUVE

### L'oral se déroule en quatre temps.

#### Préambule (20mn)

Au début de l'épreuve, le candidat présente au jury deux questions qui portent sur les deux enseignements de spécialité. Ils peuvent être abordés isolément ou de manière transversale. Les questions pourront porter sur l'ensemble ou une simple partie du programme du cycle terminal.

Les questions sont transmises au jury sur une feuille préparée par le candidat.

Une fois choisie par le jury, le candidat dispose de 20 minutes de préparation pour mettre en ordre ses idées et réaliser, s'il le souhaite, un support qu'il remettra aux examinateurs sur une feuille qui lui est fournie. Ce support ne sera pas évalué mais sera à disposition lors de l'échange. Nous vous conseillons vivement de produire un tel document qui permettra au jury d'avoir un point d'appui visuel pour se repérer à tout moment dans votre présentation. L'exposé du candidat se fait sans notes. Le candidat pourra être assis ou debout.

#### Première partie (5mn)

Le candidat devra tout d'abord expliquer les raisons de ce choix de question puis y répondre.

#### Deuxième partie (10mn)

Les 10 minutes suivantes, le jury échange avec le candidat sur les connaissances liées au programme des spécialités suivies en classe de première et terminale et évalue sur la forme vos capacités d'argumentation et d'écoute. Il est important ici de noter que vous devrez donc veiller à vous remémorer avant l'épreuve les connaissances et compétences essentielles de votre spécialité arrêtée en fin de première.

#### Troisième partie (5mn)

Le candidat doit ici expliquer les liens entre la question traitée et son projet de poursuite d'études, voire son projet professionnel. Il peut y exposer les différentes étapes de la maturation de son projet (rencontres, engagements, stages, mobilité internationale, intérêt pour les enseignements communs, choix de ses spécialités, etc.) et la manière dont il souhaite le mener après le baccalauréat. Si la question traitée concerne l'enseignement de spécialité langues, littératures et cultures étrangères et régionales, chacun des deux premiers temps de l'épreuve orale terminale peut se dérouler, en partie, dans la langue vivante concernée par l'enseignement de spécialité, selon le choix du candidat.

### Quel jury et quelle notation ?

Le jury est formé par deux professeurs de matières différentes : un professeur d'une des deux spécialités de l'élève et un professeur de l'autre spécialité ou d'un des enseignements communs, ou encore un professeur-documentaliste.

Concernant la notation, il n'existe pas aujourd'hui de grille définitive pour l'évaluation. Cependant, voici la grille indicative fournie par l'Education Nationale à titre indicatif.

|                   | Qualité orale de l'épreuve  | Qualité de la prise de parole en continu  | Qualité des connaissances   | Qualité de l'interaction   | Qualité et construction de l'argumentation   |
|-------------------|---|---|---|--|--|
| Très insuffisant  | Difficilement audible sur l'ensemble de la prestation.<br>Le candidat ne parvient pas à capter l'attention.   | Énoncés courts, ponctués de pauses et de faux démarrages ou énoncés longs à la syntaxe mal maîtrisée. | Connaissances imprécises, incapacité à répondre aux questions, même avec une aide et des relances.  | Réponses courtes ou rares. La communication repose principalement sur l'évaluateur.  | Pas de compréhension du sujet, discours non argumenté et décousu.  |
| Insuffisant       | La voix devient plus audible et intelligible au fil de l'épreuve mais demeure monocorde.<br>Vocabulaire limité ou approximatif.   | Discours assez clair mais vocabulaire limité et énoncés schématiques.                                 | Connaissances réelles, mais difficulté à les mobiliser en situation à l'occasion des questions du jury.   | L'entretien permet une amorce d'échange. L'interaction reste limitée.  | Début de démonstration mais raisonnement lacunaire.<br>Discours insuffisamment structuré.                                  |
| Satisfaisant      | Quelques variations dans l'utilisation de la voix ; prise de parole affirmée. Il utilise un lexique adapté.<br>Le candidat parvient à susciter l'intérêt.   | Discours articulé et pertinent, énoncés bien construits.  | Connaissances précises, une capacité à les mobiliser en réponses aux questions du jury avec éventuellement quelques relances                                    | Répond, contribue, réagit. Se reprend, reformule en s'aidant des propositions du jury.   | Démonstration construite et appuyée sur des arguments précis et pertinents.  |
| Très satisfaisant | La voix soutient efficacement le discours.<br>Qualités prosodiques marquées (débit, fluidité, variations et nuances pertinentes, etc.).<br>Le candidat est pleinement engagé dans sa parole. Il utilise un vocabulaire riche et précis. | Discours fluide, efficace, tirant pleinement profit du temps et développant ses propositions.         | Connaissances maîtrisées, les réponses aux questions du jury témoignent d'une capacité à mobiliser ces connaissances à bon escient et à les exposer clairement. | S'engage dans sa parole, réagit de façon pertinente. Prend l'initiative dans l'échange. Exploite judicieusement les éléments fournis par la situation d'interaction. | Maîtrise des enjeux du sujet, capacité à conduire et exprimer une argumentation personnelle, bien construite et raisonnée. |

## Comment ce manuel va me permettre de préparer le Grand Oral ?

Maintenant que l'épreuve est cernée, intéressons-nous à votre préparation avec ce manuel qui vous transmettra toute l'expertise des Cours Pi pour vous mettre dans des conditions idéales le jour J ! En choisissant ce sujet, vous avez choisi une question qui est à la croisée de la Physique et de la Science de la Vie et de la Terre. Elle vous permettra donc de mettre en avant les connaissances acquises grâce à vos enseignements de spécialité dans ces matières et vous pourrez aussi vous appuyer sur les connaissances du programme de Première de l'Enseignement Scientifique.



Ce manuel vous propose une préparation **clés en main** pour votre épreuve ! Vous aurez bien sûr la liberté d'adapter comme bon vous semble votre oral mais nous avons conçu pour vous une trame de réflexion qui vous permettra de mettre en place une stratégie gagnante pour aborder dans les meilleures conditions la préparation et le passage du Grand Oral. Afin de vous accompagner à préparer cette épreuve nous allons construire ensemble le déroulé de votre intervention que l'on peut schématiser comme ceci :

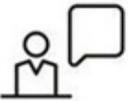


|   |   |
|---|---|
|  <p>Etat de l'art : les Hommes et les Découvertes qui ont fait mon sujet</p> |  <p>Les mots clefs</p> |
|---|---|

|   |
|---|
|  <p>Plan de l'exposé</p> |
|---|

" Transition "

|   |
|---|
|  <p>Formations / métiers</p> |
|---|

|  |
|--|
|  <p>Et après : questionnement et projection</p> |
|--|



La première partie de ce module vous propose une étude documentaire pas à pas en lien avec une des deux questions que vous proposerez au jury lors de votre épreuve, ici donc « *De l'astrophysique à la médecine : quelles applications pour la radioactivité ?* ». Nous avons sélectionné pour vous des documents et une trame originale qui vous guidera pour rentrer au cœur de ce passionnant sujet tout en construisant votre réflexion et le plan de votre exposé. Ainsi, progressivement, tout en pratiquant l'oralité, **le premier chapitre permettra de constituer un ensemble de mots clés, ainsi qu'un plan, destiné à devenir si vous le souhaitez celui de votre oral, qui sera dévoilé en correction du devoir numéro 1.**

Une fois le plan de votre oral établi, nous nous concentrerons dans la deuxième partie du manuel sur la **présentation de votre projet d'orientation** ainsi que sur la **création du document support** que vous mettrez à disposition du jury (devoir numéro 2).



Enfin, nous vous proposerons des exercices d'entraînement et des astuces afin de **développer des qualités propres à l'oralité** et ainsi vous permettre de construire votre discours et présenter idéalement vos idées lors de l'épreuve (devoir numéro 3).

Vous l'aurez donc compris, ce manuel « clé en main » vous permettra de préparer une des deux questions que vous présenterez au jury le jour de l'épreuve. Il vous transmettra également la méthodologie générale pour préparer et présenter votre Grand Oral, que ce soit sur le fond ou sur la forme.

Pour préparer la deuxième question que vous présenterez en début d'épreuve, deux choix s'offrent à vous. Nous vous proposons également un deuxième module à tonalité scientifique qui vous permettra de vous laisser guider dans la préparation d'une autre problématique orientée cette fois-ci vers la Biologie et les Mathématiques. Vous pourrez également créer votre propre problématique en fonction de vos spécialités et surtout de vos intérêts pour des domaines particuliers. Ce manuel sera alors pour vous un outil méthodologique complet pour construire votre propre réflexion originale.

Bon courage pour votre préparation et passons maintenant au cœur de notre sujet !

## II) LES BESOINS TECHNIQUES POUR CE MODULE

---

Au fil du module, de nombreux documents vous seront proposés afin de travailler le thème : vidéos, articles web, serious games... Chaque fois que vous rencontrerez les encarts de ce type vous trouverez le lien vers le document dans votre espace ressources. Les corrections de vos enregistrements sonores seront aussi disponibles dans cet espace : [www.cours-pi.com/ressources](http://www.cours-pi.com/ressources).



### DOCUMENT 8 – Vidéo

#### Les noyaux d'atomes et la vallée de la stabilité (15mn)

Ce court métrage d'animation produit par le CEA abordera la stabilité des atomes mais aussi la répartition des désintégrations dans la physique nucléaire.

De plus, afin de réaliser les activités podcasts présentes à chaque étude documentaire vous aurez besoin de vous enregistrer en audio, et de compiler au fur et à mesure vos enregistrements.

Vous pouvez le faire avec votre smartphone si vous en possédez un, ou avec votre ordinateur en utilisant par exemple le logiciel son gratuit **Audacity** !



Enfin, le **devoir 3** sera pour vous l'occasion d'une répétition générale ! Vous aurez besoin d'un smartphone, d'une application de messagerie (WhatsApp, Signal...) et, si possible, d'un complice (parent, camarade...). Vous pourrez ainsi réaliser votre Grand Oral dans les vraies conditions, en vous appuyant sur les consignes données.



## ÉTUDE DOCUMENTAIRE ET CONSTRUCTION DU PLAN DE L'EXPOSÉ DU GRAND ORAL

Au cours de cette étude de la radioactivité qui va vous mener au Grand Oral, de nombreux documents vont être étudiés. Ceux-ci seront de nature différente et ont pour but de vous fournir l'ensemble des connaissances et des compétences nécessaires pour cette nouvelle épreuve.

Chaque étude de documents (au nombre de six) sera suivie d'une série de questions qui guideront votre réflexion pour construire le plan de votre exposé au fil de ce manuel. La restitution de ce plan sera d'ailleurs l'objet du devoir numéro 1 à la fin de cette première partie.

Mais avant de commencer à étudier de manière précise le fonctionnement de la radioactivité, quelques documents préliminaires vous sont proposés. Ceux-ci sont transverses et vous permettent de mieux cerner la radioactivité dans sa globalité.



### Première approche

#### Étude de documents transverses

L'étude de ces documents est **fondamentale pour la suite**. Elle permet de comprendre le contexte de la découverte de la radioactivité et les défis relevés par les chercheurs lors du développement de cette nouvelle science.

Pour ces premiers documents transverses, aucune question ne vous sera posée mais ceux-ci sont fondamentaux car ils permettent de mieux cerner le phénomène dans sa globalité, mais aussi son origine ainsi que des anecdotes de la démarche scientifique adoptée. De Röntgen à Curie en passant par Becquerel, cette course à la radioactivité vous sera dévoilée ! **Nous vous conseillons pour ces documents d'établir vos propres notes sur les connaissances qui vous semblent essentielles**, ceci pour acquérir une culture générale suffisante sur le sujet et la mettre en valeur le jour de l'épreuve, particulièrement lors de l'échange avec le jury. Ces notes vous permettront également de vous remémorer aisément ces notions clefs avant le passage de l'épreuve, et donc d'arriver en toute confiance pour présenter votre oral.



#### DOCUMENT 1 - Podcast

**La conversation scientifique - Comment la radioactivité fut-elle découverte ? (59 min)**

La conversation scientifique est une émission radiophonique produite par Etienne Klein et diffusée sur France Culture. Un scientifique s'entretient avec un autre scientifique, ou avec un philosophe, un artiste, un historien, un géographe, un marcheur, un alpiniste, un écrivain, etc.

Ecoutez cet épisode consacré à l'histoire de la radioactivité en compagnie de Bernard Fernandez, physicien nucléaire. D'anecdotes en découvertes, vous découvrirez la course qui s'est tenue il y a un siècle lors de la découverte de ce phénomène radioactif.



#### DOCUMENT 2 - Podcast

**Sur les épaules de Darwin - A la découverte de la radioactivité (53 min)**

Cet épisode de l'émission de France Inter « sur les épaules de Darwin » va vous raconter l'histoire de la radioactivité au travers de la vie de Marie Curie.



