

ÉDITION SPÉCIALE RÉALISÉE EN COLLABORATION AVEC EDF

L'actu

ÉDITION 2009



ISSN 1288 - 6939

PUBLI-RÉDACTIONNEL



© EDF MÉDIATHÈQUE - WBEAUCARDET

Découverte - II-III

ATOME, RÉACTEUR, STOCKAGE... : TOUT COMPRENDRE DU NUCLÉAIRE

Comprendre - IV-V

La vie d'une centrale nucléaire

Avenir - VI-VII

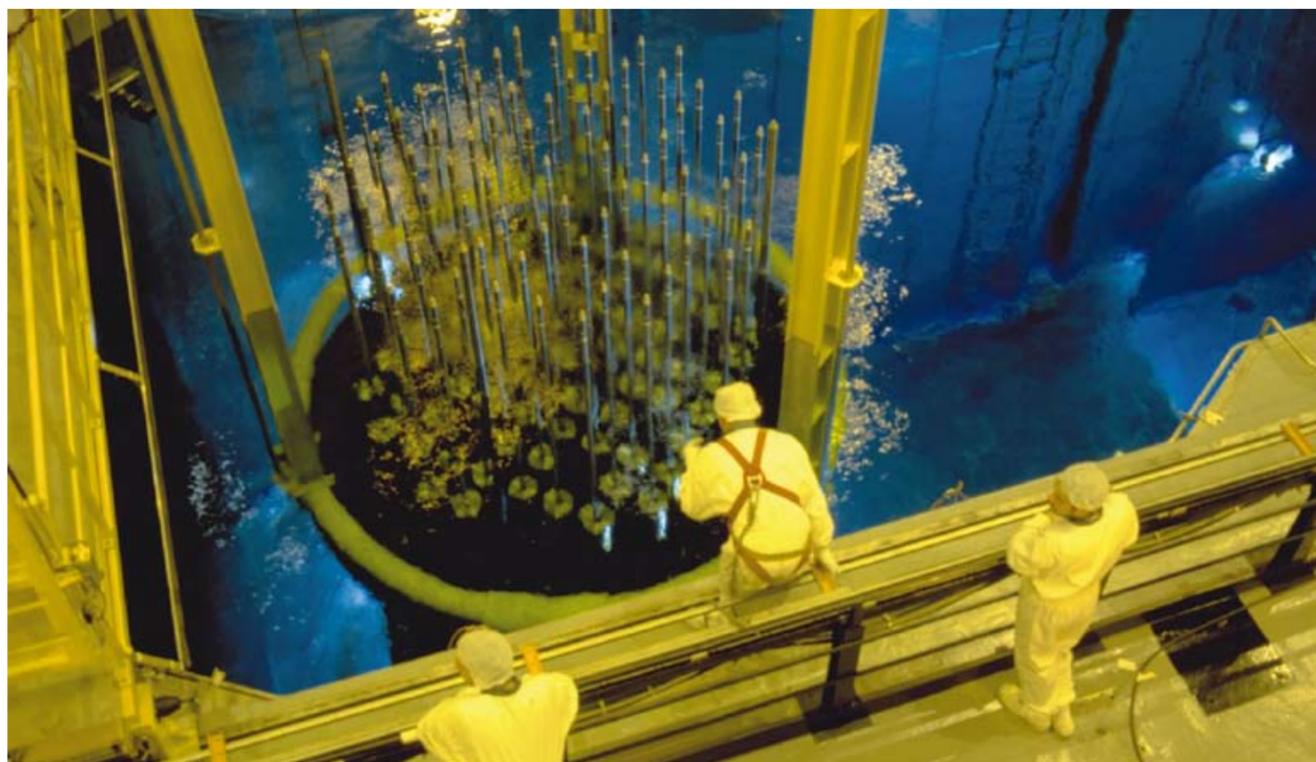
Nouveaux réacteurs : une avancée technologique

→ CONTEXTE

1 En 1896, le physicien français Henri Becquerel met en évidence la **radioactivité** spontanée.

Cette découverte lui vaudra de recevoir le prix Nobel de physique en 1903.

