

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

# Énergie nucléaire : de la science à l'industrie

Cours Du 27 oct. 2025 au 07/12/2025

18/11/2025

<b>1. S1 - LES ENJEUX DE LA FILIERE NUCLEAIRE -----</b>	<b>3</b>
1.1. S1-1 - SITUATION ENERGETIQUE ACTUELLE-----	3
1.1.1. SUPPORTS DE COURS -----	3
1.1.2. Avez-vous bien compris ? -----	4
<b>1.1.3. Explanations -----</b>	5
1.2. S1-2 - ÉNERGIE ET ELECTRICITÉ-----	5
1.2.1. Supports de cours -----	5
1.2.2. Avez-vous bien compris ? -----	6
<b>1.2.3. Explanations -----</b>	6
1.3. S1-3 - LES POLITIQUES PUBLIQUES DE L'ENERGIE -----	7
1.3.1. Supports de cours -----	7
1.3.2. Avez-vous bien compris ? -----	7
<b>1.3.3. Explanations -----</b>	8
1.4. S1-4 - LA FILIERE NUCLEAIRE FRANÇAISE : SON HISTOIRE, SON PRESENT-----	8
1.4.1. Supports de cours -----	8
1.4.2. Avez-vous bien compris ? -----	9
<b>1.4.3. Explanations -----</b>	10
1.5. S1-5 - LA FILIERE NUCLEAIRE FRANÇAISE : SES PROJETS-----	10
1.5.1. Supports de cours -----	10
1.5.2. Avez-vous bien compris ? -----	10
<b>1.5.3. Explanations -----</b>	11
1.6. TEST HEBDOMADAIRE 1 -----	11
1.6.1. Test hebdomadaire : 10 QCM-----	11
<b>1.6.2. Explanations -----</b>	17
<b>2. S2 - RADIOACTIVITE, FISSION NUCLEAIRE ET NEUTRONIQUE-----</b>	<b>17</b>
2.1. S2-1 - MATIERE ET PARTICULES ELEMENTAIRES / LE NOYAU ATOMIQUE : LES ASPECTS ENERGETIQUES -----	17
2.1.1. Supports de cours -----	18
2.1.2. Avez-vous bien compris ? -----	18
2.1.3. Explanations -----	19
2.1.3.1. Q1 - Quelles sont les particules qui constituent le noyau atomique ? -----	19
2.1.3.2. Q2 - Combien de particules élémentaires sont nécessaires dans le modèle standard, pour décrire les phénomènes observables à l'échelle subatomique ?-----	20
2.1.3.3. Q3 - Quelle est l'interaction fondamentale qui n'agit pas dans le noyau atomique ? -----	21
2.1.3.4. Q4 - Quel est le noyau le plus stable selon la courbe d'Aston ? -----	22
2.2. S2-2 - LES EMISSIONS RADIOACTIVES DU NOYAU ATOMIQUE-----	23
2.2.1. Supports de cours -----	23
2.2.2. Avez-vous bien compris ? -----	23
2.2.3. Explanations -----	25
2.2.3.1. Q1 - Quelle affirmation décrit correctement la loi de la radioactivité ?-----	25
2.2.3.2. Q2 - Qu'appelle-t-on la demi-vie d'un noyau radioactif ? -----	26
2.2.3.3. Q3 - Que perd un noyau lors d'une désintégration alpha ? -----	27

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

2.2.3.4. Q4 - Quelle particule principale est émise lors d'une désintégration bêta moins ( $\beta^-$ ) ? -----	28
<b>2.3. S2-3 - LA FISSON NUCLEAIRE-----</b>	<b>29</b>
2.3.1. <i>Supports de cours</i> -----	29
2.3.2. <i>Avez-vous bien compris ?</i> -----	29
2.3.3. <i>Explications</i> -----	29
2.3.3.1. Q1 - Qu'est-ce que la fission nucléaire ? -----	29
2.3.3.2. Q2 - Quel noyau atomique est le plus couramment utilisé dans les réacteurs nucléaires pour la fission ? - 30	30
<b>2.4. S2-4 - LA REACTION EN CHAINE-----</b>	<b>30</b>
2.4.1. <i>Supports de cours</i> -----	30
2.4.2. <i>Avez-vous bien compris ?</i> -----	31
2.4.3. <i>Explications</i> -----	31
2.5. TEST HEBDOMADAIRE 2 -----	32
2.5.1. <i>Test hebdomadaire</i> -----	32
2.5.2. <i>Explications</i> -----	32
<b>3. S3 - UNE TRANCHE NUCLEAIRE, COMMENT ÇA FONCTIONNE ? -----</b>	<b>32</b>
3.1. S3-1 - LE REACTEUR NUCLEAIRE-----	32
3.2. S3-2 - LE CIRCUIT PRIMAIRE -----	32
3.3. S3-3 - RCV – RRA ET LES CIRCUITS DE SAUVEGARDE-----	32
3.4. S3-4 - LES ESSAIS PHYSIQUES DE REDEMARRAGE-----	32
3.5. S3-5 - L'USURE DU COMBUSTIBLE ET L'ARRET PROGRAMME D'UNE CENTRALE NUCLEAIRE-----	32
3.6. TEST HEBDOMADAIRE 3 -----	32
3.6.1. <i>Test hebdomadaire</i> -----	32
<b>4. S4 - CYCLE DU COMBUSTIBLE DE LA MINE AUX DECHETS-----</b>	<b>32</b>
4.1. S4-1 - LE CYCLE DU COMBUSTIBLE -----	32
4.2. S4-2 - CYCLE DU COMBUSTIBLE : L'AMONT -----	32
4.3. S4-3 - CYCLE DU COMBUSTIBLE : LA FABRICATION D'ELEMENTS DE COMBUSTIBLE -----	32
4.4. S4-4 - CYCLE DU COMBUSTIBLE : L'AVAL -----	32
4.5. S4-5 - LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS ET LE PROJET CIGEO -----	32
4.6. TEST HEBDOMADAIRE 4 -----	32
4.6.1. <i>Test hebdomadaire</i> -----	32
<b>5. S5 - INTERACTION RAYT-MATIERE, SURETE ET RADIOPROTECTION -----</b>	<b>32</b>
5.1. S5-1 - LE DANGER DE LA RADIOACTIVITE EXPLIQUE AVEC LES INTERACTIONS RAYT-MATIERE-----	33
5.2. S5-2 - RADIOPROTECTION -----	33
5.3. S5-3 - LA SURETE NUCLEAIRE ET LE RISQUE NUCLEAIRE -----	33
5.4. S5-4 - LES ANALYSES DE SURETE -----	33
5.5. S5-5 - LA CONDUITE INCIDENTELLE ACCIDENTELLE (CIA)-----	33
5.6. TEST HEBDOMADAIRE 5 -----	33
5.6.1. <i>Test hebdomadaire</i> -----	33
<b>6. S6 - LE FUTUR ET LES AUTRES USAGES HORS ELECTRICITE-----</b>	<b>33</b>
6.1. S6-1 - LES REACTEURS NUCLEAIRES DU FUTUR -----	33
6.2. S6-2 - LES SMALL MODULAR REACTORS LE SMR TYPE NUWARD SMR-----	33
6.3. S6-3 - REACTEURS A NEUTRONS RAPIDES (RNR) -----	33