Ces documents transverses content l'histoire de la radioactivité à travers de célèbres scientifiques, leurs expériences, leurs histoires de vie mais aussi leurs difficultés scientifiques. Cette longue histoire débute en 1895 avec l'expérience de Röntgen en 1895. Sa découverte des rayons X (X car inconnu à l'époque) a suscité l'intérêt de toute la communauté scientifique et notamment de Becquerel dans le cadre de ses activités autour de la fluorescence. Ses péripéties dans le ciel terne parisien nous sont racontés. Les difficultés qu'il rencontra seront levés par un des couples les plus connus du monde scientifique français, Pierre et Marie Curie. Cette dernière, dans un monde exclusivement masculin, vécut un destin hors-norme. De Varsovie à Paris, des écoles communistes russes à ses études sur Paris, Marie Curie devint la seconde femme docteur en Europe et surtout Prix Nobel. Sous son impulsion, la recherche dans le domaine de la radioactivité s'est alors tournée vers le radium en présence d'un autre futur Prix Nobel, Ernest Rutherford.

## Etude de documents 1



### Définition de la radioactivité



#### DOCUMENT 3 - Article

##### Qu'est-ce que la radioactivité ?

Dans la nature, la plupart des noyaux d'atomes sont stables, c'est-à-dire qu'ils restent indéfiniment identiques à eux-mêmes. Les autres sont instables car ils possèdent trop de protons ou de neutrons ou trop des deux. Pour revenir vers un état stable, ils sont obligés de se transformer. Ils expulsent alors de l'énergie – provenant de la modification du noyau – sous forme de rayonnements : c'est le phénomène de radioactivité.

La radioactivité, propriété de certains noyaux d'atomes

Toute matière est constituée d'atomes. Ceux-ci sont composés d'un noyau, contenant des protons et des neutrons, autour duquel orbitent des électrons dont le nombre tend à être égal au nombre de protons. Un type d'atome, appelé élément chimique, est défini et classé selon le nombre de protons dans son noyau. Nous connaissons aujourd'hui 118 éléments, dont 94 naturels. Un type de noyau, appelé nucléide, est défini par son nombre de protons et de neutrons. Un nucléide est stable lorsqu'il comporte un nombre harmonieux de protons et de neutrons ; cette harmonie ne s'observe que pour à peine 10 % des nucléides connus. Les chercheurs ont identifié 256 nucléides stables et près de 3 000 instables. Cette instabilité est due soit à un excès de protons, soit de neutrons, ou encore des deux à la fois. Les noyaux instables sont dits radioactifs car ils émettent différents types de rayonnements en se transformant. Un type de noyau radioactif est appelé radionucléide. Pour tendre vers un état stable, les radionucléides se transforment spontanément en d'autres nucléides, radioactifs ou non. Ainsi, de radionucléide en radionucléide, l'uranium 238 tend à se transformer en un nucléide stable, le plomb 206. La transformation irréversible d'un noyau radioactif en un autre noyau est appelée désintégration.

Extrait du site internet du <http://www.cea.fr/>



#### DOCUMENT 4 – Vidéo

##### « C'est pas sorcier » : la radioactivité (26mn)

Rendez-vous avec Fred et Jamy pour revoir les fondamentaux sur la radioactivité.



## DOCUMENT 5 - Article

### Qu'est-ce que la radioactivité ?

Pour comprendre la radioactivité, il faut savoir que toute matière est composée d'atomes. Ces atomes sont constitués d'électrons qui tournent autour d'un noyau, qui est lui-même composé de protons et de neutrons.

La plupart des atomes ont des noyaux stables et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes alors que d'autres ont des noyaux instables.

Les noyaux instables vont essayer de se stabiliser en se transformant. Ils vont spontanément se désintégrer en dégageant des rayonnements ionisants [...]. Ce phénomène est appelé la radioactivité.

Lorsqu'un noyau émet un rayonnement radioactif, on parle de désintégration. L'atome se désintègre (se transforme) en un autre élément qui lui-même peut être stable ou bien radioactif. S'il est radioactif, il émet à son tour un rayonnement et ainsi de suite jusqu'à ce que les désintégrations aboutissent à un noyau stable.

Par exemple, les noyaux d'uranium, à force de se désintégrer successivement en d'autres éléments, finissent par devenir des noyaux de plomb.

Extrait du site internet du <https://sante.public.lu/>

## LES QUESTIONS

1. Quel élément caractérise la matière ? Quelle est sa composition ?

---

---

---

2. Définir un noyau instable et ses caractéristiques. Citez-en un.

---

---

---

3. Comment un noyau instable va-t-il se stabiliser ?

---

---

---

4. Existe-t-il un produit particulier à une réaction de stabilisation d'un noyau instable ?

---

---

---

5. Justifier le terme « réaction nucléaire » de la désintégration radioactive.

---

---

---



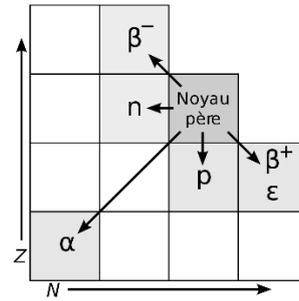
## LES MOTS-CLÉS

Au fil de cette première partie, nous vous proposons de compléter une grille de mots croisés sur la base d'indices visuels afin de découvrir progressivement vos mots-clés.

03 horizontal

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
|    | A  | 16 | 17 | 18 |
|    | Z  | 8  | 8  | 8  |
| 13 | 14 | 15 |    |    |
| 7  | 7  | 7  |    |    |
| 12 | 13 | 14 |    |    |
| 6  | 6  | 6  |    |    |

11 horizontal



A crossword grid with 12 numbered clues. The grid is composed of empty squares. The clues are:

- 1: 1 square (vertical)
- 2: 3 squares (vertical)
- 3: 10 squares (horizontal)
- 4: 8 squares (horizontal)
- 5: 6 squares (horizontal)
- 6: 4 squares (vertical)
- 7: 4 squares (horizontal)
- 8: 10 squares (horizontal)
- 9: 1 square (vertical)
- 10: 10 squares (horizontal)
- 11: 14 squares (horizontal)
- 12: 14 squares (horizontal)



# Etude de documents 2



## Les différents types de radioactivité



### DOCUMENT 6 - Vidéo

#### Comprendre la radioactivité avec un tube de dentifrice (5mn)

La radioactivité, tout le monde connaît. Mais sait-on vraiment comment elle fonctionne ? Etienne Klein, physicien et directeur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique, en détaille les grands principes en prenant l'exemple de la radioactivité  $\beta$ . Une vidéo Le Monde.



### DOCUMENT 7 - Article

#### Voyage au cœur de la matière - Radioactivité alpha, bêta, gamma.

Certains atomes sont radioactifs, c'est-à-dire qu'ils émettent un rayonnement. En fait, c'est le noyau de ces atomes qui émet ce rayonnement, car ce noyau est instable. Contrairement à ce que beaucoup de gens croient, la radioactivité est un phénomène tout à fait naturel. On distingue trois types de radioactivité d'origines différentes : les radioactivités alpha, beta et gamma.

#### La radioactivité alpha

Un atome radioactif alpha émet une « particule alpha », c'est-à-dire un noyau d'hélium (en fait deux protons et deux neutrons). Ainsi le noyau, en perdant deux protons, change de nature. Par exemple, un atome de polonium 210 (84 protons et 126 neutrons) devient, par radioactivité alpha, un atome de plomb 206 (82 protons et 124 neutrons). L'origine de la radioactivité alpha est une instabilité globale du noyau de l'atome qui se stabilise en éjectant ces deux protons et deux neutrons.

#### La radioactivité beta

La radioactivité beta existe sous deux formes : beta+ et beta-. Un atome radioactif beta- émet un électron et un antineutrino électronique. Un atome radioactif beta+ émet un antiélectron (ou positon) et un neutrino électronique. En plus de cette émission de particules, la nature des nucléons de ce noyau est modifiée. Ainsi, dans le cas d'une désintégration beta-, un neutron se change en proton. Dans le cas d'une désintégration beta+, c'est un proton qui se change en neutron. Le noyau change donc de nature.

#### La radioactivité gamma

Un atome radioactif gamma émet un photon (aussi appelé gamma). L'origine de cette radioactivité est une excitation globale du noyau qui se désexcite en émettant ce photon (donc en perdant de l'énergie). Cette excitation initiale du noyau est souvent due à une première désintégration par radioactivité alpha ou beta et la radioactivité gamma accompagne donc souvent ces deux premières.

La radioactivité gamma ne change pas la nature de l'atome qui la subit, puisque le nombre de nucléons ne change pas dans le noyau.

*Extrait de <https://www.futura-sciences.com/>*



### DOCUMENT 8 - Vidéo

#### Les noyaux d'atomes et la vallée de la stabilité (15mn)

Ce court métrage d'animation produit par le CEA abordera la stabilité des atomes mais aussi la répartition des désintégrations dans la physique nucléaire.

# Formules

## Les équations de la radioactivité

| Radioactivité | Particules émises                | Equation de désintégration  |  |
|---------------|----------------------------------|---|--|
|               |                                  | Expression générale   | Exemple  |
| $\alpha$      | Noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ | ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$ | ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{92}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ |
| $\beta^-$     | Electron ${}^0_{-1}e$            | ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}e$          | ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e$       |
| $\beta^+$     | Positron ${}^0_1e$               | ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + {}^0_1e$             | ${}^{80}_{35}\text{Br} \rightarrow {}^{80}_{34}\text{Se} + {}^0_1e$          |
| $\gamma$      | Photon gamma ${}^0_0\gamma$      | ${}^A_Z\text{X}^* \rightarrow {}^A_Z\text{Y} + {}^0_0\gamma$          | ${}^{80}_{34}\text{Se}^* \rightarrow {}^{80}_{34}\text{Se} + {}^0_0\gamma$   |

### LES QUESTIONS

6. Comment un atome instable peut-il évoluer ?

.....

.....

7. Quelles sont les particules qui peuvent être émises ?

.....

.....

8. A quelles particules émises correspondent les rayonnement  $\alpha$ ,  $\beta^+$  et  $\beta^-$  ?

.....

.....

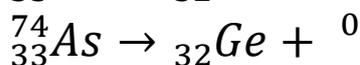
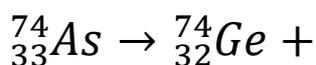
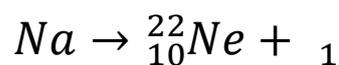
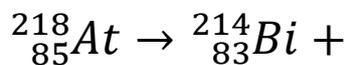
9. Définissez la « vallée de la stabilité » des atomes (ou isotopes). Comment appelle-t-on les atomes de  ${}^{14}_6\text{C}$  et  ${}^{12}_6\text{C}$ .

.....

.....

.....