2 Au début du XX^e siècle, le physicien britannique Ernest Rutherford, puis le physicien danois



© EDF-MÉDIATHÈQUE - Claude Pauquet

Connaître l'atome pour comprendre le monde

Le noyau, cette toute petite particule qu'on retrouve au cœur des atomes, peut être une formidable source d'énergie : l'énergie nucléaire.

LES FAITS

L'eau, l'air, les roches, les métaux, les objets du quotidien, les êtres vivants... Autant de choses apparemment très différentes qui partagent pourtant un point commun. Comme toutes les matières qui nous entourent, elles sont constituées de minuscules particules invisibles à l'œil nu : les atomes. Ils sont si petits qu'il faudrait en aligner environ 100 millions pour atteindre une longueur d'un centimètre.

Le terme « atome » signifie « qu'on ne peut diviser », car les scientifiques ont cru, jusqu'à la fin du XIX^e siècle, qu'il n'existait pas de particules plus petites. C'était faux, puisque les atomes sont eux-mêmes constitués de particules encore plus petites : d'une part les **neutrons** et les **protons**, qui forment le noyau, et, d'autre part, les électrons, qui tournent autour du noyau

à grande vitesse en formant le nuage électronique. L'atome est constamment en mouvement, ainsi que ses constituants.

COMPRENDRE

Certains atomes sont dits « fissiles », c'est-à-dire que leur noyau, s'il est percuté par un neutron, par exemple, peut se casser en deux : c'est le cas de l'uranium 235 ou du pluto-

ni-239. Lors de cette réaction, nommée « **fission** nucléaire », le noyau d'origine se sépare en deux noyaux plus petits et une grande quantité d'énergie est libérée sous forme de chaleur. La réaction de fission nucléaire libère également deux à trois neutrons qui sont projetés à très grande vitesse. Ces neutrons, s'ils rencontrent un autre noyau d'uranium 235, vont à leur

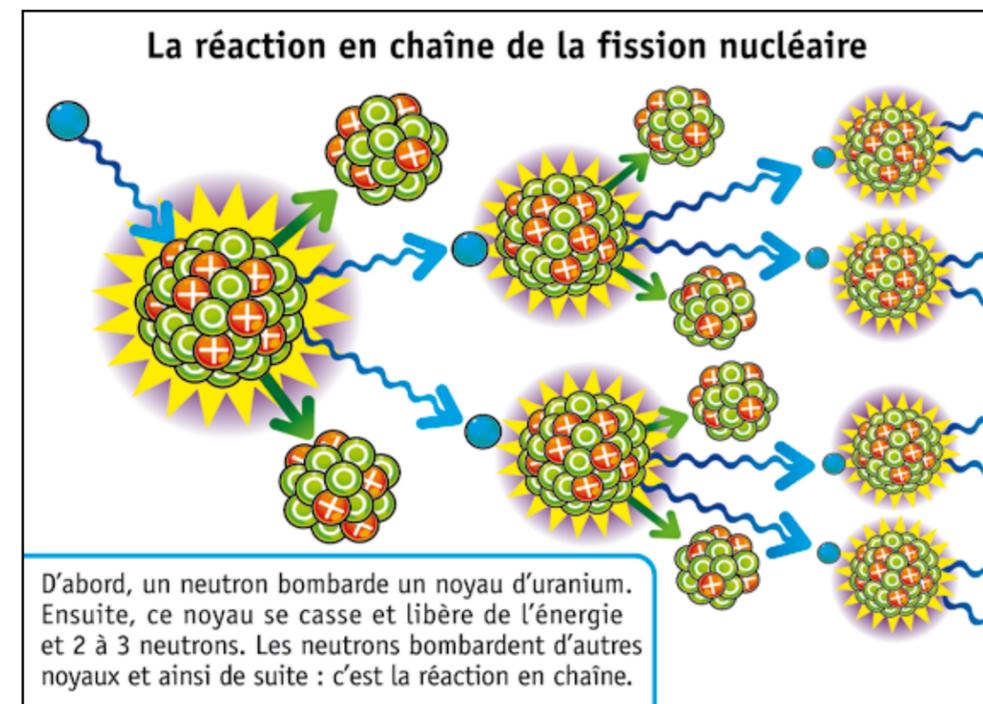
LORSQUE LE NOYAU D'ORIGINE SE SÉPARE EN DEUX, UNE GRANDE QUANTITÉ D'ÉNERGIE EST ALORS LIBÉRÉE.