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

6.4. S6-4 - LES HTR (REACTEURS A HAUTE TEMPERATURE) -----	33
6.5. S6-5 - RSF ET ADS - REACTEUR A SELS FONDUS ET ACCELERATOR DRIVEN SYSTEM -----	33
6.6. S6-6 - LES REACTEURS A FUSION NUCLEAIRE -----	33
6.7. TEST HEBDOMADAIRE 6 -----	33
6.7.1. Test hebdomadaire -----	33
<b>7. A LA SUITE DE CE COURS-----</b>	<b>33</b>
7.1. QUESTIONNAIRE DE FIN -----	33
<b>8. LINKS-----</b>	<b>33</b>

## 1. S1 - Les enjeux de la filière nucléaire



### 1.1. S1-1 - Situation énergétique actuelle

#### 1.1.1. SUPPORTS DE COURS

Diaporama au format PDF (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

Transcription au format texte (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

#### SUPPORTS DE COURS

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

### 1.1.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 - Quelle est la différence principale entre la puissance et l'énergie ?

- 1 - La puissance correspond à une énergie transformée en chaleur.
- 2 - L'énergie est mesurée en watts, la puissance en joules.
- 3 - La puissance est la quantité d'énergie fournie par unité de temps. ✓
- 4 - L'énergie ne peut pas être transformée.

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Il ne faut pas confondre puissance et énergie. La puissance décrit la manière dont un système libère son énergie, ou encore elle peut être vue comme un débit d'énergie, cad à quelle vitesse le système libère cette énergie.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q2 - Quelle est une caractéristique d'une énergie secondaire ?

- 1 - Elle est toujours renouvelable.
- 2 - Elle provient directement de la nature sans transformation.
- 3 - Elle résulte d'une transformation d'une énergie primaire. ✓
- 4 - Elle ne subit aucune perte pendant sa production.

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : En effet, les énergies primaires qui proviennent de la nature ne peuvent être utilisées telles quelles. Il faut un convertisseur pour transformer l'énergie primaire en énergie secondaire.

### 1.1.3. Explications

## 1.2. S1-2 - Énergie et électricité

### 1.2.1. Supports de cours

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 1.2.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 - Quelle est la principale source d'énergie utilisée dans le monde aujourd'hui ?

- 1 - L'électricité
- 2 - Les énergies renouvelables
- 3 - Les énergies fossiles ✓
- 4 - L'énergie nucléaire

### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Et oui encore aujourd'hui les énergies fossiles (pétrole, charbon et gaz) sont utilisées largement partout dans le monde.

Q2 - Quel est le principal contributeur à la production d'électricité dans le monde ?

- 1 - Le gaz naturel
- 2 - Le charbon ✓
- 3 - L'énergie nucléaire
- 4 - L'énergie solaire

### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : Plus du tiers de l'électricité dans le monde est produite à base de charbon, car il est abondant et a un prix abordable, qui permet aux pays l'utilisant de proposer une électricité peu chère. La Chine est l'exemple le plus parlant.

## 1.2.3. Explications

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 1.3. S1-3 - Les politiques publiques de l'énergie

### 1.3.1. Supports de cours

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

### 1.3.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 - 1. Quel est l'objectif principal des politiques climatiques internationales ?

- 1 - Réduire la consommation d'eau
- 2 - Éliminer complètement le charbon dans le monde
- 3 - Limiter le réchauffement climatique à +2°C maximum ✓
- 4 - Développer uniquement l'énergie solaire

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Les études du GIEC ont montré qu'un réchauffement de +2 °C est jugé acceptable car une telle température a existé il y a plus de 100 000 ans sans provoquer de catastrophe.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q2 - En France, quels sont les trois piliers des politiques publiques de transition énergétique ?

- 1 - Recyclage, production locale, taxation
- 2 - Nucléaire, biomasse, stockage
- 3 - Efficacité énergétique, sobriété, électrification des usages ✓
- 4 - Industrie verte, numérique, agriculture durable

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Ce sont les trois actions qui permettent de diminuer au maximum nos émissions de gaz à effet de serre.

#### 1.3.3. Explications

#### 1.4. S1-4 - La filière nucléaire française : son histoire, son présent

##### 1.4.1. Supports de cours

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 1.4.2. Avez-vous bien compris ?

Ce questionnaire n'est pas noté. Vérifiez vos réponses. Si elles sont fausses, vous pouvez réinitialiser et recommencer. Vous pouvez aussi afficher les bonnes réponses et les explications.

Q1 - Quelle découverte a marqué le début de l'histoire de l'industrie nucléaire ?

- 1 - La relativité restreinte d'Einstein en 1905.
- 2 - La radioactivité artificielle par Irène et Frédéric Joliot-Curie en 1934.
- 3 - La découverte de la radioactivité par Henri Becquerel en 1896. ✓
- 4 - La fission nucléaire par Otto Hahn et Strassmann en 1938.

### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Henri Becquerel découvre au Muséum d'histoire naturelle l'émission spontanée, par l'élément uranium, d'un nouveau type de rayonnement : les rayons uraniques. Ses études de ce rayonnement montrent que ce rayonnement est ionisant, c'est à dire qu'il produit des charges électriques en traversant l'air. (Source Musée Curie).

Cette découverte marque le début de l'épopée de la radioactivité. C'est la 1ère fois que l'on détecte un rayonnement ionisant. Ces études sont menées dans le cadre de la recherche sur la composition de la matière.

Q2 - Quel est le rôle principal de l'État dans le modèle français de développement de l'industrie nucléaire ?

- 1 - Construire les réacteurs nucléaires.
- 2 - Faciliter l'investissement, organiser la recherche et la formation, et contrôler les installations. ✓
- 3 - Gérer le combustible usé.
- 4 - Développer les petits réacteurs modulaires (SMR).

### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : C'est le rôle d'un état souverain de soutenir une industrie centrale pour le bien-être de sa population.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

### 1.4.3. Explanations

## 1.5. S1-5 - La filière nucléaire française : ses projets

### 1.5.1. Supports de cours

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

### 1.5.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 - Quel est l'un des principaux avantages de l'énergie nucléaire par rapport aux autres sources d'énergie ?

- 1 - Son coût d'investissement faible.
- 2 - Sa densité énergétique très élevée. ✓
- 3 - Son absence totale de déchets.
- 4 - Sa capacité à fonctionner sans interruption.

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : Cette densité énergétique très élevée provient du fait que la cohésion des noyaux atomiques est assurée par l'interaction nucléaire forte la plus intense des 4 interactions. Par conséquent lorsque l'on réussit à l'extraire du noyau, il suffit de peu de matière pour produire beaucoup d'énergie.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q2 - Quel est l'un des inconvénients majeurs de l'énergie nucléaire ?

- 1 - La faible empreinte au sol des centrales.
- 2 - Le coût élevé d'investissement. ✓
- 3 - L'absence de besoin en matières premières.
- 4 - La production d'énergie uniquement renouvelable.

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : En effet, construire une centrale nucléaire, objet industriel complexe par définition, il faut beaucoup de capitaux.

### 1.5.3. Explications

## 1.6. Test hebdomadaire 1

### 1.6.1. Test hebdomadaire : 10 QCM

QCM avec exclusivement des boutons radio :

Test hebdomadaire (10 points possibles)

 Ce test est un entraînement. **Le badge gratuit ou l'attestation de suivi gratuite ne sont pas disponibles sur ce MOOC.** 

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q1 - Parmi les propositions suivantes, laquelle est une énergie non renouvelable et décarbonée ?

1 - Charbon

2 - Uranium ✓

3 - Vent

4 - Biomasse

#### EXPLANATION

Réponse : B

Explication : L'uranium provient de la croûte terrestre et il est radioactif. Cela signifie qu'il se disparaît au cours du temps. Il est donc non renouvelable ou encore c'est une source d'énergie de stock. Par contre c'est une source d'énergie décarbonée car pendant sa transformation (la fission de l'uranium dans le réacteur pour en extraire l'énergie nucléaire) il n'y a pas d'émission de CO<sub>2</sub> et même de gaz à effet de serre.

Q2 - Quelle est la valeur d'un électronvolt (eV) en joules ?

$1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$  ✓

1 MeV

$4,186 \times 10^{10} \text{ J}$

$3,6 \times 10^6 \text{ J}$

#### EXPLANATION

Réponse : 1

Explication : 1 électron volt est égal à l'énergie cinétique acquise par un électron qui passe par une différence de potentiel de 1 volt dans le vide.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q3 - En France, pourquoi la part des énergies fossiles dans le mix énergétique est-elle plus faible qu'ailleurs ?

- 1 - À cause d'un fort ensoleillement
- 2 - Grâce à l'énergie nucléaire ✓
- 3 - À cause d'un faible développement industriel
- 4 - Grâce à une forte consommation de charbon

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : La France a fait le choix de développer un parc nucléaire important dans les années 60 (Plan Messmer). Cela a permis de remplacer les énergies fossiles.

Q4 - Quel est l'objectif principal de la transition énergétique ?

- 1 - Remplacer l'électricité par le gaz naturel
- 2 - Augmenter la consommation d'énergie fossile
- 3 - Passer à des sources d'énergies bas carbone ✓
- 4 - Réduire l'utilisation de l'énergie nucléaire

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : La transition énergétique est un projet établisso-industriel qui prévoit de remplacer les énergies fossiles par des énergies bas-carbone pour lutter contre le réchauffement climatique.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q5 - Qu'appelle-t-on un "puits de carbone" ?

- 1 - Une usine de traitement de gaz
- 2 - Un site d'enfouissement de déchets
- 3 - Un réservoir naturel ou artificiel absorbant du CO<sub>2</sub> ✓
- 4 - Un forage pétrolier abandonné

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Un puit de carbone est système naturel (forêt, océan, ...) ou artificiel qui absorbe une partie du CO<sub>2</sub> émis par une activité humaine.

Q6 - Quelle est la différence entre l'inventaire national des GES et l'empreinte carbone ?

- 1 - L'inventaire ne prend en compte que les émissions agricoles
- 2 - L'empreinte carbone inclut les importations, l'inventaire non ✓
- 3 - Ils sont strictement équivalents
- 4 - L'inventaire mesure l'énergie finale, l'empreinte mesure l'énergie primaire

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : Cette différence est importante si l'on veut établir des politiques énergétiques nationales. Au niveau mondial évidemment les deux définitions sont égales.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q7 - Combien de réacteurs nucléaires sont en exploitation en France en 2023 ?

56 réacteurs. ✓

61 réacteurs.

58 réacteurs.

412 réacteurs.

#### EXPLANATION

Réponse : 1

Explication : En effet en 2023, le parc nucléaire compte 56 réacteurs car les deux réacteurs de Fessenheim ont été fermés (2020) et l'EPR de Flamanville n'a pas encore démarré (8 mai 2024).

Q8 - Quelle est la part de l'énergie nucléaire dans la production électrique mondiale en 2022 ?

Environ 5%.

Environ 10%. ✓

Environ 20%.

Environ 30%.