10. Equilibrer les équations ci-dessous.





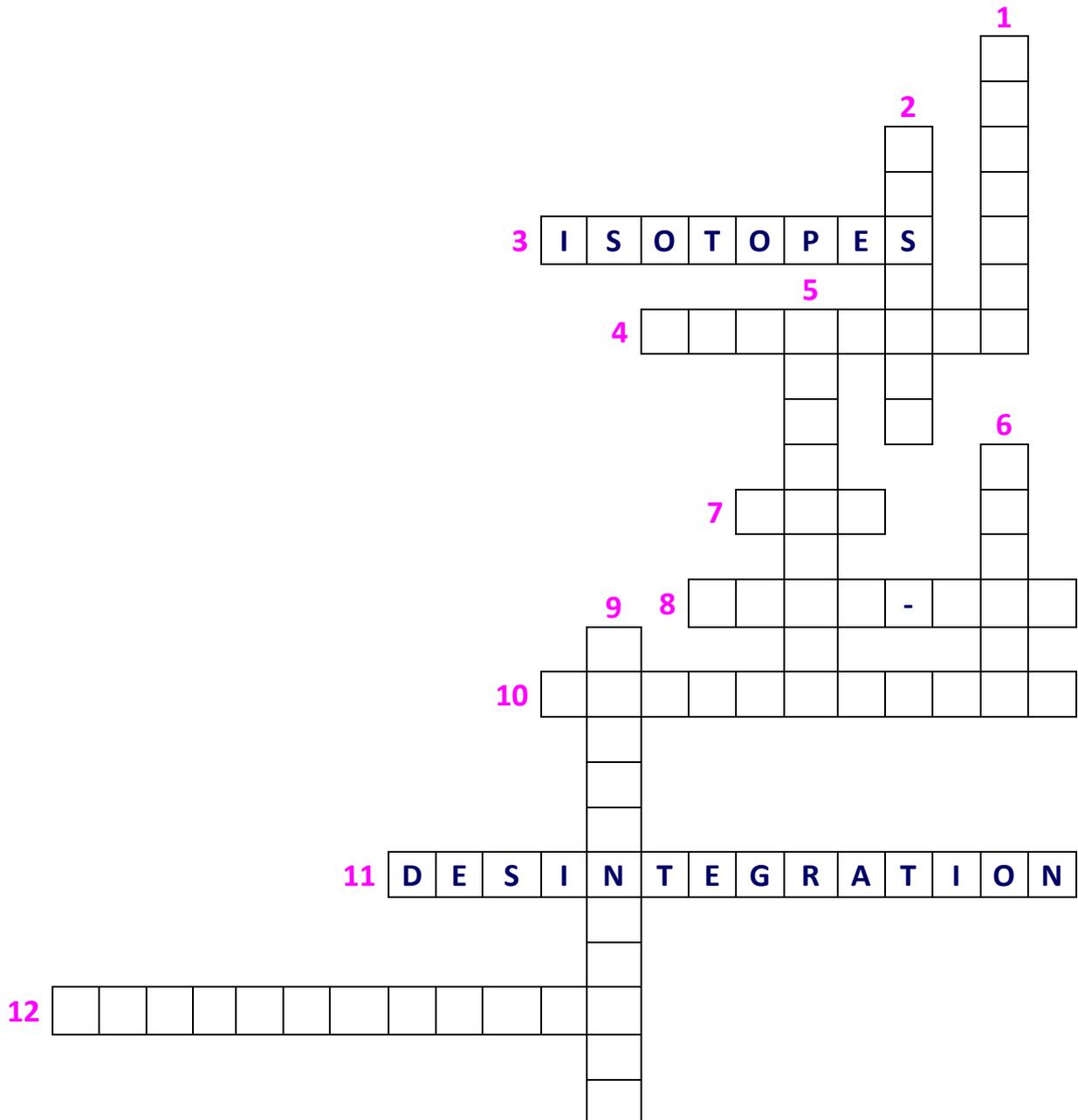
## LES MOTS-CLÉS

Au fil de cette première partie, nous vous proposons de compléter une grille de mots croisés (deux mots par étude documentaire) afin de découvrir progressivement vos mots-clés.

01 vertical

$0$   
 $1^e$

12 horizontal







## Les dangers de la radioactivité



### DOCUMENT 9 - Article

#### Le rayonnement $\gamma$

Les rayons « gamma » sont la "lumière des noyaux". Ils sont de même nature que les rayons X ou encore que la lumière émise par les atomes. L'énergie qu'ils transportent est beaucoup plus élevée : de quelques dizaines de milliers d'électronvolts à plusieurs millions.

L'émission d'un gamma accompagne une désintégration alpha - assez rarement - ou bêta - souvent - ou encore la capture d'un neutron par un noyau. Ces événements laissent généralement le noyau dans un état excité, c'est-à-dire avec un supplément d'énergie par rapport à son état naturel que les physiciens appellent « fondamental ». Le noyau perd alors cet excès d'énergie en une ou plusieurs étapes, émettant à chaque fois un « grain d'énergie électromagnétique », un photon gamma.

Extrait de <https://www.laradioactivite.com/>



### DOCUMENT 10 - Article

#### Quels sont les effets chroniques de l'exposition aux rayonnements ?

Une exposition à de faibles doses pendant de longues périodes peut provoquer des effets chroniques (à long terme). Ces doses n'entraînent généralement pas de problèmes immédiats dans les tissus ou les organes, mais elles peuvent à long terme endommager ou altérer le code génétique (mutations de l'ADN) à la fois dans les gamètes (cellules reproductrices) et dans les cellules somatiques (cellules non reproductrices). Les mutations de l'ADN dans les gamètes peuvent être transmises à la descendance et causer une croissance ou un développement anormal, tandis que celles dans les cellules somatiques peuvent provoquer le cancer. Le rayonnement est un exemple de cancérigène (agent qui cause le cancer) physique. De nombreuses études ont révélé l'existence d'un lien entre le cancer et la radioexposition :

- le cancer du poumon chez les travailleurs des mines d'uranium ;
- la leucémie (cancer du sang) chez les survivants des bombes atomiques ;
- le cancer de la peau chez les radiologistes.

La radioexposition d'embryons dans l'utérus entraîne parfois des malformations et un cancer dans la petite enfance. Dans tous les cas, les doses de rayonnement reçues étaient nettement supérieures au rayonnement de source naturelle ou artificielle moyen auquel la population est exposée de façon courante. Certaines pratiques peuvent entraîner une exposition aux rayonnements : faire une radiographie, porter une montre qui s'allume... Mais les rayonnements ne sont pas tous dangereux. Les examens rigoureux et les nombreuses études n'ont révélé aucun effet sur la santé (à long ou à court terme) aux doses les plus faibles de radioexposition habituelle, depuis le niveau de rayonnement naturel jusqu'à des centaines de fois plus. Certaines données scientifiques indiquent même que le rayonnement à faible dose pourrait en fait être bénéfique, de la même manière que certaines toxines chimiques dangereuses à forte dose sont bénéfiques à faible dose (phénomène appelé « hormèse »).

Extrait du site internet du <http://www.cea.fr/>



## DOCUMENT 11 - Vidéo

### Tchernobyl : visite de la zone d'exclusion (5mn)

Un journaliste du Figaro s'est rendu en Ukraine, dans la zone d'exclusion de Tchernobyl : un rayon de 30 km tracé autour du réacteur nucléaire qui a explosé en 1986.



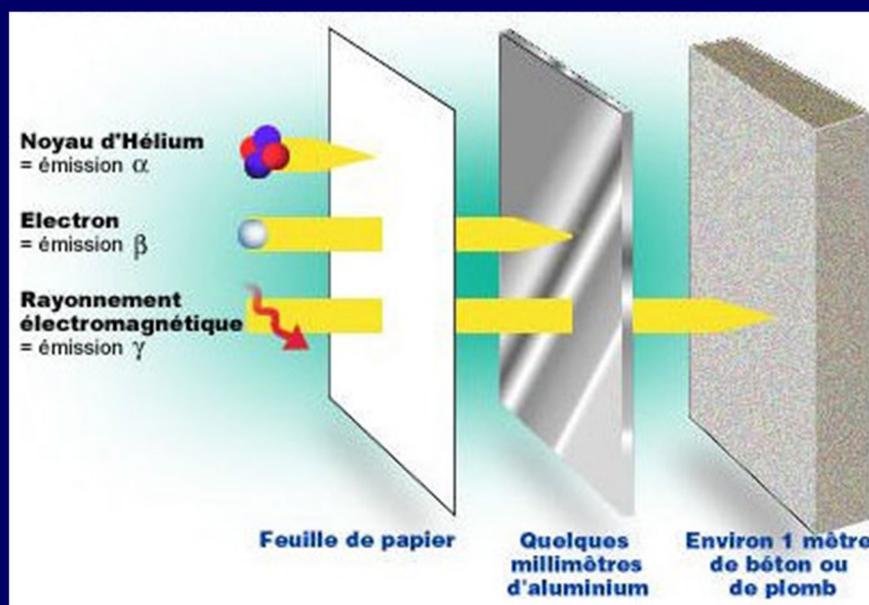
## DOCUMENT 12 - Article

### Les rayonnements à la loupe

- Périodes radioactives appelées aussi demi-vies

| RADIONUCLÉIDES | PÉRIODE D'ACTIVITÉ     |
|----------------|------------------------|
| Technétium 99  | 6 heures               |
| Thallium 201   | 73 heures              |
| Tellure 132    | 78 heures              |
| Iode 131       | 8 jours                |
| Césium 134     | 2,2 ans                |
| Tritium        | 12,32 ans              |
| Plutonium 241  | 13,2 ans               |
| Césium 137     | 30,2 ans               |
| Uranium 238    | + 4 milliards d'années |

- Le pouvoir de pénétration des différents rayonnements

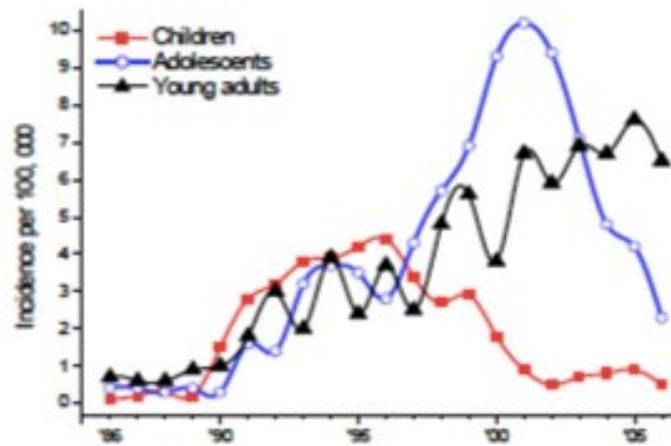


Extrait du site internet du <http://www.futura-sciences.com/>  
Pour aller plus loin, retrouvez l'intégralité de l'article en lien en ressources