Niels Bohr, concluent que l'atome est constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons.

3 En 1938, les physiciens allemands Hahn et Strassmann découvrent la **fission** spontanée.

4 En 1939, le physicien français Frédéric Joliot-Curie montre que le phénomène

de fission des noyaux s'accompagne d'un important dégagement de chaleur.



→ CHIFFRES CLÉS

1 gramme d'uranium 235 libère autant d'énergie que la combustion de 3 tonnes de charbon.

2 à 3 neutrons sont libérés à chaque réaction de fission nucléaire. Ils permettent ainsi la réaction en chaîne.

200 000 kilomètres par seconde : c'est la vitesse à laquelle les neutrons sont libérés lors de la fission.

→ MOTS CLÉS

... tour déclencher une réaction de fission qui s'accompagne d'un dégagement de chaleur et de la libération d'autres neutrons, et ainsi de suite. C'est ce phénomène, appelé « réaction en chaîne », qui est utilisé dans les centrales pour produire de l'électricité.

Radioactivité

Phénomène naturel au cours duquel un noyau instable se transforme en un autre plus stable et émet des rayonnements dangereux pour la santé.

Fission

Cassure d'un noyau en deux

noyaux plus petits. Cette fission peut être spontanée (naturelle) ou provoquée (comme dans les centrales).

Neutron et proton

Petites particules qui entrent dans la composition du noyau d'un atome.

ZOOM MÉTIER

INGÉNIEUR GÉNIE CIVIL

Ses missions

- Proposer des stratégies de traitement d'affaires.
- Réaliser des documents de conception.
- Assurer la gestion technique de contrats jusqu'à la phase de mise en service des installations.

Compétences / Qualités

- Attrait pour le travail de terrain et de bureau.
- Adaptation, rigueur et sens de l'analyse.
- Capacité à traiter plusieurs dossiers.

Études

École d'ingénieur génie civil, école avec option génie civil ou master 2 matériaux génie civil.

TECHNICIEN DE MAINTENANCE

Ses missions

- Analyser le comportement du matériel et réaliser des diagnostics.
- Assurer le contrôle des interventions.
- Optimiser des activités de maintenance.

Compétences / Qualités

- Aptitude à organiser les activités et à gérer les priorités.
- Capacités d'analyse et de synthèse.

Études

BAC + 2 ou 3 (BTS, DUT, DNTS, licence pro) dans le domaine concerné.

→ CONTEXTE

1 Dans le monde, 66,7 % de l'électricité produite provient du thermique à flamme, 18,1 % des énergies renouvelables et 15,2 % du nucléaire.

2 En France, 87,3 % de l'électricité produite par EDF provient des centrales nucléaires, 9,4 % des centrales hydrauliques et 3,3 % des centrales thermiques à flamme.