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : Dans le monde ce sont encore les hydrocarbures qui sont majoritairement utilisés pour produire de l'électricité (environ 60%). L'énergie nucléaire est la 2ème source d'énergie bas-carbone après l'énergie hydraulique pour produire de l'électricité.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q9 - Que prédit l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) concernant la capacité installée de l'énergie nucléaire dans le scénario NZE (Net Zero Emission) ?

- 1 - Multiplier par un facteur 10 d'ici 2050.
- 2 - Atteindre 400 GW d'ici 2050.
- 3 - Multiplier par un facteur 2 d'ici 2050. ✓
- 4 - Réduire la capacité à 100 GW d'ici 2050.

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Dans le contexte de lutte contre le dérèglement climatique, l'électrification des usages est une priorité, car l'électricité est facilement produite par des systèmes non émetteurs de gaz à effet de serre.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q10 - Quel projet français vise à prolonger la durée de vie des réacteurs nucléaires existants ?

1 - La construction de 6 EPR2.

2 - Le grand carénage. ✓

3 - Le projet Nuward.

4 - Le projet Cigéo.

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : (Source EDF) Engagé depuis 2014 par EDF, le Grand Carénage est un programme industriel de rénovation et de modernisation des centrales nucléaires existantes.

Ce programme comporte un ensemble de projets, regroupés selon trois catégories d'activités :

- Rénover ou remplacer les gros composants arrivant en fin de vie technique
- Réaliser les modifications nécessaires à l'amélioration de la sûreté
- Assurer la pérennité de la qualification des matériels après 40 ans

Les travaux sont réalisés principalement lors des arrêts pour maintenance, mais aussi pour certains durant les périodes de fonctionnement des installations.

Le Programme Grand Carénage repose sur la coopération. Ce programme rassemble tous les acteurs concernés par cette aventure industrielle : l'équipe programme, l'ingénierie, l'exploitant, les fonctions support et les entreprises partenaires.

## 1.6.2. Explications

## 2. S2 - Radioactivité, fission nucléaire et neutronique

### 2.1. S2-1 - Matière et particules élémentaires / Le noyau atomique : les aspects énergétiques

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 2.1.1. Supports de cours

- [Diaporama vidéo A au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Diaporama vidéo B au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription vidéo A au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription vidéo B au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

## 2.1.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 - Quelles sont les particules qui constituent le noyau atomique ?

- 1 - Les électrons et les neutrons.
- 2 - Les protons et les électrons.
- 3 - Les protons et les neutrons. ✓
- 4 - Les quarks et les photons.

### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : L'ensemble des recherches sur la composition du noyau atomique montrent sans équivoque que ce dernier est constitué de protons et neutrons eux-mêmes constitués de trois quarks.

Q2 - Combien de particules élémentaires sont nécessaires dans le modèle standard, pour décrire les phénomènes observables à l'échelle subatomique ?

- 12 particules.
- 24 particules.
- 25 particules. ✓
- 30 particules.

### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : Le modèle standard, aujourd'hui considéré comme étant celui qui décrit au mieux la matière a besoin de 24 particules élémentaires et 1 particule qui est le Boson de Higgs, qui est la particule à l'origine de la masse des fermions (en particulier des quarks et des électrons).

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q3 - Quelle est l'interaction fondamentale qui n'agit pas dans le noyau atomique ?

1 - L'interaction gravitationnelle ✓

2 - L'interaction nucléaire forte

3 - L'interaction faible

4 - L'interaction électromagnétique

#### EXPLANATION

Réponse : 1

Explication : L'interaction gravitationnelle agit à longue portée et est très peu intense. Elle est responsable de l'attraction des corps massifs et n'agit pas au niveau microscopique.

Q4 - Quel est le noyau le plus stable selon la courbe d'Aston ?

1 - Le carbone-12.

2 - Le fer (région autour de  $A \approx 55-60$ ). ✓

3 - L'uranium-235.

4 - Le plomb-208.

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : La courbe d'Aston permet de montrer la stabilité des noyaux atomiques en décrivant la variation de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse A des noyaux atomiques. Le fer possède l'énergie de liaison par nucléon maximale il est donc le noyau le plus stable.

### 2.1.3. Explications

#### 2.1.3.1. Q1 - Quelles sont les particules qui constituent le noyau atomique ?

1 - Les électrons et les neutrons.

2 - Les protons et les électrons.

3 - Les protons et les neutrons. ✓

4 - Les quarks et les photons.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

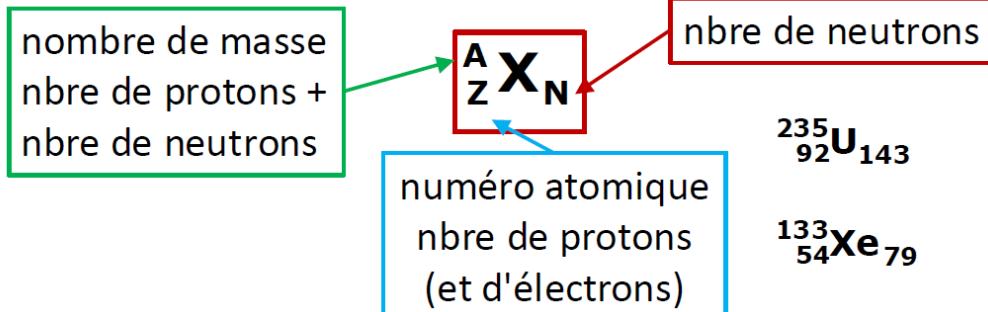
Explication : L'ensemble des recherches sur la composition du noyau atomique montrent sans équivoque que ce dernier est constitué **✓ de protons et neutrons** eux-mêmes constitués de trois quarks.

## LE NOYAU ATOMIQUE

### □ Un noyau est constitué de nucléons :

	Masse (m en kg et u)	Charge (q en C)
proton	$1,6724 \times 10^{-27}$ kg ; 1,00727 u	$1,6 \times 10^{-19}$
neutron	$1,6747 \times 10^{-27}$ kg ; 1,00866 u	0

### □ Description simplifiée :



2.1.3.2. Q2 - Combien de particules élémentaires sont nécessaires dans le modèle standard, pour décrire les phénomènes observables à l'échelle subatomique ?