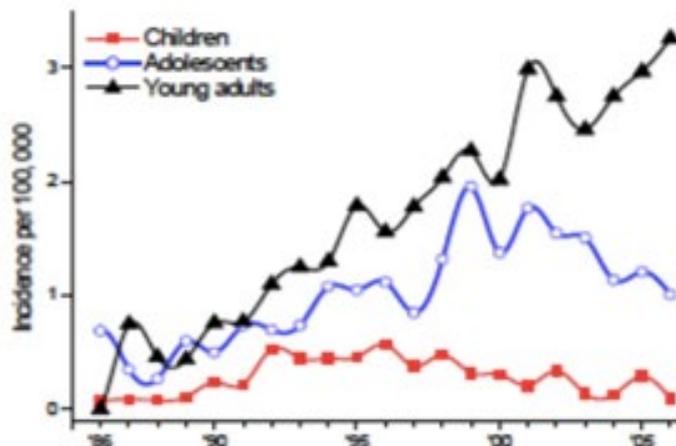
# Graphiques

## Incidence du cancer de la thyroïde en Biélorussie, Ukraine et Russie entre 1986 et 2007

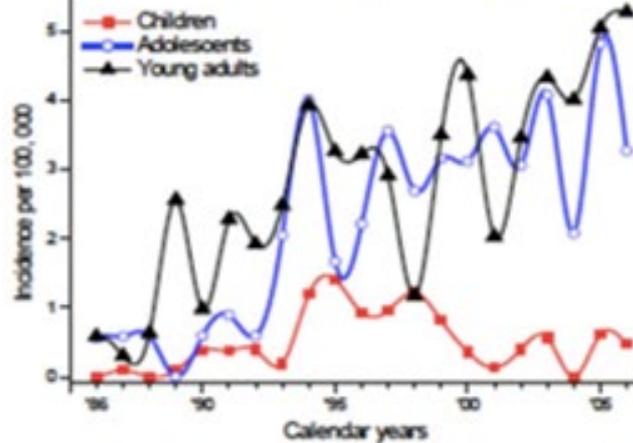
Belarus



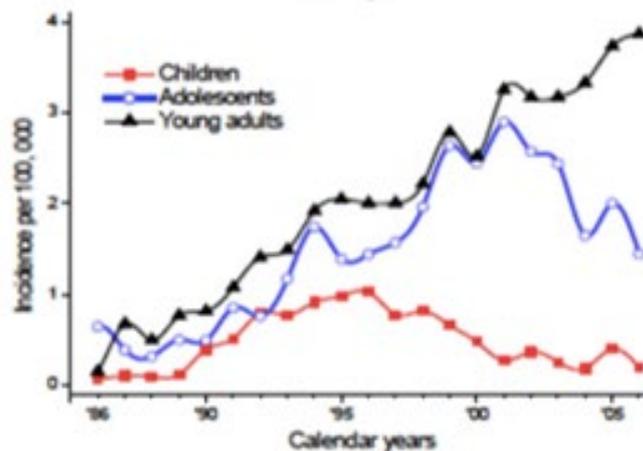
Ukraine



Russia



Three countries



## LES QUESTIONS

11. Quel est le rayonnement émis par l'atome lors de sa désintégration ?

---

---

---

12. Quels sont les dangers de la radioactivité pour l'Homme ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

13. Les risques radioactifs sont-ils persistants dans le temps ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

14. Comment peut-on se protéger de ces rayonnements ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

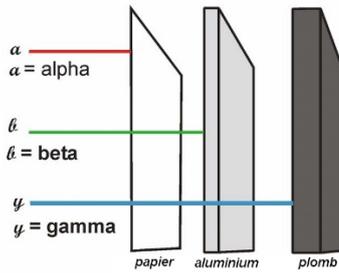
---



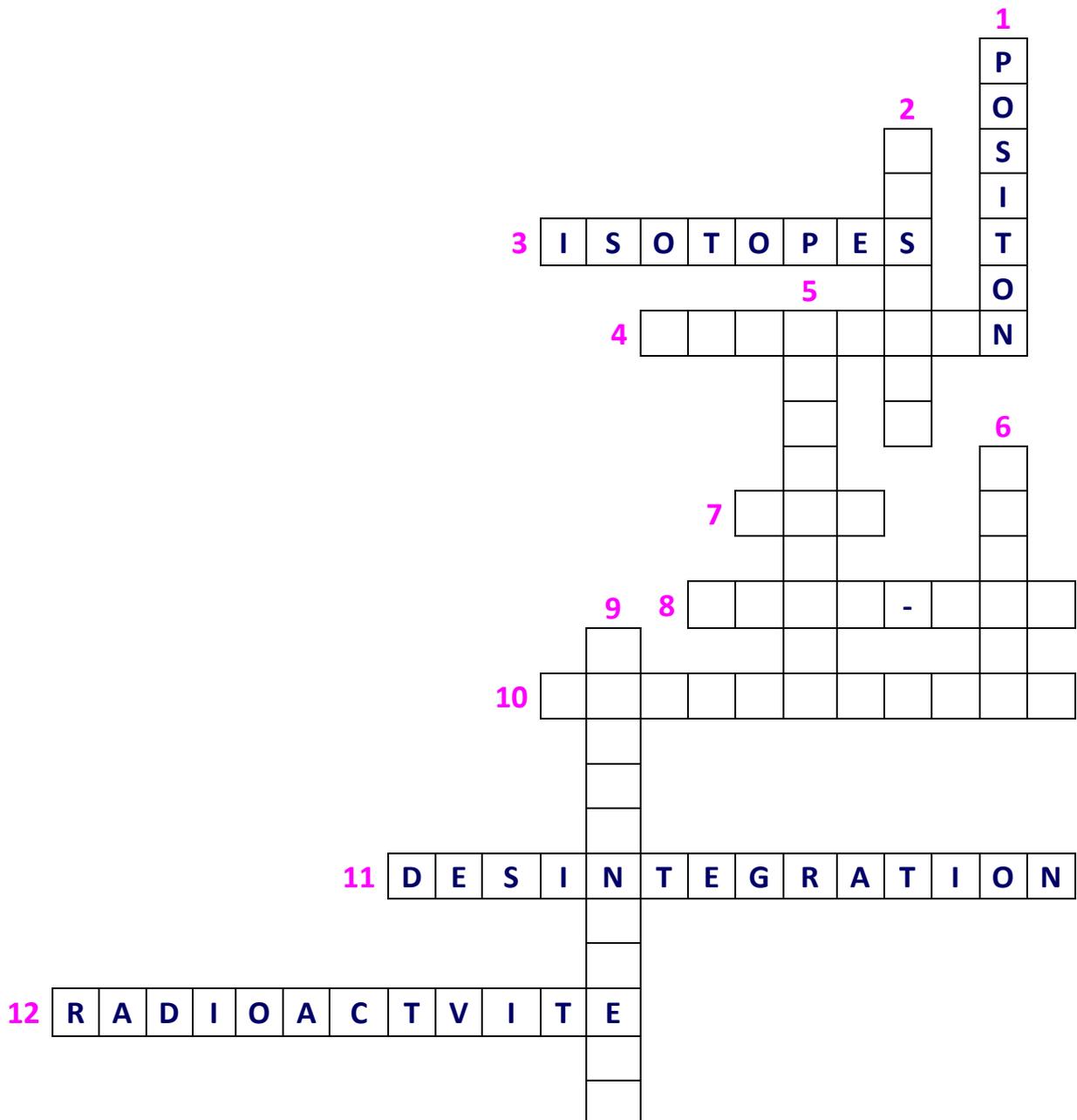
## LES MOTS-CLÉS

Au fil de cette première partie, nous vous proposons de compléter une grille de mots croisés (deux mots par étude documentaire) afin de découvrir progressivement vos mots-clés.

09 vertical



10 horizontal





# Etude de documents 4



## Fusion et fissions vs radioactivité



### DOCUMENT 13 - Vidéo

#### Histoire des sciences : la découverte de la radioactivité (6mn)

Depuis la formation de la Terre, la radioactivité est présente dans toute la matière. Mais ce n'est qu'à partir de 1896, grâce à la découverte d'Henri Becquerel, que la radioactivité devient un sujet d'étude majeur. Revivez en vidéo l'histoire de cette découverte marquante avec le CEA.



### DOCUMENT 14 - Vidéo

#### Découvrez la fusion nucléaire, et entrez au cœur d'un réacteur à 360° (5mn)

Encore expérimentale, la fusion nucléaire est très différente de l'énergie nucléaire de nos centrales : elle produit peu de déchets nucléaires, crée énormément d'énergie à partir de peu de matière, et ne présente aucun risque d'emballement !



### DOCUMENT 15 - Vidéo

#### Découverte | Il y a 80 ans : la fission nucléaire (3mn)

En 1938, des scientifiques scindent un atome d'uranium en deux : c'est la fission nucléaire. Cette première a des impacts majeurs encore aujourd'hui.

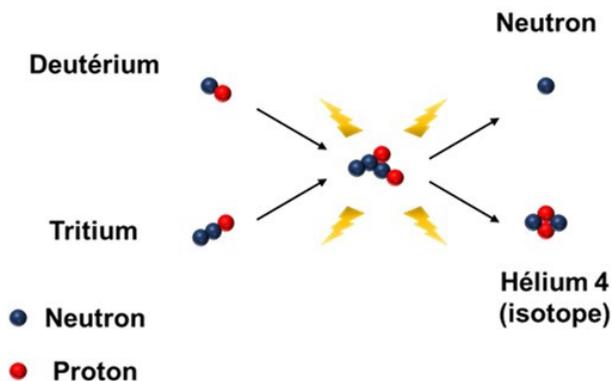
## Schémas

### Schéma de la réaction

#### Schéma de la réaction de fission



#### Schéma de la réaction de fusion

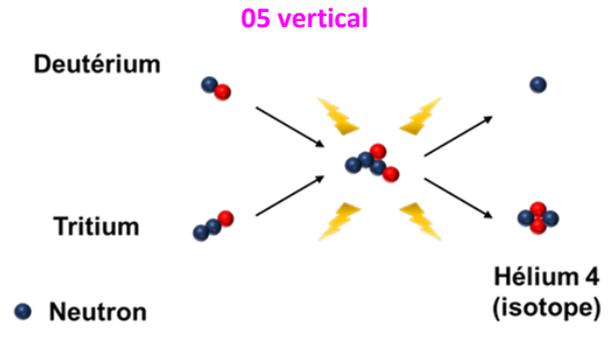
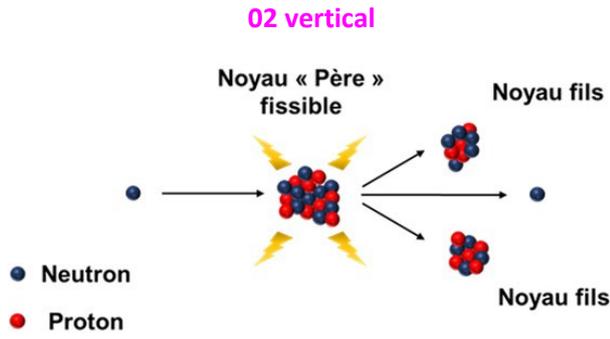






## LES MOTS-CLÉS

Au fil de cette première partie, nous vous proposons de compléter une grille de mots croisés (deux mots par étude documentaire) afin de découvrir progressivement vos mots-clés.



1 P  
O  
S  
I  
T  
O  
N

2

3 I S O T O P E S

4

5

6

7

8 -

9 R

10 C A N C E R I G E N E

11 D E S I N T E G R A T I O N

12 R A D I O A C T I V I T E

N  
T





## Dater la formation de notre planète grâce à la radioactivité



### DOCUMENT 16 - Article web

#### La datation absolue ou la radiochronologie

La datation absolue, ou plus précisément la radiochronologie, vise à obtenir des estimations quantitatives de l'âge des événements géologiques. Elle est basée sur le principe de la désintégration radioactive.

Un élément radioactif, l'élément père (P), est constitué d'un atome instable. Il se désintègre spontanément en libérant une particule riche en énergie et donne naissance à un isotope stable, l'élément fils (F). Les physiciens ont prouvé que la proportion d'atomes radioactifs qui se désintègrent par unité de temps est une constante pour un élément donné, "la constante radioactive ( $\lambda$ )". Elle est donc une horloge potentielle pour les géologues. La période  $T$  ( $1/\lambda$ ) correspond au temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments pères radioactifs. En déterminant le nombre d'éléments pères ou fils restant dans l'échantillon, on peut remonter le temps et calculer l'âge géologique de celui-ci depuis la fermeture du système, c'est à dire depuis que l'échantillon est isolé du milieu extérieur.

Il existe plusieurs types de radiochronomètres (couple d'atomes) à disposition des géologues, dont l'usage dépend des sujets étudiés. Le spectromètre de masse est l'instrument utilisé pour mesurer la quantité d'atomes étudiés P et F.

Le couple carbone<sup>12</sup>/carbone<sup>14</sup> est fréquemment utilisé pour dater les fossiles, les restes d'êtres vivants. Lorsqu'un individu meurt, il arrête les échanges de carbone avec son milieu (nourriture, respiration, photosynthèse). La quantité de <sup>14</sup>C diminue alors dans l'organisme, déclenchant ainsi le radiochronomètre. C'est la quantité initiale de <sup>14</sup>C par gramme de <sup>12</sup>C dans l'atmosphère qui sera considérée comme constante dans le calcul de la quantité initiale. La période du <sup>14</sup>C est de 5570 ans et permet une datation jusqu'à 35 000 ans avec une bonne précision.

Le couple potassium<sup>40</sup>/argon<sup>40</sup> est utilisé pour dater des roches contenant des minéraux riches en potassium (comme la grande famille des silicates). Ici pas de calcul de quantité initiale, l'argon élément-fils, s'échappe des magmas avant cristallisation. Le calcul est donc basé sur l'assertion suivante :  $F_0=0$ . Il suffit ensuite de déterminer l'importance de l'argon dans l'échantillon et de le mettre en équation avec la période  $T$  correspondant au potassium.

Le couple rubidium<sup>87</sup>/strontium<sup>87</sup> est fréquemment utilisé pour dater les roches magmatiques ou métamorphiques les plus anciennes. Les géologues s'en servent quand ils ne peuvent déterminer ni les quantités initiales de l'élément-père, ni celles de l'élément-fils. Ils font alors une analyse différentielle sur plusieurs échantillons d'une même roche. Si les échantillons ont une même composition isotopique (de même rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) et ont le même âge, alors les mesures s'alignent sur une droite appelée droite isochrone. La pente de cette droite permet ensuite de calculer l'âge de la roche.

Extrait du site internet du <http://www.cnrs.fr/>



## DOCUMENT 17 - Vidéo

### Les techniques de datation des préhistoriens (1h28mn)

Une conférence du Musée de l'Homme avec le géologue Jean-Jacques Bahain.

Depuis l'Antiquité, l'homme a cherché à dater les grands événements de l'histoire de la Terre, mais la notion de temps géologique, de temps long, est un phénomène récent dans l'histoire de l'humanité. A partir du XVIIe siècle, les scientifiques élaborèrent d'abord une échelle stratigraphique globale et des échelles chronologiques, climatiques, biostratigraphiques ou culturelles furent établies pour la préhistoire. La découverte de la radioactivité naturelle en 1896 permit à partir des années 1940 de proposer des méthodes de datation fondées sur la radioactivité naturelle, dont le carbone 14.

Aujourd'hui, les scientifiques disposent d'un important panel de méthodes géochronologiques qui permettent de préciser peu à peu la chronologie de l'histoire humaine et d'en dater les grandes étapes. Chaque fait géologique ou archéologique est désormais rapidement associé à un âge "numérique", chiffré, en années, de son ancienneté, permettant de le repositionner dans le passé en utilisant une échelle de temps perceptible par chacun.

## Applications

### Les équations de la radioactivité

| Couple utilisé                     | Age maximum de datation   | Exemple de datation   |
|------------------------------------|---------------------------|---|
| $^{12}\text{C} / ^{14}\text{C}$    | 35 000 ans                | Fossiles d'espèces vivantes organiques (humains, animaux et végétaux) |
| $^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$ | > 25 millions d'années    | Age de la Terre, Dinosaur   |
| $^{87}\text{Rb} / ^{87}\text{Sr}$  | > 100 millions d'années   | Roche   |
| $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$   | 1 à 300 millions d'années | Roche, Australopithèque Lucy  |



## DOCUMENT 18 - Vidéo

### La radiochronologie ou la datation des roches (5mn)

La datation de la terre intéresse les hommes depuis des siècles. Mais c'est la découverte de la radioactivité, à la fin du XIXe siècle, qui a permis des progrès décisifs en mettant à la disposition des scientifiques des "horloges naturelles". Nicolas Arnaud nous explique leur fonctionnement



## DOCUMENT 19 - Vidéo

### L'histoire de la datation de la Terre (1h17mn)

Conférence de l'espace des sciences avec Hubert Krivine, physicien. Il a été enseignant-chercheur aux universités de Paris-Sud et de Paris-VI.