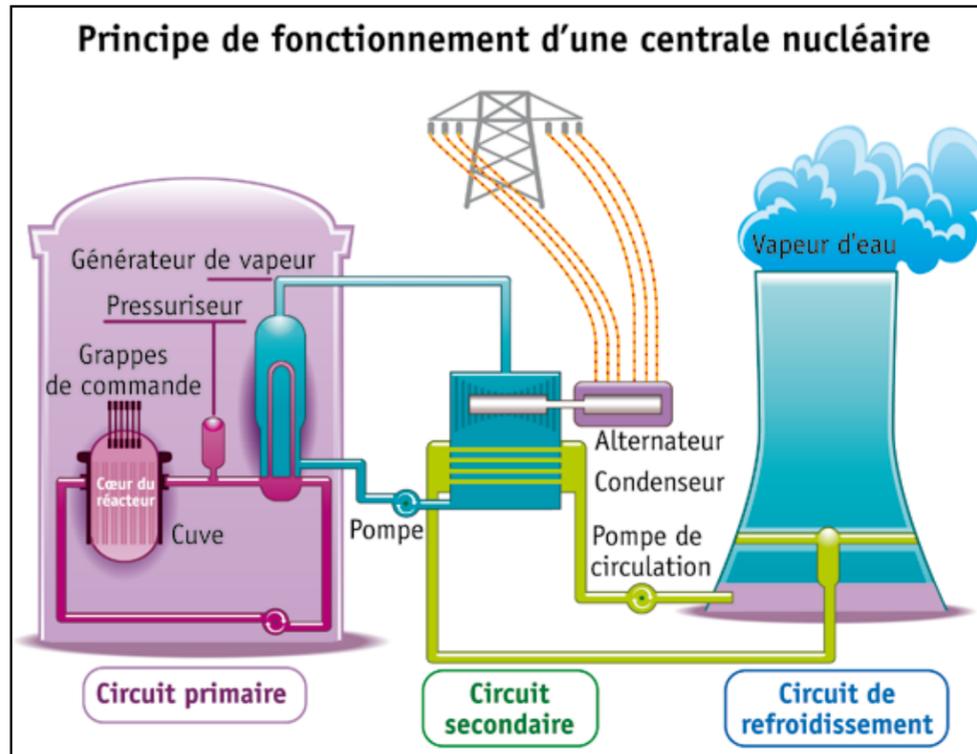
3 EDF est le premier producteur mondial d'électricité nucléaire. En France, EDF a la responsabilité d'un parc de 58 réacteurs nucléaires répartis sur 19 centrales.

4 Le parc nucléaire d'EDF a été construit pour avoir une durée de fonctionnement d'au moins 40 ans. Aujourd'hui, en France, l'âge moyen des centrales est d'environ 23 ans.

FONCTIONNEMENT

Dans la centrale nucléaire

L'uranium placé au cœur du réacteur nucléaire permet aux réactions de fission d'avoir lieu. La chaleur dégagée par cette réaction en chaîne chauffe l'eau d'un premier circuit indépendant, qui réchauffe à son tour l'eau du circuit secondaire pour la transformer en vapeur. Cette vapeur actionne une turbine couplée à un alternateur qui transforme le mouvement en électricité. On produit ainsi de l'électricité à partir de l'uranium. À la sortie de la turbine, la vapeur entre en contact avec le circuit de refroidissement, dans lequel circule de l'eau froide provenant de la mer ou d'un fleuve. La vapeur se refroidit et se retransforme alors en eau. Ainsi, l'eau circule en circuit fermé.



ÉVOLUTION

Les générations de réacteurs

En France, la 1^{re} génération de réacteurs nucléaires est développée dans les années 1950-1960. Ces réacteurs fonctionnent à l'uranium naturel, non enrichi, mais sont assez vite abandonnés, au début des années 1970, au profit des réacteurs de 2^e génération. Ces derniers, qui utilisent de l'uranium enrichi, sont moins volumineux et moins coûteux que les réacteurs de 1^{re} génération. Ce sont les réacteurs à eau pressurisée (REP), toujours en service en France aujourd'hui. Cette technologie représente plus de 85 % du parc mondial des réacteurs nucléaires.



MATIÈRE PREMIÈRE

Le combustible : l'uranium

L'uranium, le combustible qui alimente les réacteurs nucléaires, est extrait dans des gisements à ciel ouvert ou dans des galeries souterraines sous forme de minerais. Ces derniers sont natu-

rellement pauvres en uranium 235, l'uranium qui permet la réaction de fission nucléaire. Il faut donc les enrichir par différents procédés mécaniques et chimiques. À chaque étape de ce processus, la concentration en uranium 235 augmente.