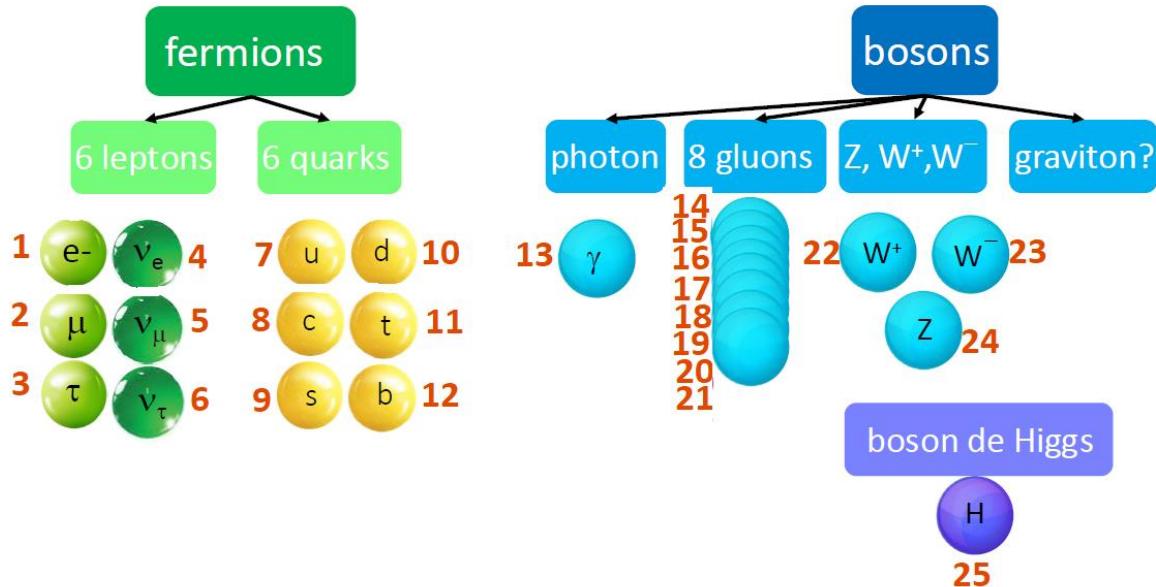
- 12 particules.
- 24 particules.
- 25 particules. ✓
- 30 particules.

Explication : Le modèle standard, aujourd'hui considéré comme étant celui qui décrit au mieux la matière a besoin de **✓ 24 particules élémentaires et 1 particule qui est le Boson de Higgs**, qui est la particule à l'origine de la masse des fermions (en particulier des quarks et des électrons).

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## LES 25 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES



2.1.3.3. Q3 - Quelle est l'interaction fondamentale qui n'agit pas dans le noyau atomique ?

1 - L'interaction gravitationnelle ✓

2 - L'interaction nucléaire forte

3 - L'interaction faible

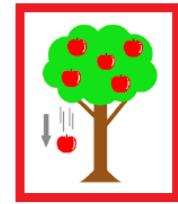
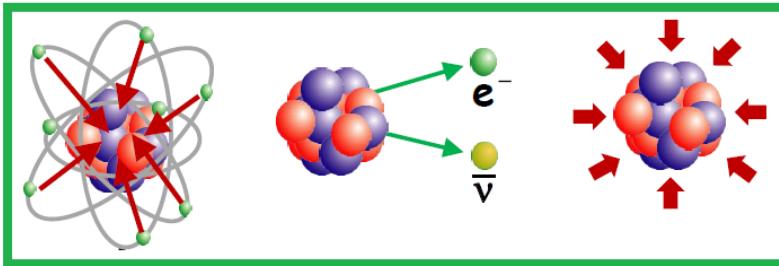
4 - L'interaction électromagnétique

Explication :  **L'interaction gravitationnelle** agit à longue portée et est très peu intense. Elle est responsable de l'attraction des corps massifs et n'agit pas au niveau microscopique.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## □ Quatre interactions fondamentales : électromagnétique, faible, nucléaire forte, et la gravité.



L'interaction gravitationnelle agit à longue portée et est très peu intense. Elle est responsable de l'attraction des corps massifs et n'agit pas au niveau microscopique.

2.1.3.4. Q4 - Quel est le noyau le plus stable selon la courbe d'Aston ?

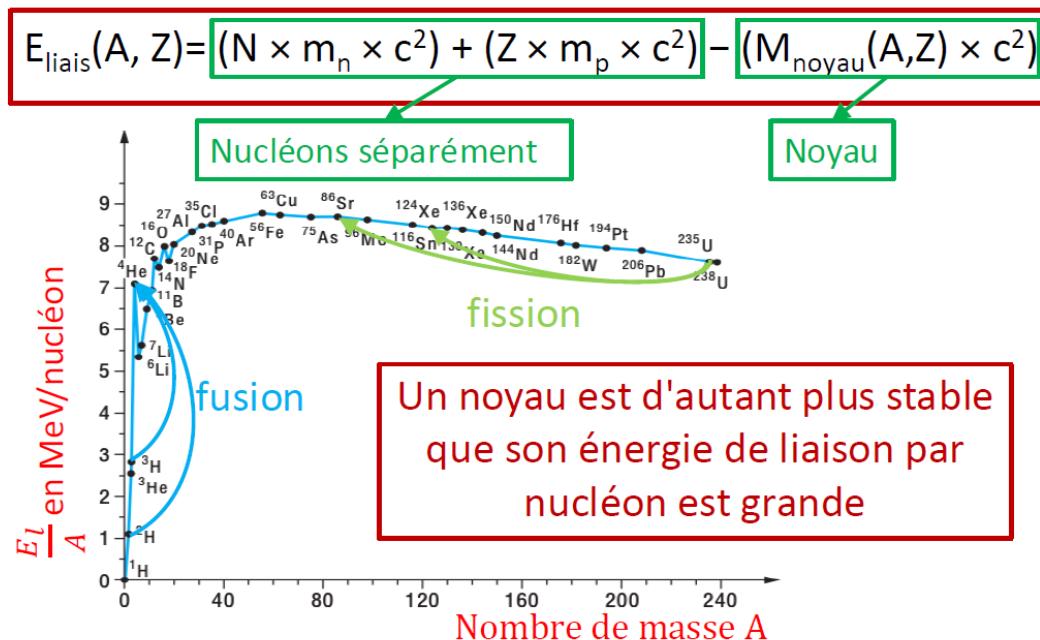
- 1 - Le carbone-12.
- 2 - Le fer (région autour de A ≈ 55-60). ✓
- 3 - L'uranium-235.
- 4 - Le plomb-208.