La Terre a vieilli de 5 milliards d'années en seulement 400 ans. En passant de l'âge biblique soigneusement établi à 3 998 av. J.-C. par Newton aux 4,55 milliards d'années actuels, notre savoir sur la Terre a considérablement changé. Peut-on être maintenant certain de ce résultat ? Avec cet exemple précis, cet exposé veut montrer ce qui distingue l'établissement d'une connaissance scientifique d'une simple croyance.

## Rappel de cours

### La radioactivité ou la datation de la Terre

La radioactivité fournit un nouveau moyen pour déterminer l'âge des roches. Le rapport éléments radioactifs et produits de la désintégration ne dépend en effet que du temps et constitue une horloge précise (si on connaît la proportion initiale d'éléments radioactifs).

La première tentative est basée sur la mesure de l'hélium produit par la désintégration du radium. En 1904, Ernest Rutherford attribue à un échantillon un âge de 40 Ma (millions d'années), qu'il révisé en 1905 à 140 Ma, puis en 1906 à 500 Ma.

Mais Ernest Rutherford sait ses résultats faussés puisqu'une partie de l'hélium a été libérée dans l'atmosphère. La valeur avancée est donc sous-estimée.

C'est en 1953 que l'équipe de Clair Patterson va dater notre planète par détermination de la composition isotopique des roches. Patterson va alors analyser la proportion en isotopes de plomb présente dans des fragments de météorites. Il démontre que les éléments du système solaire (des météorites à la Terre) se sont formés en même temps, à partir d'un même matériau, il y a 4,55 milliards d'années.

Par la suite les missions Apollo menées par les Etats-Unis sur la Lune, permettront de rapporter des fragments de roches lunaires qui seront datées de 4,53 milliards d'années et confirmeront l'âge de notre Terre puisque la Lune serait issue de notre planète.

Depuis quelques années, de nouvelles méthodes ont permis de préciser encore davantage ce chiffre, permettant de trouver la nature chimique de chaque atome et son état d'origine dans le matériau analysé. Aujourd'hui, l'âge officiel est de 4,54 milliards, mais bien que la mesure déterminée soit relativement précise et malgré la modernité de nos instruments, l'âge de la Terre reste encore une estimation.

*Extrait du cours d'Enseignement Scientifique, classe de 1<sup>ère</sup>, Cours Pi.*



### DOCUMENT 20 - Article web

#### Quel est l'âge de la Terre ?

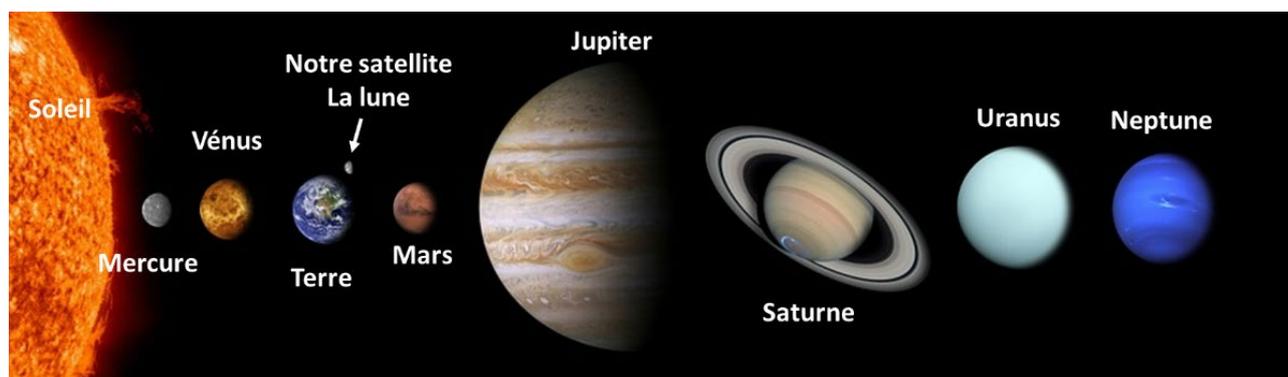
C'est en 1953 que le géochimiste américain Clair Patterson a obtenu la première datation précise de l'âge de la Terre et du Système solaire.

Appliquant la méthode de datation isotopique uranium/plomb, il en a déduit que la Terre et les météorites se sont formées au même moment à partir d'un réservoir de matière identique (les gaz et les poussières de la nébuleuse protosolaire), il y a environ 4,55 milliards d'années.

Cet âge a depuis été confirmé par d'autres méthodes radiochronologiques (potassium/argon et rubidium/strontium) et par la datation des roches lunaires. Aujourd'hui, on sait que si le Système solaire a commencé à se former rapidement il y a 4,567 milliards d'années, la formation de la Terre n'a dû prendre que quelques dizaines de millions d'années.

La Lune n'existerait autour de la Terre que depuis 4,53 milliards d'années, probablement à la suite d'une collision entre la jeune Terre et une petite planète de la taille de Mars, baptisée Théia.

[www.futura-sciences.fr](http://www.futura-sciences.fr)





## DOCUMENT 21 - Article web

### La Lune serait plus vieille qu'on ne le pensait ?

Les scientifiques ne connaissent pas exactement l'âge de la Lune, mais ils savent que notre satellite naturel s'est formé très peu de temps après la Terre, qui est âgée de 4,56 milliards d'années. La dernière estimation suggère que la Lune aurait au moins 4,51 milliards d'années.

Alors qu'un groupe de chercheurs israéliens vient de publier une théorie inédite concernant l'origine de la Lune, un autre groupe, états-unien cette fois, apporte un nouvel élément concernant la date de la formation de la Lune (cette date ne cesse de varier au rythme des publications depuis quelques années). Les données sont issues de la cosmochimie, comme l'explique un article publié dans le journal Science.

Les travaux des chercheurs se basent sur l'héritage du programme Apollo, qui a permis de ramener sur Terre quelques centaines de kilogrammes de roches lunaires (incidemment, tout le monde peut aujourd'hui s'offrir de petits fragments de ces roches, par exemple en allant sur le site d'un des grands chasseurs de météorites français, Luc Labenne). Des photos de ces roches et des lieux où elles ont été prélevées peuvent être admirées sur le site des archives de la Nasa concernant les missions Apollo 11 à 17. Les analyses de minéraux contenus dans ces roches ainsi que celles des abondances de certains isotopes nous ont appris beaucoup de choses sur l'histoire de la Lune et du Système solaire.

Les données obtenues ont alimenté les modélisations de l'origine de la Lune à l'aide de simulations numériques et de la mécanique céleste. Elles ont notamment conduit à proposer l'hypothèse de l'impact d'une petite planète de la taille de Mars, baptisée Théia, avec la jeune Terre de l'Hadéen. C'est cet impact qui aurait propulsé dans l'espace une partie du manteau de notre planète qui, mélangée aux restes de Théia, a produit par accréation, à partir d'un anneau de débris, notre satellite. Ce processus d'accréation, et le bombardement météoritique qui l'a accompagné, devrait avoir produit un gigantesque océan de magma qui, en se refroidissant, aurait donné des minéraux caractéristiques expliquant la composition des roches lunaires.

Parmi les minéraux qui permettent, en théorie, de dater la formation de la Lune, on trouve les zircons. Ils sont particulièrement résistants et peuvent conserver la mémoire de leur origine durant des milliards d'années. Les géochimistes les utilisent d'ailleurs sur Terre pour étudier le passé le plus ancien de notre planète. Des zircons ont ainsi été trouvés dans les roches ramenées par les astronautes d'Apollo 14. Ils ont été étudiés par des cosmochimistes de l'université de Princeton et de l'UCLA.

Deux couples d'isotopes mesurés à l'aide de techniques de spectrométrie de masse ont été utilisés, à savoir celui avec l'uranium et le plomb (U-Pb) et celui avec le lutécium et l'hafnium (Lu-Hf). Dans les deux cas, un isotope instable, le premier, se désintègre au cours du temps en le second, ce qui permet, en mesurant les quantités dans les zircons, de s'en servir comme des sabliers qui se vident et, donc, comme des horloges.

Le système Lu-Hf permet de dater la naissance du magma et le système U-Pb la naissance des zircons. Il apparaît alors, en se basant sur les échantillons d'Apollo 14, que notre lune serait née il y a au moins 4,51 milliards d'années.

[www.futura-sciences.fr](http://www.futura-sciences.fr)

## LES QUESTIONS

18. Peut-on dater des roches ou des planètes par radiochronologie ?

.....

.....

.....

19. La datation radiochronologique est-elle la seule à avoir donné un âge précis à la Terre ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

20. Quelle technique précise de radiochronologie a permis la datation de la Terre ?

.....

.....

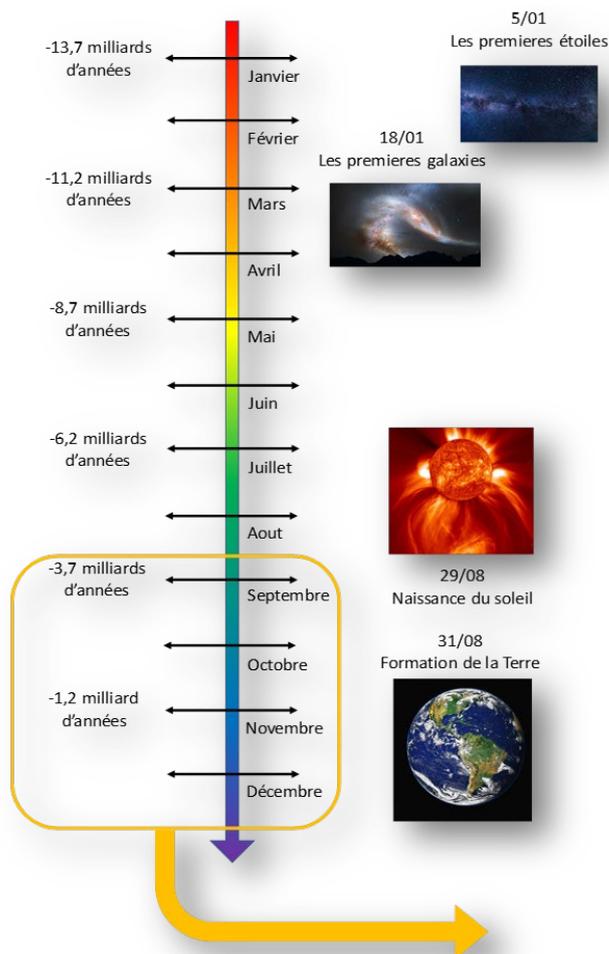
21. La radiochronologie permet-elle de mieux comprendre la formation du système solaire ?

.....

.....

.....

.....





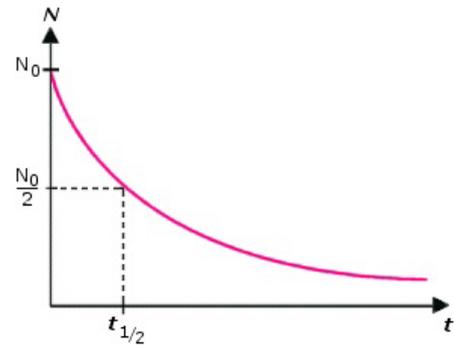
# LES MOTS-CLÉS

Au fil de cette première partie, nous vous proposons de compléter une grille de mots croisés (deux mots par étude documentaire) afin de découvrir progressivement vos mots-clés.

04 horizontal



08 horizontal



1 P  
2 O  
3 S  
4 I  
5 T  
6 O  
7 S  
8 I  
9 N  
10 O  
11 F  
12 U  
13 S  
14 -  
15 R  
16 C  
17 A  
18 N  
19 C  
20 E  
21 R  
22 I  
23 G  
24 E  
25 N  
26 E  
27 Y  
28 O  
29 N  
30 D  
31 E  
32 S  
33 I  
34 N  
35 T  
36 E  
37 G  
38 R  
39 A  
40 T  
41 I  
42 O  
43 N  
44 E  
45 M  
46 R  
47 A  
48 D  
49 I  
50 O  
51 A  
52 C  
53 T  
54 V  
55 I  
56 T  
57 E  
58 N  
59 T

## VOTRE LISTE DE MOTS-CLÉS

**Isotope** : chacun des éléments de même numéro atomique, mais de masse atomique différente.

**Désintégration** : phénomène physique par lequel des noyaux atomiques instables se transforment spontanément.

**Positron** : particule de la même masse que l'électron et de charge électrique opposée

**Radioactivité** : processus de réactions nucléaires spontanées (sans intervention de l'Homme) où un noyau dit « lourd » va chercher à gagner en stabilité en se transformant en un de ses isotopes ou en un autre atome. Cette réaction s'accompagne de l'émission de particules et de rayonnements.