→ C'EST DINGUE

RESSOURCES À VENIR

Pas si rare

Sur Terre, l'uranium est environ 500 fois plus abondant que l'or. Le Canada, l'Australie et le Kazakhstan disposent des deux tiers des ressources mondiales. On estime que l'uranium actuellement recensé permettra de faire fonctionner toutes les centrales nucléaires du monde pendant 60 ans. Mais on est également certain qu'il reste encore de nombreux gisements non exploités.

RECYCLAGE

Le devenir du combustible

Au fil du temps, le combustible s'appauvrit en uranium 235 et ne permet plus de générer des réactions de fission. C'est pourquoi, au bout de 4 à 5 ans, on procède à son remplacement. Cette opération se déroule dans l'eau afin de se protéger des rayonnements radioactifs dangereux. Le combustible usé est stocké durant 3 ans dans une piscine de refroidissement, le temps qu'il perde peu à peu sa radioactivité. Vient ensuite l'étape de traitement, qui consiste à séparer les différents éléments du combustible. L'uranium et le plutonium récupérés sont recyclés afin qu'ils puissent être réutilisés dans une centrale nucléaire. On recycle ainsi 96 % du combustible. Les déchets ultimes, c'est-à-dire les 4 % non recyclables, sont coulés dans du verre en fusion et entreposés dans un centre surveillé sur le site de La Hague (Areva).

PRÉCAUTIONS

La déconstruction

Étape normale de la vie d'une centrale, la déconstruction se déroule en 3 temps. Une première phase de mise à l'arrêt définitif consiste à décharger le combustible et à vidanger les circuits. On élimine ainsi 99,9 % de la radioactivité. Vient ensuite le démantèlement partiel, au cours duquel l'ensemble

des bâtiments nucléaires hors réacteur est démonté. Le réacteur est quant à lui isolé, confiné et mis sous surveillance. Enfin, le démantèlement total, c'est-à-dire le démontage, le conditionnement et l'évacuation du bâtiment du réacteur, des matériaux et des équipements encore radioactifs, permet de rendre le site à nouveau utilisable.

LES 2 TYPES DE DÉCHETS RADIOACTIFS

Vie courte - vie longue



Les centrales nucléaires génèrent deux principaux types de déchets, classés en fonction de leur radioactivité et de leur durée de vie.

Les déchets à vie courte

Ce sont les déchets issus de l'exploitation, de la maintenance et de la déconstruction de la centrale. Ils perdent la moitié de leur radioactivité tous les 30 ans environ. Ils représentent 90 % du stock

des déchets radioactifs, mais ne contiennent que 0,1 % de la radioactivité totale.

Les déchets à vie longue

Issus du traitement des combustibles usés, les déchets à vie longue perdent leur radioactivité sur des durées supérieures à 30 ans. S'ils ne représentent que 10 % du stock total des déchets, ils contiennent 99,9 % de la radioactivité.

ZOOM MÉTIER

Ingénieur d'exploitation

Ses missions

- Conduire une centrale nucléaire.
- Adapter la production aux demandes du réseau et garantir la sûreté de l'installation en temps réel.

Compétences / Qualités

- Capacité à diriger une équipe.
- Rigoureux, responsable et organisé.

Études

Bac + 5 (école d'ingénieurs généralistes ou spécialisés en génie électrique ou nucléaire ; université).

Ingénieur environnement

Ses missions

- Réaliser des études environnementales liées à la construction et à la déconstruction des installations nucléaires.
- Répondre à toute demande de conseil interne et externe dans ses domaines d'activité.
- Améliorer les performances environnementales des installations.

Compétences / Qualités

- Capacité d'analyse et de pédagogie.

Études

Ingénieur diplômé ou universitaire bac + 5.



1 On ne compte pas moins de 440 centrales nucléaires dans le monde, mais leur répartition est très inégale : elle se fait en fonction des ressources des pays. Seuls une trentaine de pays en sont équipés.