Explication : La courbe d'Aston permet de montrer la stabilité des noyaux atomiques en décrivant la variation de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse A des noyaux atomiques. ✓ Le fer possède l'énergie de liaison par nucléon maximale il est donc le noyau le plus stable.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## ENERGIE DE LIAISON (COURBE D'ASTON)



### 2.2. S2-2 - Les émissions radioactives du noyau atomique

#### 2.2.1. Supports de cours

- [Diaporama vidéo A au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Diaporama vidéo B au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription vidéo A au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription vidéo B au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

#### 2.2.2. Avez-vous bien compris ?

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q1 - Quelle affirmation décrit correctement la loi de la radioactivité ?

- 1 - La radioactivité augmente avec le temps.
- 2 - La quantité de noyaux radioactifs décroît de manière exponentielle avec le temps. ✓
- 3 - Tous les noyaux radioactifs se désintègrent en même temps.
- 4 - La radioactivité reste constante indépendamment du temps.

#### EXPLANATION

Réponse : 2

Explication : la radioactivité est un phénomène naturel, aléatoire, spontané et qui obéit aux lois de la statistique. La loi de la désintégration radioactive est même une loi fondamentale, en ce sens, qu'elle est essentielle à la compréhension des émissions radioactives des noyaux atomiques.

Le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de matière diminue avec le temps, du fait de la désintégration radioactive progressive de ses noyaux et cela suivant une loi exponentielle.

Q2 - Qu'appelle-t-on la demi-vie d'un noyau radioactif ?

- 1 - Le temps nécessaire pour que tous les noyaux se désintègrent
- 2 - Le temps nécessaire pour que la radioactivité double
- 3 - Le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs se sont désintégrés ✓
- 4 - La durée pendant laquelle un noyau reste stable

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : La demi-vie ou période radioactive d'un noyau atomique est une grandeur essentielle à l'identification des noyaux radioactifs. Elle est une grandeur intrinsèque à chacun et varie très fortement d'un radionucléide à un autre. Elle mesure en quelques sortes la rapidité de la décroissance radioactive. Elle peut varier de quelques nanoseconde à des milliards d'années.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Q3 - Que perd un noyau lors d'une désintégration alpha ?

- 1 - Un neutron
- 2 - Un électron
- 3 - Un photon
- 4 - Un noyau d'hélium (2 protons + 2 neutrons) ✓

#### EXPLANATION

Réponse : 4

Explication : La désintégration alpha est une désintégration dite par partition. Le noyau père perd une partie de sa masse en émettant une particule alpha, qui est un noyau d'hélium-4.

Q4 - Quelle particule principale est émise lors d'une désintégration bêta moins ( $\beta^-$ ) ?

- 1 - Un proton
- 2 - Un neutron
- 3 - Un électron ✓
- 4 - Un positon

#### EXPLANATION

Réponse : 3

Explication : La désintégration bêta- est un processus dû à l'interaction faible. Elle permet à un noyau atomique trop riche en neutrons d'en transformer un en proton. Il y a alors émission d'un électron et d'un antineutrino.

## 2.2.3. Explications

### 2.2.3.1. Q1 - Quelle affirmation décrit correctement la loi de la radioactivité ?

- 1 - La radioactivité augmente avec le temps.
- 2 - La quantité de noyaux radioactifs décroît de manière exponentielle avec le temps. ✓
- 3 - Tous les noyaux radioactifs se désintègrent en même temps.
- 4 - La radioactivité reste constante indépendamment du temps.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

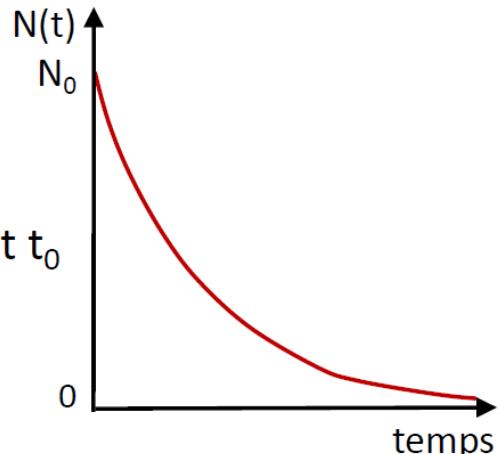
Explication : la radioactivité est un phénomène naturel, aléatoire, spontané et qui obéit aux lois de la statistique. La loi de la désintégration radioactive est même une loi fondamentale, en ce sens, qu'elle est essentielle à la compréhension des émissions radioactives des noyaux atomiques.

Le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de matière diminue avec le temps, du fait de la désintégration radioactive progressive de ses noyaux et cela suivant une loi exponentielle.

**□ Le nombre de noyaux qui se désintègrent au cours du temps dans une source radioactive diminue :**

→ 
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N_0$ = nbre de noyaux à l'instant  $t_0$



- $\lambda$  = constante radioactive  
 unité de  $\lambda$ :  $s^{-1}$

#### 2.2.3.2. Q2 - Qu'appelle-t-on la demi-vie d'un noyau radioactif ?

- 1 - Le temps nécessaire pour que tous les noyaux se désintègrent
- 2 - Le temps nécessaire pour que la radioactivité double
- 3 - Le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs se sont désintégrés ✓
- 4 - La durée pendant laquelle un noyau reste stable

Explication :  La demi-vie ou période radioactive d'un noyau atomique est une grandeur essentielle à l'identification des noyaux radioactifs. Elle est une grandeur intrinsèque à chacun et varie très fortement d'un radionucléide à un autre. Elle mesure en quelques sortes la rapidité de la décroissance radioactive. Elle peut varier de quelques nanoseconde à des milliards d'années.