**Rayonnement** : émission de particules matérielles et immatérielles.

**Cancérigène** : qui cause ou peut causer le cancer.

**Fission** : phénomène de division d'un noyau atomique lourd en deux ou plusieurs noyaux légers.

**Fusion** : collision entre deux noyaux atomiques légers suivie d'un réarrangement des particules (neutrons et protons).

**Datation** : méthode permettant de donner une valeur chiffrée de l'âge d'un objet ou d'un événement.

**Demi-vie** : temps au bout duquel la moitié des noyaux d'un isotope se sont désintégrés.



### LE PODCAST

Il est temps de continuer notre podcast ! Lors d'un nouvel enregistrement, **expliquez en quelques phrases en quoi la radiochronologie a permis à l'homme de mieux comprendre le système solaire** en intégrant les 2 mots-clés.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RETROUVEZ LA CORRECTION DU PODCAST EN RESSOURCES





## Application de la radioactivité pour l'étude du cerveau

### Histoire de l'imagerie médicale nucléaire : scanner, scintigraphies et TEP.

C'est en 1924 que remonte la première utilisation des indicateurs chez l'homme. Deux médecins américains, Blumgart et Weiss, en injectant du radium-C (Bismuth-214) dans un bras, mesurent la vitesse de circulation du sang entre un bras et l'autre, ainsi que les variations de cette vitesse chez les malades cardiaques. Ce qui freine alors le développement de la méthode, c'est le petit nombre des radioéléments naturels utilisables ! En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie démontrent la possibilité de créer des isotopes radioactifs de n'importe quel élément alors qu'il fallait se contenter jusque-là des rares descendants de l'uranium et du thorium. C'est ainsi que fut découvert en 1937 par Emilio Segré le Technétium, l'élément N°43 alors manquant de la table de Mendeliev. Le technétium-99m est aujourd'hui le radioisotope le plus utilisé en imagerie nucléaire du fait qu'il n'émet que des rayons gamma.

L'utilisation des radioéléments va être à la base de l'exploration fonctionnelle et à l'origine de précieuses techniques de diagnostic. Les techniques d'imagerie fonctionnelle s'intéresseront à la fonction des organes, des tissus ou des cellules, c'est-à-dire à leur métabolisme. Les techniques d'imagerie fonctionnelle sont la scintigraphie et la tomographie par émission de positons (TEP) associée ou non à un scanner (TEP SCAN). Alors que, dans une radiographie, le faisceau de rayons X traverse l'organisme et que l'on observe des différences d'absorption, en imagerie nucléaire, les radiations sont émises par le tissu qui a fixé sélectivement des isotopes radioactifs. Pour établir un diagnostic, il faut à la fois détecter les radiations émises et reconstituer les concentrations de ces traceurs radioactifs dans l'organisme du patient. Le développement des scintigraphies est dû à la fois au progrès des techniques de détection et à celui des techniques informatiques de calculs permettant ces reconstructions.

Les premiers essais en vue d'obtenir des images interprétables datent des années 1940 à 50. Les appareillages étaient basés sur le principe de la scintigraphie à balayage, une sonde se promenant à la surface du corps cependant qu'un stylet marqueur asservi mécaniquement au même mouvement reproduisait sur papier quelques niveaux de gris dépendant de la quantité de radioactivité détectée. Ces systèmes étaient lourds, très lents et la définition de l'image rudimentaire.

C'est en 1956, à Berkeley en Californie, que le physicien américain H. Anger construisit la caméra à scintillations dont le principe est toujours à la base des instruments actuels. Un cristal scintillant (d'où le nom de « scintigraphie » donné aux examens réalisés par cette méthode) transforme l'énergie des photons gamma, issus du corps du patient, en lumière. Les coordonnées des points lumineux parsemant le cristal sont repérées grâce à une batterie de photomultiplicateurs et reproduits sur un écran où se dessinent ainsi les contours de la collection radioactive incluse dans l'organisme.

### Premières scintigraphies

Le premier **scanner** avec reconstitution est dû à l'ingénieur anglais Hounsfield et les mathématiques de la reconstitution de coupes tomographiques au physicien sud-africain Cormack. Le 1er octobre 1971, le scanner est entré dans la pratique médicale avec la première image cérébrale d'une malade à l'hôpital de Wimbledon.

En 1975, Hounsfield construit un scanner corps entier. Godfrey Hounsfield et Allan Cormack reçoivent le prix Nobel.

*Geoffrey Hounsfield*



### 1971 : scanner et reconstruction d'image

Plus tardive, la **Tomographie par Emission de Positons (TEP)** fut mise au point en 1975. Les premiers concepts remontent aux travaux de David E. Kuhl, Luke Chapman et Roy Edwards à la fin des années 1950 qui conduisirent à la conception et à la construction de premiers prototypes tomographiques à l'Université de Pennsylvanie. Les techniques d'imageries tomographiques furent ensuite développées par Michel Ter-Pogossian et Michael Phelps à l'École de Médecine de l'Université de Washington. Comme pour les scintigraphies, un facteur décisif pour la diffusion de la Tomographie par Emission de Positons (TEP) fut le développement d'un radiopharmaceutique adapté, le fluor-18 (FDG).

C'est la révolution informatique et l'arrivée de moyens de calculs de plus en plus puissants, rapides et délocalisés qui permettent ces reconstructions très complexes.



Démonstration sur l'utilisation d'un appareil de détection de la radioactivité (US Navy, 1958)



## DOCUMENT 22 - Vidéo

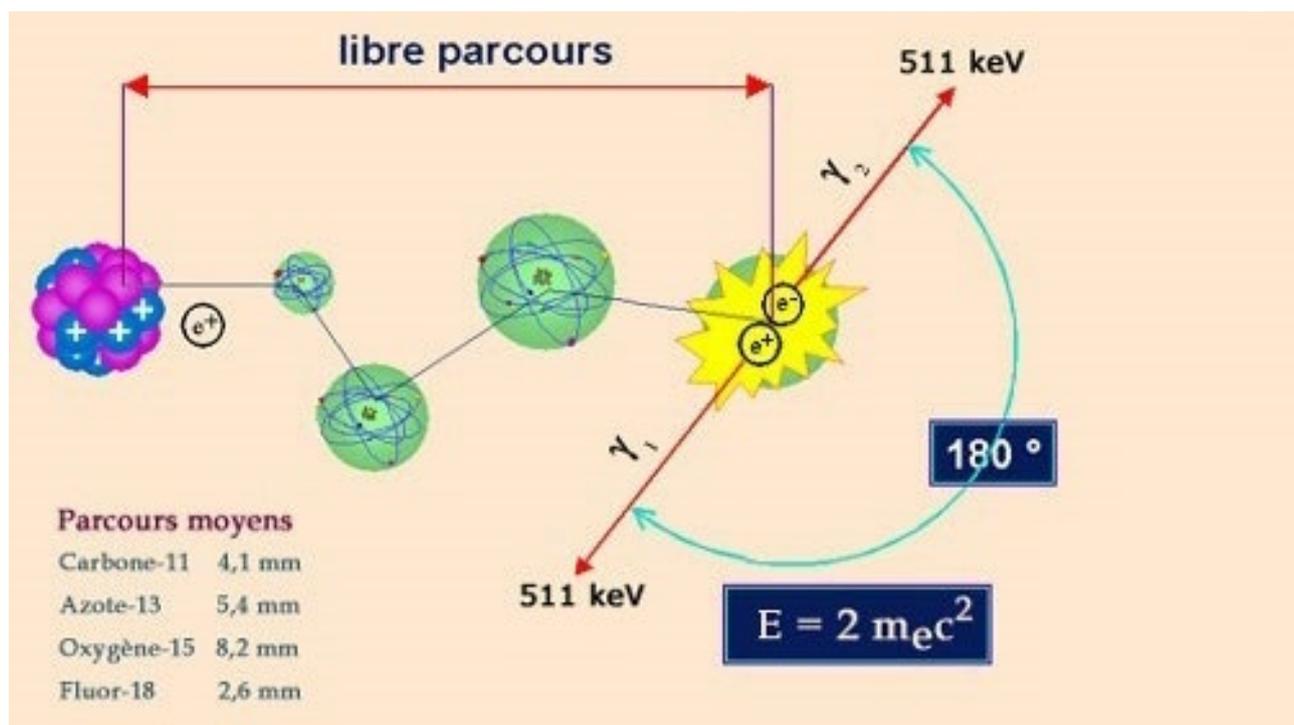
### La tomographie par émission de positons (TEP) (4mn)

La tomographie par émission de positons (TEP) est une méthode récente d'imagerie médicale pratiquée, en France, par des spécialistes en médecine nucléaire. Elle permet de mesurer en trois dimensions une activité métabolique ou moléculaire d'un organe grâce aux émissions produites par les positons issus d'un produit radioactif injecté au préalable. La TEP est un outil de diagnostic puissant pour le bilan d'extension des cancers. La TEP est aussi utilisée en cardiologie, en neurologie et en psychiatrie. Découvrez son principe en images animées.

#### TEP le principe, détection simultanée de deux photons gamma d'annihilation

La tomographie par émission de positons est une technique d'imagerie qui s'appuie sur une propriété bien caractéristique des positons qui sont des antiélectrons de charge électrique positive. Les positons quand ils rencontrent un électron présent dans la matière disparaissent d'une manière très caractéristique qui signale leur présence et les localise.

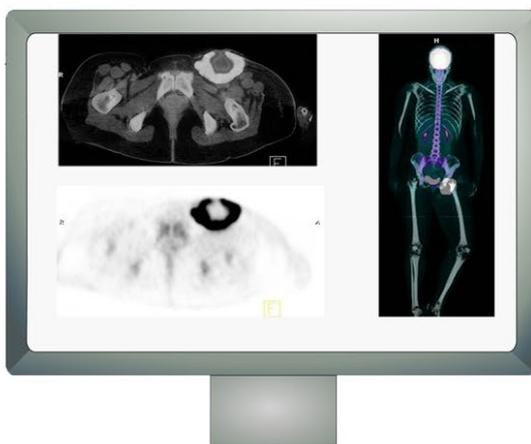
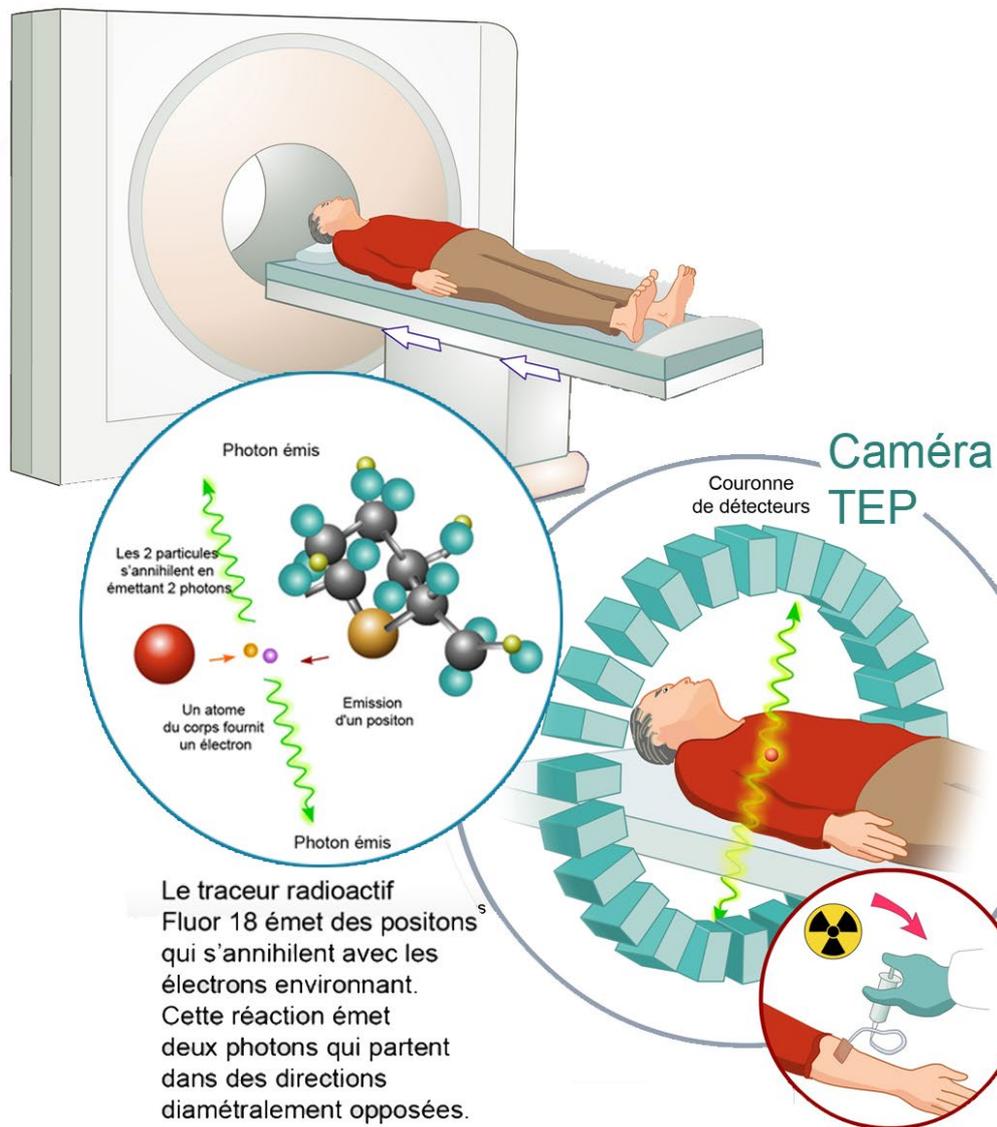
Lors de l'examen, des atomes radioactifs émetteurs de positons sont injectés au patient par l'intermédiaire d'un produit radiopharmaceutique. On identifie la présence de positons par le fait, qu'une fois leur énergie perdue (leurs parcours ne dépassent pas quelques millimètres), ils s'annihilent avec un électron pour donner deux photons gamma énergiques de 511 keV émis dos à dos. Les deux gammas atteignent simultanément une paire de détecteurs opposés entourant le patient. Des circuits électroniques reliant ces détecteurs reconnaissent ces photons d'annihilation.