2 Actuellement, une trentaine de réacteurs nucléaires sont en construction dans le monde, dont les trois quarts sur le continent asiatique, continent en plein essor. Presque autant de constructions sont en projet.

3 En France, un organisme est dédié à la gestion des déchets : c'est l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs). Il s'occupe de sites de stockage et de recherche.

4 Les sites Andra de Soulaines et Morvilliers (Aube) sont dédiés au stockage des déchets à vie courte. À Bure (Meuse), l'Andra fait des recherches sur le stockage des déchets à vie longue.

AUJOURD'HUI...

L'EPR : un réacteur de 3^e génération

Réacteur de 3^e génération, le réacteur européen à eau sous pression (EPR) est une évolution des réacteurs de 2^e génération, les REP (*lire page IV*). Véritable avancée technologique, l'EPR profite de l'expérience acquise grâce à la conception et à l'exploitation des réacteurs actuellement en fonctionnement. Plus sûr

(le risque d'accident est 10 fois plus faible), il génère 15 à 30 % de déchets en moins, sa consommation en combustible est diminuée de 17 %, pour une production égale. En France, la construction du premier EPR a débuté en 2007 sur le site de Flamanville (Manche). Sa mise en service est prévue pour 2012.

→ LE SAVIEZ-VOUS ?

Aujourd'hui, en France, on dispose d'une solution de gestion pour 90 % des déchets radioactifs (les déchets à vie courte) : le stockage. Pour les 10 % restants (les déchets à vie longue), différentes voies sont explorées, dont une appelée « stockage en formation géologique profonde ». À la différence de l'entreposage actuel, à caractère provisoire, ce stockage en sous-sol à plusieurs centaines de mètres de profondeur serait définitif, offrant néanmoins la possibilité de récupérer les déchets si nécessaire.

→ LA PHOTO



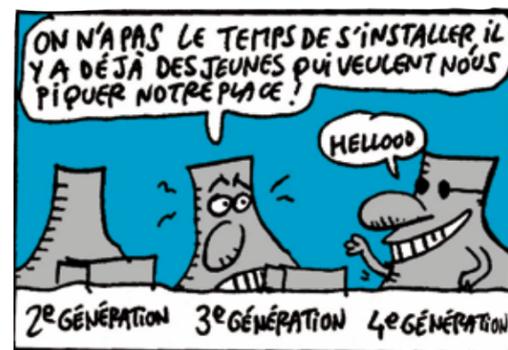
À la jumelle

Cet agent de la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux contrôle le chargement du combustible. Cette opération s'effectue uniquement lors d'un arrêt de tranche, c'est-à-dire, lorsque l'unité de production ne produit pas d'électricité. Cela permet ainsi le rechargement en combustible en vue de produire à nouveau de l'électricité.

... ET DEMAIN

Les réacteurs de la 4^e génération

Alors que les réacteurs de 3^e génération sont en construction, les chercheurs travaillent déjà sur la 4^e génération, la génération du futur. Ces projets font l'objet d'une collaboration internationale au travers du Forum international génération IV, qui regroupe actuellement 13 membres, dont la France. L'objectif est la mise au point d'une technologie plus économique, plus sûre et plus respectueuse de l'environnement, qui devrait être mise en service en 2040-2045. Pour le moment, 6 systèmes prometteurs ont été sélectionnés. Les recherches sont en cours.



EMPLOI

Les métiers de l'énergie nucléaire

Premier producteur mondial d'électricité nucléaire, EDF emploie 20 000 des 40 000 personnes qui travaillent dans le secteur du nucléaire en France. Ses missions vont de la conception à la construction des centrales, leur exploitation et leur démantèlement. Outre les compétences classiques liées à la production d'électricité, le nucléaire fait appel à des métiers

spécifiques. Le chimiste, par exemple, veille au bon déroulement des réactions dans le réacteur en réalisant des mesures et des analyses ; l'ingénieur environnement effectue un travail de terrain pour limiter l'impact environnemental de la centrale ; l'agent de protection du site, depuis la salle de contrôle, surveille et contrôle les accès au site...