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## LA PÉRIODE RADIOACTIVE

- ☐ Temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs d'une source radioactive se sont désintégrés.

➡ 
$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \cong \frac{0,693}{\lambda}$$
 (unité de T : s)

☐  $T_{1/2}({}_{53}^{131}\text{I}) = 8,04 \text{ jours} ; T_{1/2}({}_{92}^{238}\text{U}) = 4,5 \times 10^9 \text{ ans}$

2.2.3.3. Q3 - Que perd un noyau lors d'une désintégration alpha ?

- 1 - Un neutron
- 2 - Un électron
- 3 - Un photon
- 4 - Un noyau d'hélium (2 protons + 2 neutrons) ✓

Explication : La désintégration alpha est une désintégration dite par partition.  Le noyau père perd une partie de sa masse en émettant une particule alpha, qui est un noyau d'hélium-4.

## DÉSINTÉGRATION ALPHA

- ☐ Excès de masse du noyau.
- ☐ Emission d'un noyau d'hélium-4 stable = particule α

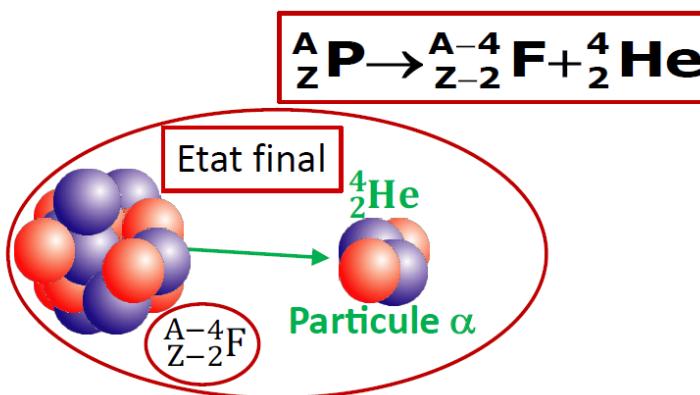


image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

2.2.3.4. Q4 - Quelle particule principale est émise lors d'une désintégration bêta moins ( $\beta^-$ ) ?

- 1 - Un proton
- 2 - Un neutron
- 3 - Un électron ✓
- 4 - Un positon

Explication : La désintégration bêta- est un processus dû à l'interaction faible. Elle permet à un noyau atomique trop riche en neutrons d'en transformer un en proton.  Il y a alors émission d'un électron et d'un antineutrino.

## DÉSINTÉGRATION BÉTA

❑ Emetteur  $\beta^-$ : excès de neutrons du noyau.



## LA CARTE DES NOYAUX ATOMIQUES

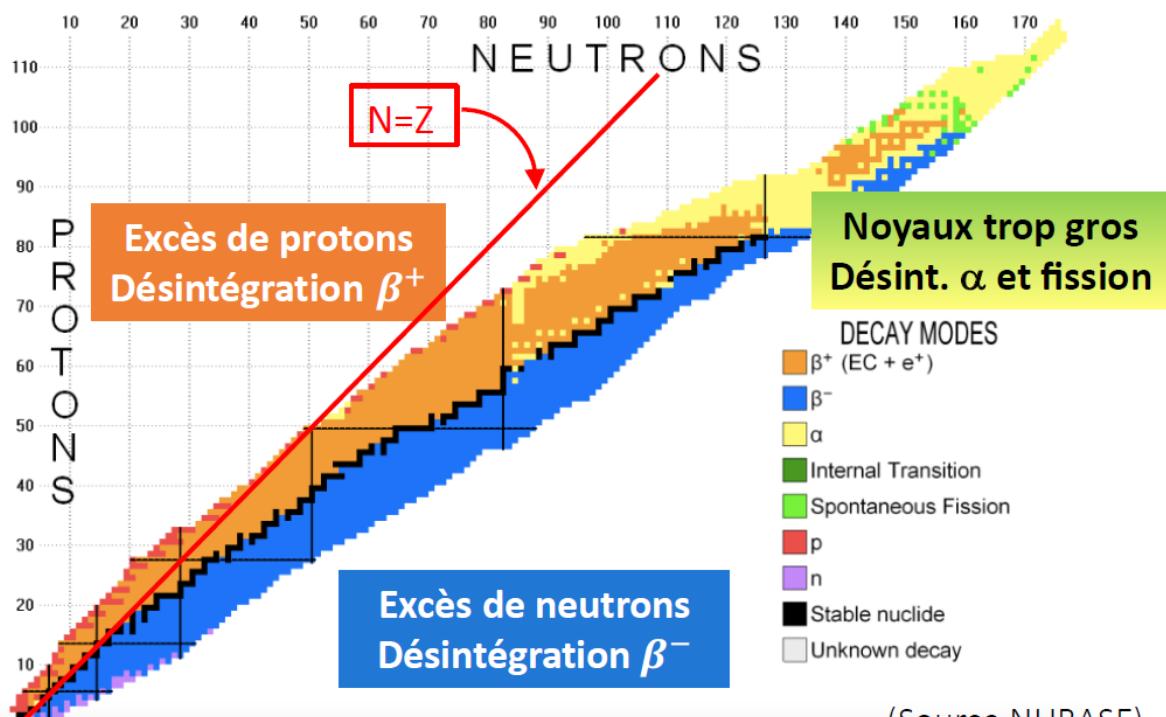


image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 2.3. S2-3 - La fission nucléaire

### 2.3.1. Supports de cours

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

### 2.3.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 - Qu'est-ce que la fission nucléaire ?

- 1 - L'union de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd
- 2 - La décomposition spontanée d'un électron
- 3 - La division d'un noyau lourd en deux noyaux plus légers ✓
- 4 - La transformation d'un neutron en proton

Q2 - Quel noyau atomique est le plus couramment utilisé dans les réacteurs nucléaires pour la fission ?