Les deux rayons gamma, émis dos à dos lors de l'annihilation du positon, sont détectés pratiquement en même temps par les deux scintillateurs qu'ils frappent. Cette coïncidence dans le temps constitue une signature très forte qui les distingue d'autres photons. Des circuits électroniques, dits de « coïncidence » permettent de les sélectionner.

Les caméras « dédiées » aux seuls examens utilisant des émetteurs de positons possèdent une géométrie de détection en anneaux. L'acquisition de données à des angles différents permet la reconstruction d'une série de coupes dites tomographiques, et à partir de ces coupes d'obtenir dans l'espace à trois dimensions la distribution du produit radiopharmaceutique dans le patient.

Les détecteurs doivent mesurer la position de l'impact, l'énergie et le temps d'arrivée des photons d'annihilation. Dans l'exemple de la figure ci-dessous, les détecteurs sont constitués de cristaux scintillateurs associés à des photomultiplicateurs.



Production d'un isotope radioactif (Fluor 18) incorporé au glucose puis administré au patient

Le Fluor 18 est un substitut du glucose consommé en grande quantité par les cellules cancéreuses.

Le marquage au Fluor 18 va permettre de visualiser les zones où est assimilé ce sucre.

L'ordinateur va calculer l'endroit exact où a eu lieu l'annihilation. C'est le traitement informatique des données qui va permettre de reconstituer une image 2D ou 3D.

La figure montre les éléments constitutifs d'une caméra TEP. 72 détecteurs sont réunis en un anneau. L'ensemble, formé de 4 anneaux, entoure le lit d'examen où se trouve le patient et peut se déplacer le long de l'axe du lit.

Grâce à ces anneaux, des données sont prises simultanément à tous les angles. On obtient ainsi des images dans l'espace sans augmenter l'irradiation. La résolution spatiale, c'est à dire la précision de la reconstruction est environ de 5 mm.

Comme pour les performances des gamma-caméras utilisées en scintigraphies, les caméras TEP bénéficient des très importants progrès des techniques de détection. Ils permettent d'obtenir des images plus précises tout en diminuant la quantité d'émetteurs de positons nécessaires et les doses subies par les patients.

La machine dans son ensemble ressemble également à la machine scanner (qui elle par contre fonctionne avec des rayons X) et il arrive que les 2 technologies soient couplées dans la même machine.

### **La production de radioisotopes pour la médecine nucléaire**

Actuellement on dénombre en Europe et par an plus de 12 millions de procédures médicales (diagnostic et thérapie) utilisant des radioisotopes, soit plus de 30 000 procédures par jour. Environ 90 % des radioisotopes sont utilisés à des fins diagnostiques et 10 % pour de la thérapie.

A l'échelle mondiale, on estimait en 2016 à 35 millions le nombre de personnes ayant recours à la médecine nucléaire, soit pour un diagnostic, soit pour une thérapie. La demande en radioisotopes pour ces diagnostics et thérapies était en forte augmentation, à la fois dans les pays développés et ceux en voie de développement rapide comme la Chine et l'Inde.

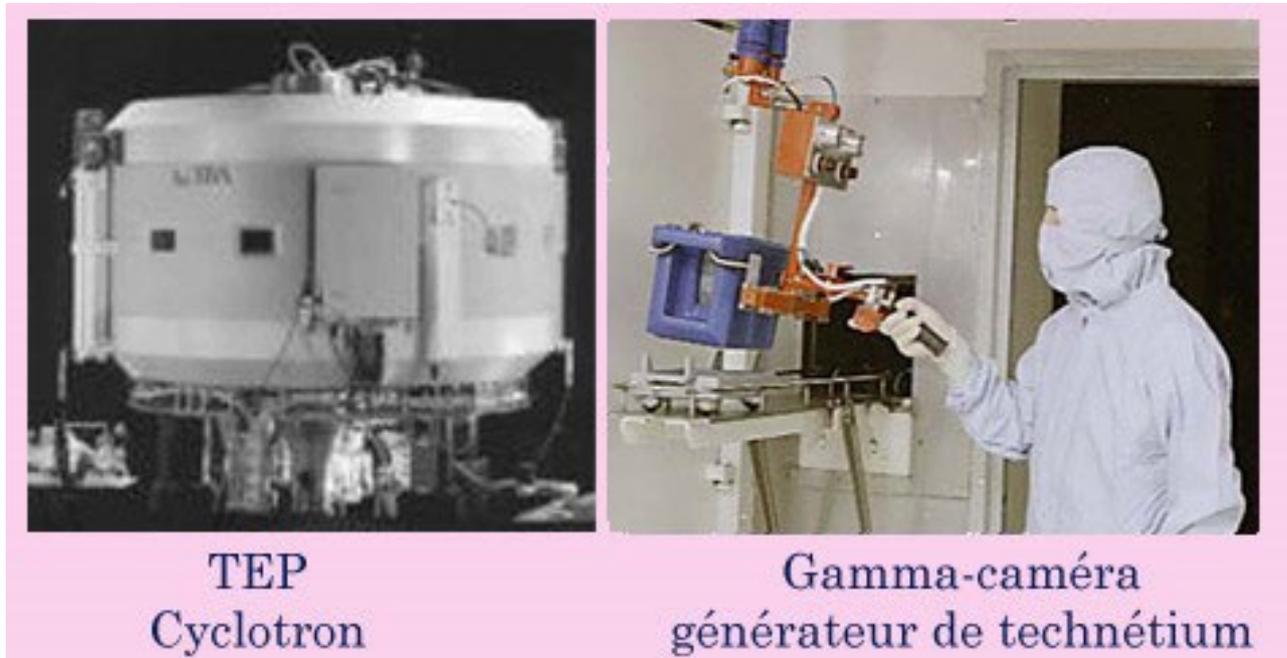


Production de radioisotopes par un cyclotron

Le fluor 18, le traceur utilisé par la Tomographie à Emission de Positons pour le dépistage des cancers, est produit au moyen d'un cyclotron. On utilise de l'eau enrichie avec de l'oxygène 18 – l'oxygène est un élément voisin du fluor dans la classification périodique. Les noyaux d'oxygène 18 sont bombardés de protons

accélérés par le cyclotron ; une réaction nucléaire a lieu qui les transforme en fluor 18. Après deux ou trois heures d'irradiation, le fluor 18 radioactif est isolé puis fixé sur une molécule de glucose.

En dehors des hôpitaux, d'autres cyclotrons bien plus puissants sont à même de produire une gamme plus variée de radioéléments pour la recherche, de futures applications en Médecine et aussi pour l'industrie. C'est le cas en France depuis 2008 de l'accélérateur ARRONAX à Nantes.



La tomographie par émission de positons utilise des radioisotopes à vie courte. Ces isotopes doivent être produits par un cyclotron à l'hôpital ou, quand la durée de vie le permet, acheminés très rapidement à partir d'un centre régional (c'est le cas du fluor-18 le plus utilisé dont la période est de 110 minutes). Les radioisotopes pour les gamma-caméras à vie plus longue sont produits en réacteurs : le technétium-99 qui intervient dans 70 % des scintigraphies provient de la décroissance du molybdène-99, un produit de fission précurseur de 65 heures de période.

Les réacteurs nucléaires produisent la quasi-totalité des radio-isotopes utilisés à des fins thérapeutiques et une grande partie de ceux utilisés en imagerie médicale. Ils permettent la production de radioisotopes en plus grande quantité, avec un coût plus faible. On utilise le bombardement d'une cible par des neutrons qui provoquent des réactions de fission. Les radio-isotopes produits doivent avoir une période radioactive assez longue pour leur transport.

Les produits radiopharmaceutiques sont préparés dans une pièce spéciale du service de médecine nucléaire (appelée « laboratoire chaud »), soumise à la stricte réglementation en matière de radioprotection et de préparation de produits pharmaceutiques. Les doses de traceurs injectées au patient, sont mesurées à l'aide d'une chambre d'ionisation étalonnée (activimètre) et sont confinées dans des seringues munies de caches plombés, afin de limiter au maximum l'irradiation du personnel.

#### **Traceurs radioactifs utilisés en TEP**

La plupart des examens utilisent comme produit radiopharmaceutique le 18FDG, un analogue fluoré (le « fluorodésoxyglucose ») marqué par un isotope radioactif du fluor, le fluor-18 dont la période est de 110 minutes. L'emploi d'autres marqueurs émetteurs de positons, comme l'oxygène-15, l'azote-13 ou le carbone-11, dont les périodes sont beaucoup plus courtes (2, 10 et 21 minutes respectivement), demandent au minimum un cyclotron et des installations lourdes de radiochimie sur place.

| Isotope    | Période (minutes) | Energie bêta maximale | Libre parcours moyen |
|------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| Fluor-18   | 110               | 630 keV               | 2,6 mm               |
| Carbone-11 | 21                | 960 keV               | 4,1 mm               |
| Azote-13   | 10                | 1200 keV              | 5,4 mm               |
| Oxygène-15 | 2                 | 1730 keV              | 8,2 mm               |

Caractéristiques des émetteurs de positons

On remarquera les durées de vie ultra courtes des radio-isotopes utilisés en tomographie. Certaines sont si brèves que ces produits doivent être utilisés sur le lieu de production. Seul le fluor-18 peut être transporté. Les photons gamma qui servent à reconstruire l'image sont émis après que le positon produit par le noyau radioactif a parcouru quelques millimètres. L'image est d'autant plus précise que ce parcours est petit. L'avantage est encore au fluor-18.

Les périodes radioactives des émetteurs de positons sont extrêmement courtes : de deux minutes pour l'oxygène-15 à un peu moins de deux heures pour le fluor-18. Ces isotopes sont donc à consommer très près de leur lieu de production. Il faut disposer à proximité d'un cyclotron (petit accélérateur) pour en produire et d'un laboratoire de radiochimie pour les extraire.

Parmi toutes les molécules marquées par des émetteurs de positons, le FDG occupe la première place. En plus de ses propriétés biologiques remarquables, sa période « raisonnablement longue » permet la mise en place d'un circuit de livraison entre le site de production et de nombreux hôpitaux. L'indication principale d'un examen TEP au FDG est aujourd'hui l'examen corps entier en oncologie clinique et qui concerne le bilan d'extension du cancer. Le FDG semble aujourd'hui le traceur idéal pour dépister précocement les tumeurs cancéreuses et suivre leur évolution.

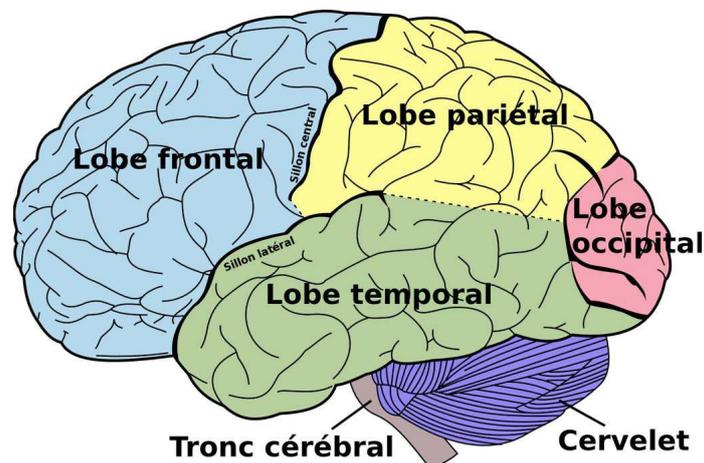


## DOCUMENT 23 - Vidéo

### Anatomie et composition du cerveau (3mn)

Chaque hémisphère du cerveau est divisé en cinq lobes (chacun composé des aires cérébrales) dans lesquels les neurones sont spécialisés dans la réalisation de fonctions particulières.