INTERVIEW DE CAROLE LE BERRE, INGÉNIEUR D'EXPLOITATION

« À terme, je travaillerai depuis la salle de commande, avec une équipe de conduite »

Vous travaillez sur le site de Flamanville 3. Quelles sont ses particularités ?

La centrale Flamanville 3 est actuellement en construction. Sa mise en service est prévue en 2012. Elle sera dotée d'un réacteur de type EPR. Comme les autres réacteurs du parc nucléaire français, c'est un réacteur à eau sous pression, mais il est dit « évolutionnaire », car plus puissant et bénéficiant d'une sûreté accrue.

Quel sera votre rôle dans cette centrale ?

À terme, je serai ingénieur d'exploitation : je serai en salle de commande et je travaillerai au sein d'une équipe de conduite pour assurer en trois-huit son fonctionnement normal, ce qui demande de posséder une parfaite connaissance de la centrale. Pour le moment, je suis une formation, afin d'assimiler les nombreuses procédures indispensables au bon fonctionnement de ce type de centrale.

Avec qui travaillerez-vous au sein de la centrale ?

En tant qu'ingénieur d'exploitation, j'appartiendrai au service conduite de la centrale, constitué de techniciens et d'ingénieurs.

Quelles sont pour vous les compétences indispensables pour occuper un tel poste ?

La motivation, tout d'abord, car l'EPR est un projet très ambitieux et mon poste nécessite une grande maîtrise technique. J'ajouterai à cela beaucoup de rigueur et un investissement personnel important.

Quelle formation avez-vous suivie ?

Titulaire d'un bac S, j'ai ensuite suivi une classe préparatoire (maths sup, maths spé). Après avoir passé des concours, j'ai intégré l'École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen (EnsiCaen), en filiale électronique, option génie



Actuellement en construction, le site de Flamanville accueillera le 1^{er} réacteur EPR. Il fonctionnera en 2012.

nucléaire. J'ai effectué ma 3^e année à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) pour me spécialiser dans le nucléaire.

Ce poste est-il votre premier emploi ?

Oui, j'ai commencé tout récemment, au mois de septembre 2008. Mais j'avais déjà réalisé un stage dans l'instrumentation nucléaire, à la Nasa, aux États-Unis, au cours de ma 2^e année

d'école, puis un autre au sein d'EDF au cours de ma 3^e année d'école.

Et la suite ?

La formation que je suis actuellement se déroule d'abord à Paris, puis à Flamanville. Elle dure 2 ans. J'arriverai à Flamanville en 2009, avant la mise en service de la centrale prévue courant 2012.

Propos recueillis par L.-M Berthelot

As-tu bien lu ce dossier ?

Toutes les réponses figurent dans les pages précédentes.

L'énergie nucléaire a-t-elle encore des secrets pour toi ?

1 Qui a découvert le phénomène de radioactivité en 1896 ?

- a- Pierre et Marie Curie
- b- Ernest Rutherford
- c- Henri Becquerel

2 Comment appelle-t-on la réaction au cours de laquelle un noyau se brise en deux noyaux plus petits, en libérant de l'énergie ?

- a- la fission nucléaire
- b- la fusion nucléaire
- c- la scission nucléaire

3 Quel est le combustible le plus utilisé dans les réacteurs nucléaires ?

- a- le carbone 14
- b- l'uranium 235
- c- le plutonium 239

4 Au bout de combien de temps l'uranium perd-il de sa radioactivité quand il est plongé dans une piscine de refroidissement ?