- 1 - uranium-238
- 2 - uranium-235 ✓
- 3 - plomb-207
- 4 - hydrogène

### 2.3.3. Explications

#### 2.3.3.1. Q1 - Qu'est-ce que la fission nucléaire ?

- 1 - L'union de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd
- 2 - La décomposition spontanée d'un électron
- 3 - La division d'un noyau lourd en deux noyaux plus légers ✓
- 4 - La transformation d'un neutron en proton

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

Explication : La fission est un phénomène physique que l'on retrouve dans d'autres disciplines que la physique nucléaire. Il s'agit en effet de la cassure en deux parties d'un noyau atomique. Cette fission est la plupart du temps asymétrique (le noyau se casse en un noyau dont la masse est autour de A=90 et un autre noyau dont la masse est autour de A=140).

2.3.3.2. *Q2 - Quel noyau atomique est le plus couramment utilisé dans les réacteurs nucléaires pour la fission ?*

1 - uranium-238

2 - uranium-235 ✓

3 - plomb-207

4 - hydrogène

Explication : **Aujourd'hui à travers le monde c'est ✓ l'uranium-235 qui est le plus souvent utilisé.**  
Mais de nouveaux concepts proposent d'utiliser d'autres combustibles comme le l'uranium-238, plutonium-239 ou le thorium-232.

## 2.4. S2-4 - La réaction en chaîne

### 2.4.1. Supports de cours

- [Diaporama au format PDF](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)
- [Transcription au format texte](#) (ouverture dans une nouvelle fenêtre)

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 2.4.2. Avez-vous bien compris ?

Q1 – Pour contrôler la criticité ( $k_{eff}=1$ ) dans un réacteur à eau pressurisée il faut : (plusieurs bonnes réponses)

1 – Maîtriser l'enrichissement en uranium-235 ✓

2 – Faire circuler les neutrons à travers le cœur avec de l'eau

3 – Maîtriser la température de l'eau ✓

✓

### EXPLANATION

Réponse : 1 et 3

Le choix de l'enrichissement en uranium-235 du cœur doit être déterminé à la conception pour optimiser son fonctionnement (notamment l'autonomie du cœur). Avec un enrichissement suffisant, il est alors possible d'assurer la criticité tout au long du fonctionnement par ajustement des absorbants neutroniques en maintenant une température de l'eau de refroidissement constante. En effet, l'eau assure un rôle important dans la réaction en chaîne en ralentissant les neutrons, ce qui augmente la probabilité qu'ils induisent des fissions. Ainsi tout au long du cycle de fonctionnement, les variations de température de l'eau doivent être maîtrisées au degré près pour assurer un contrôle de la réactivité.

Q2 – L'eau du réacteur à eau pressurisée sert de : (plusieurs bonnes réponses)

1 – Retardateur pour retarder les neutrons

2 – Modérateur pour ralentir les neutrons ✓

3 – Caloporteur pour évacuer la chaleur ✓

✓

### EXPLANATION

Réponse : 2 et 3

La production d'énergie de fission dans la pastille doit être évacuée sous forme de chaleur par un fluide caloporteur : dans un réacteur à eau pressurisée, c'est bien l'eau qui sert de caloporteur. Mais cette eau sert aussi à ralentir les neutrons afin qu'ils atteignent des niveaux d'énergie permettant de nettement favoriser les fissions sur l'uranium-235 : on dit que l'eau sert de modérateur pour les neutrons.

## 2.4.3. Explications

<i>image</i>	<b>Energie nucléaire de la science à l'industrie</b>	Réalisé le 18-11-2025
<i>Domaine</i>		Modifié le 18-11-2025 22:47
<i>Sous domaine</i>		Nombre de pages 34

Nombre de mots  
2081

## 2.5. Test hebdomadaire 2

### 2.5.1. Test hebdomadaire

#### 2.5.2. Explications

## 3. S3 - Une tranche nucléaire, comment ça fonctionne ?

### 3.1. S3-1 - Le réacteur nucléaire

### 3.2. S3-2 - Le circuit primaire

### 3.3. S3-3 - RCV – RRA et les circuits de sauvegarde

### 3.4. S3-4 - Les essais physiques de redémarrage

### 3.5. S3-5 - L'usure du combustible et l'arrêt programmé d'une centrale nucléaire

### 3.6. Test hebdomadaire 3

#### 3.6.1. Test hebdomadaire

## 4. S4 - Cycle du combustible de la mine aux déchets

### 4.1. S4-1 - Le cycle du combustible

### 4.2. S4-2 - Cycle du Combustible : L'AMONT

### 4.3. S4-3 - Cycle du Combustible : La fabrication d'éléments de combustible

### 4.4. S4-4 - Cycle du Combustible : L'AVAL

### 4.5. S4-5 - La gestion des déchets radioactifs et le projet Cigéo

### 4.6. Test hebdomadaire 4

#### 4.6.1. Test hebdomadaire

## 5. S5 - Interaction rayt-matière, sûreté et radioprotection

<i>image</i>	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
<i>Domaine</i>		Modifié le 18-11-2025 22:47
<i>Sous domaine</i>		Nombre de pages 34

5.1. S5-1 - Le danger de la radioactivité expliqué avec les interactions rayon-matière

5.2. S5-2 - Radioprotection

5.3. S5-3 - La sûreté nucléaire et le risque nucléaire

5.4. S5-4 - Les analyses de sûreté

5.5. S5-5 - La Conduite Incidentelle Accidentelle (CIA)

5.6. Test hebdomadaire 5

5.6.1. Test hebdomadaire

## 6. S6 - Le futur et les autres usages hors électricité

6.1. S6-1 - Les réacteurs nucléaires du futur

6.2. S6-2 - Les Small Modular Reactors Le SMR type NUWARD SMR

6.3. S6-3 - Réacteurs à neutrons rapides (RNR)

6.4. S6-4 - Les HTR (réacteurs à haute température)

6.5. S6-5 - RSF et ADS - Réacteur à Sels Fondus et Accelerator Driven System

6.6. S6-6 - Les réacteurs à fusion nucléaire

6.7. Test hebdomadaire 6

6.7.1. Test hebdomadaire

## 7. A la suite de ce cours

7.1. Questionnaire de fin

## 8. Links

<https://lms.fun-mooc.fr/courses/course-v1:CNAM+01067+session01/>

image	<h1>Energie nucléaire de la science à l'industrie</h1>	Réalisé le 18-11-2025
Domaine		Modifié le 18-11-2025 22:47
Sous domaine		Nombre de pages 34
		Nombre de mots 2081