- Le lobe frontal : fonctions liées à la cognition et au langage plus le mouvement des membres
- Le lobe pariétal : repérage dans l'espace et système sensoriel
- Le lobe occipital : vision
- Le lobe temporal : mémoire et émotions
- Le cortex insulaire : conscience de soi et émotions



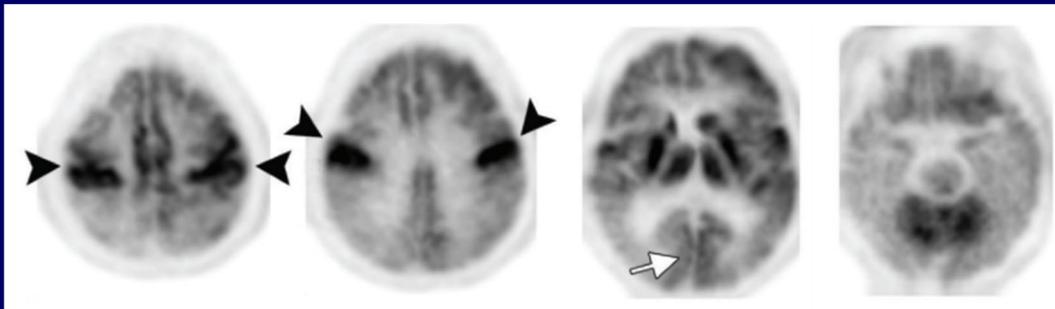


## DOCUMENT 24 - Article web

### Utilisation du TEP en recherche et en clinique

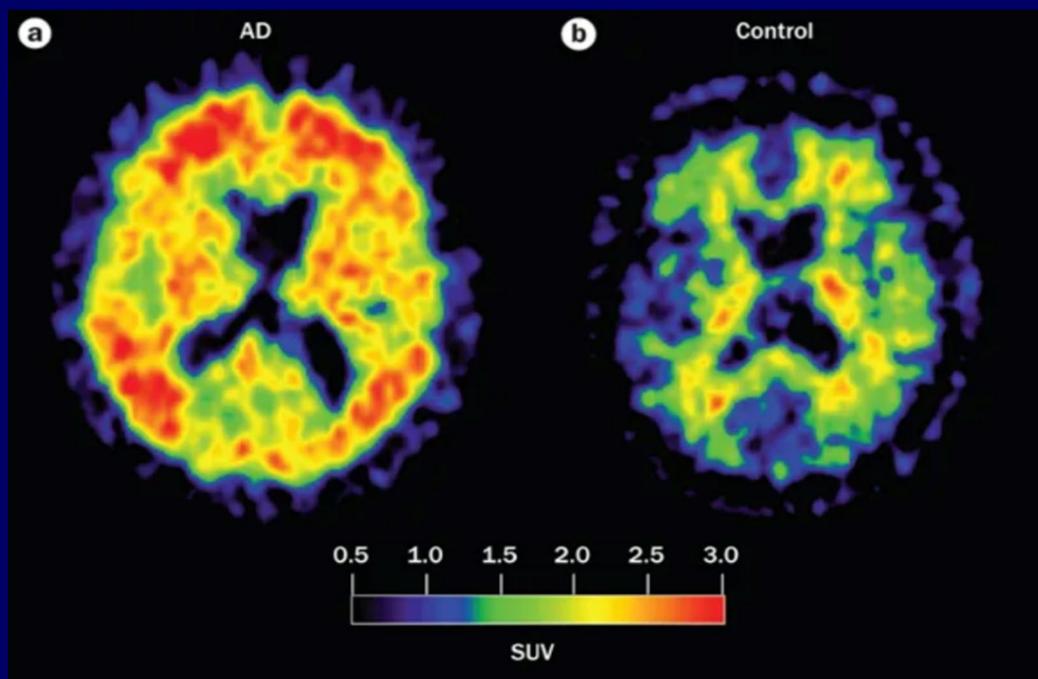
La majorité des examens TEP utilisent le radio-isotope  $^{18}\text{F}$ -FDG. Ce radio-isotope étant un analogue du glucose, il est phosphorylé de la même manière que celui-ci par les cellules. Puisque les cellules cancéreuses ont une activité métabolique plus élevée que les cellules saines, elles sont plus avides de glucose. Ainsi, un examen au  $^{18}\text{F}$ -FDG permet de faire une imagerie de la répartition des tumeurs d'un patient ou d'une patiente et de leur intensité. Le protocole classique consiste à injecter une activité allant de 370 à 550 MBq de  $^{18}\text{F}$ -FDG, d'attendre approximativement une heure et de faire l'imagerie.

Ce même radio-isotope ( $^{18}\text{F}$ -FDG) peut également être utilisé pour d'autres examens médicaux comme ceux concernant le cerveau. Pour ces derniers, l'examen au  $^{18}\text{F}$ -FDG peut être utilisé pour pronostiquer les démences (p. ex. Alzheimer, Parkinson, corps de Lewy), évaluer les risques d'une attaque cérébrale chez un patient, etc. Le FDG étant absorbé par les neurones, l'acquisition PET permet d'observer et de mesurer le débit métabolique cérébral du glucose. La Figure 1 montre l'exemple d'un examen PET  $^{18}\text{F}$ -FDG positif à la démence à corps de Lewy. On peut y observer un hypométabolisme sur les lobes occipitaux (flèche blanche sur l'image) caractéristique de cette maladie.



Examen  $^{18}\text{F}$ -FDG PET positif à la démence à corps de Lewy.

D'autres radiotraceurs peuvent être utilisés en imagerie TEP cérébrale pour imager les plaques amyloïdes. L'accumulation progressive de ces plaques dans le cerveau est le signe précurseur de la maladie d'Alzheimer. Le  $^{11}\text{C}$ -PIB est particulièrement absorbé dans les régions corticales et sous-corticales du cerveau si le patient ou la patiente est atteint(e) de la maladie d'Alzheimer, comme observable à la Figure 2.



Examens PET au  $^{11}\text{C}$ -PIB : a | positif à Alzheimer et b | négatif à Alzheimer.



## DOCUMENT 25 - Vidéo

### **Une signature pour Alzheimer, vidéo de la série Histoire de recherche (3mn)**

La maladie d'Alzheimer résulte d'une lente dégénérescence des neurones, débutant au niveau de l'hippocampe (une structure cérébrale essentielle pour la mémoire) puis s'étendant au reste du cerveau. Elle est caractérisée par des troubles de la mémoire récente, des fonctions exécutives et de l'orientation dans le temps et l'espace. Le malade perd progressivement ses facultés cognitives et son autonomie.



## DOCUMENT 26 - Article web

### **Imagerie moléculaire en TEP dans la maladie d'Alzheimer, article scientifique**

La recherche a montré que la tomographie par émission de positons (TEP) aide les spécialistes à établir le diagnostic précoce et le diagnostic différentiel de la maladie d'Alzheimer (MA). Les Drs Rosa-Neto et Leuzy expliquent comment la TEP apporte de l'information essentielle sur divers aspects de la physiologie du cerveau altérés par la démence dans l'article que vous trouverez en lien.



## DOCUMENT 27 - Article web

### **Le cerveau addict. TEP et addictions, revue scientifique**

Le travail de Nora Volkow, directrice du NIDA (National Institute on Drug Abuse américain), est très enseignant à cet égard. Elle utilise la TEP pour enquêter sur la disponibilité relative des récepteurs dopaminergiques D2 chez les individus toxicomanes par rapport aux non-toxicomanes. Elle a constaté que la disponibilité de ces récepteurs était « significativement amoindrie » dans les cas de toxicomanie, et que ces changements structuraux et fonctionnels persistaient longtemps après la dernière prise de drogue. Ce résultat se vérifie quelle que soit la substance en jeu : alcool, cocaïne, méthamphétamine et héroïne donnent tous des quantités réduites de récepteurs dopaminergiques D2. Pour présenter ces résultats, on utilise un collage de plusieurs scanners du cerveau montrant, d'un côté, un cerveau étiqueté « témoin » et, de l'autre, un cerveau étiqueté « addict ». Pour toute une palette de drogues, chacune représentée par une petite photo montrant son utilisation, on voit une tache rouge éclatant sur le cerveau dit « témoin » et une tache d'un bleu froid sur le cerveau dit « addict ». La légende ne fait guère plus que confirmer nos soupçons : « les récepteurs dopaminergiques D2 sont amoindris chez les personnes ayant des addictions. »

## LES QUESTIONS

22. A l'aide d'une frise chronologique, établissez une brève histoire de l'imagerie médicale nucléaire.



25. En vous plaçant dans la peau d'un spécialiste de l'imagerie médicale, expliquez à un patient en quelques lignes et de manière vulgarisée en quoi la TEP est un outil puissant et prometteur pour la détection des troubles neurologiques liés à la maladie d'Alzheimer.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

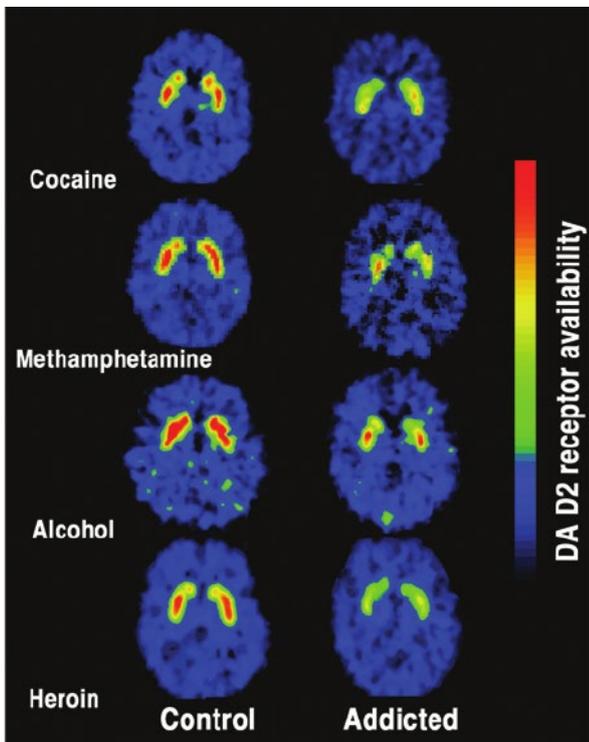
.....

.....

.....

.....

26. Vous êtes scientifique et présentez vos travaux dans un congrès : décrivez en quelques phrases l'expérience de TEP ci-dessous et son intérêt pour l'étude des addictions.



Effet des addictions sur l'activation des récepteurs dopaminergiques d2.  
Echelle du bleu (minimum) vers le rouge (maximum)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

RETROUVEZ LA CORRECTION DU PODCAST EN RESSOURCES



Vous pouvez maintenant faire et envoyer le **devoir n°1**



## PARTIE 2

### LIEN ENTRE LA QUESTION TRAITÉE ET LE PROJET D'ÉTUDES : CONSTRUCTION DE VOTRE DOCUMENT SUPPORT

Cette deuxième partie du manuel a un double objectif. Vous avez choisi un sujet de Grand Oral à tonalité scientifique et vous êtes donc curieux de nature et souhaitez impacter sur le monde de demain : **alors les métiers de la recherche scientifique sont sûrement faits pour vous !** Ils mettent tous en jeu des travaux collaboratifs menés par les chercheurs, ingénieurs et techniciens.

Nous vous présenterons donc ces différentes carrières, les projets d'études associés ainsi que les compétences et qualités requises pour accéder à ces métiers. **Cet exercice de réflexion sur votre futur nous permettra en parallèle de comprendre et construire pas à pas le document support à destination de votre jury et que vous devrez produire durant les 20min de préparation de votre oral.** Il va donc sans dire que vous devrez arriver le jour de l'épreuve avec en tête non seulement le fond mais également la forme de votre document, et qu'il faudra alors simplement le coucher sur papier dans le temps imparti. Vous pouvez voir ce support comme un outil pour structurer votre exposé ainsi qu'orienter les questions de vos examinateurs.

*Commençons tout d'abord par nous immerger dans les métiers d'une carrière scientifique :*



#### DOCUMENT 28 - Vidéo

**Les sciences : s'engager pour l'avenir (2mn)**

Vous vous interrogez sur votre avenir et celui de la planète ? Vous souhaitez faire bouger les choses ? Alors engagez-vous dans les métiers scientifiques pour comprendre le monde qui vous entoure, agir concrètement pour aujourd'hui ou pour l'avenir : les mystères de l'astrophysique, la physique des particules, la santé et les sciences du vivant, la défense et la sécurité, les énergies, le climat, le numérique... Ce sera à vous d'innover !