- a- 3 mois
- b- 3 ans
- c- 30 ans

5 Qu'est-ce qui permet de transformer le mouvement de la turbine d'une centrale nucléaire en électricité ?

- a- le transformateur
- b- le pressuriseur
- c- l'alternateur

6 De quelle génération sont les réacteurs nucléaires actuellement en fonctionnement ?

- a- 1^{re} génération
- b- 2^e génération
- c- 3^e génération

7 Quelle proportion du combustible nucléaire est recyclée après utilisation dans le réacteur ?

- a- 76 %
- b- 86 %
- c- 96 %

8 En France, quel site va accueillir en 2012 le 1^{er} réacteur EPR ?

- a- Soulaives
- b- Flamanville
- c- Morvilliers

9 Quel est le pourcentage des déchets à vie longue sur l'ensemble des déchets radioactifs ?

- a- 1 %
- b- 10 %
- c- 90 %

Réponses : 1/c, 2/a, 3/b, 4/b, 5/c, 6/b, 7/c, 8/b, 9/b.

Offre d'abonnement à l'actu

6 mois = 59 € + 2 CADEAUX

au lieu de 72 € (prix de vente au numéro)

- Le répertoire de l'actu - Format : 9 x 5,9 cm - 15 fiches.
- Les marque-pages de l'actu - Format : 6 x 18 cm - 5 fiches.

Oui, j'abonne mon enfant à l'actu.

J'ai bien noté qu'il recevra l'actu chaque jour, du lundi au samedi inclus, pendant 6 mois environ. Il recevra ses cadeaux sous 3 semaines.

Je règle la somme de 59 € par :

- chèque bancaire ou postal, à l'ordre de l'actu
- carte bancaire n°

Expire fin / / Date et signature obligatoires :

Les 3 derniers chiffres au dos de ma carte

Offre valable uniquement en France métropolitaine. Pour les tarifs dans les DOM-TOM et à l'étranger, nous contacter. www.playbac.fr

En vertu de la loi du 06/01/1978, le droit d'accès et de rectification concernant les abonnés peut s'exercer auprès du Service abonnements. Sauf opposition formulée par écrit, ces données peuvent être communiquées à des organismes extérieurs.

Coordonnées de l'abonné(e)

CCG

Prénom
 Nom
 Adresse
 Code postal Ville
 Tél. Date de naissance / /
 Sexe G - F E-mail*

À renvoyer à : l'actu - BP 90006 - 59718 LILLE CEDEX 9
 Service abonnements : 0825 093 393 (0,15€ TTC/min) du lundi au vendredi : 9 h - 17 h 30

* Pour recevoir nos offres commerciales et celles de nos partenaires.

l'actu

Play Bac Presse SARL*, 14 bis, rue des Minimes, 75140 Paris Cedex 03
 Rédaction : 14 bis, rue des Minimes, Paris III^e

ABONNEMENTS :
 L'ACTU - BP90006 - 59718 LILLE CEDEX 9
 TÉL. : 0825 093 393 (0,15€ TTC/MIN) Fax : 03 20 12 11 12

Direction de la publication : Jérôme Saltet
 Directrice adj. de la publication : Martine Dyrszka
 Rédacteur en chef : François Dufour
 Rédacteur en chef technique : Vincent Gerbet
 Responsable fabrication : Micheline Letellier
 Secrétaire de rédaction : M. Le Breton, J. Arnaud
 Rédaction : Louis-Marie Berthelot
 Iconographe : Sébastien Courteux
 Dessinateur : Yacine - Révision : C. Derouet
 Abonnements : Martine Dyrszka et Mélanie Jalans
 Partenariats : Anne-Lous Plantinga (01 53 01 24 57) et Céline Chanut (01 53 01 24 05)
 Créa promotion : A. Gronier, A. Sueur
 Relation lecteurs : lactu@playbac.fr

CIC : 30066 10808 00010601001 31 - *Gérant Jérôme Saltet, Associés : Groupe Play Bac, Financières F. Dufour, G. Burrows, J. Saltet, Comité de direction : F. Dufour, J. Saltet, M. Dyrszka, Dépôt légal : mai 1997, CPPAP n° 0608 C 77649, Imprimerie : Quebecor, Loir n° 49-956 du 16 juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse. Conception : Mignon-Media
 Imprimeur : Circleprinters - Réf. ENE124-2009 - Papier à base de bois issu de forêts gérées durablement.

Photos non contractuelles.