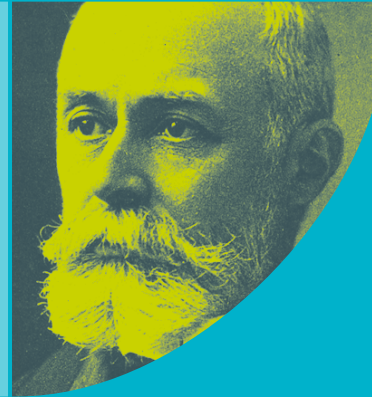




α

?



En savoir plus sur

la radioactivité

A
AREVA

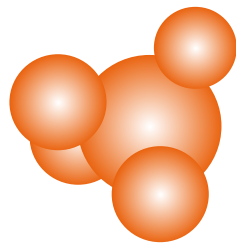
Qu'est-ce que la radioactivité ?

La matière est constituée de grains infiniment petits appelés «atomes». Ces atomes sont eux-mêmes formés d'un noyau autour duquel gravitent des électrons. Certains noyaux sont stables, leur durée de vie est infinie. D'autres noyaux sont instables, c'est-à-dire qu'ils se modifient spontanément en émettant un ou plusieurs rayonnements. On dit alors qu'ils sont radioactifs. De cette manière, le polonium 210 radioactif se transforme spontanément en plomb 206 stable.

Certains éléments possèdent à la fois des isotopes* stables et des isotopes instables. C'est par exemple le cas du carbone : le carbone 12, le plus courant, est stable, alors que le carbone 14 est radioactif. D'autres éléments (28 sur les 109 connus actuellement) n'existent que sous forme d'isotopes radioactifs. Il s'agit par exemple de l'uranium, du plutonium et du radium.

* Les isotopes d'un élément ont des propriétés chimiques identiques, mais diffèrent par leur masse atomique.

D'où vient la radioactivité ?

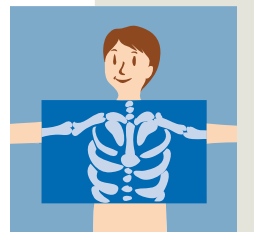
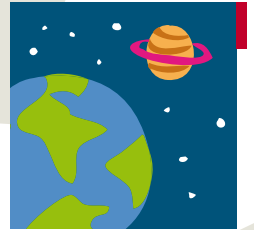


La radioactivité fait partie de la vie de l'univers. Sans aucune intervention humaine, elle est présente partout.

L'atmosphère et la croûte terrestre contiennent des éléments radioactifs.

Depuis la production, en 1934, du premier noyau radioactif artificiel, une part de la radioactivité globale est d'origine artificielle.

Les rayonnements émis par les radioéléments artificiels sont exactement du même type que ceux émis par les radioéléments naturels.



Histoire

La radioactivité a été découverte en 1896 par **Henri Becquerel** qui effectuait des recherches sur les rayonnements X mis en évidence peu auparavant par Wilhelm Röntgen. En 1898, Pierre et Marie Curie découvrent le radium et proposent le nom de «radioactivité» pour décrire le phénomène des rayonnements. En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie créent la radioactivité artificielle.

Dès la formation de la Terre, il y a environ cinq milliards d'années, la matière était constituée d'éléments radioactifs et d'éléments stables. Depuis, la radioactivité n'a cessé de décroître puisque de nombreux atomes radioactifs se sont transformés pour l'essentiel en éléments stables. Certains continuent leur mutation, alors que d'autres se forment toujours. La radioactivité naturelle est également présente dans les organismes vivants : les tissus organiques et les os contiennent des éléments indispensables à la vie qui possèdent des isotopes radioactifs, comme le potassium 40 ou le carbone 14.

➤ **70 %**
de la radioactivité à laquelle l'homme est exposé est naturelle

La radioactivité naturelle provient essentiellement de quatre sources :

LES RAYONNEMENTS COSMIQUES

viennent du soleil et de l'espace. Ils varient avec la latitude et surtout avec l'altitude : l'exposition passe de 0,5 mSv (millisievert) par an et par personne au niveau de la mer à 1,7 mSv par an et par personne à 4 000 m d'altitude.



L'AIR AMBIANT

diffuse des émanations de radon, un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium présent dans l'écorce terrestre. Ce gaz, ainsi que les produits qui en dérivent, se fixe dans les voies respiratoires. «L'équivalent de dose» moyen dans les maisons françaises est de 1,3 mSv par personne et par an. Il est variable selon la nature du sol, les matériaux de construction et la ventilation.

LES RAYONNEMENTS TELLURIQUES

sont émis par de nombreux éléments radioactifs présents dans l'écorce terrestre, comme l'uranium et le thorium. Ils varient selon la nature du sol et changent ainsi d'une région à l'autre : l'exposition passe de 0,5 mSv par personne et par an en moyenne dans le Bassin Parisien à 1 mSv en Bretagne ou dans le Massif Central contre 8 à 17,5 mSv dans certaines régions du Brésil.



LES ALIMENTS ET LES BOISSONS

absorbés contiennent des éléments radioactifs. Après ingestion, ces éléments viennent se fixer dans les tissus et les os. Ainsi, l'organisme humain compte en moyenne 4 500 Bq (becquerel) en potassium 40 et 3 700 Bq en carbone 14. L'irradiation interne représente en moyenne 0,2 mSv par personne et par an.

Les applications des rayonnements ionisants sont multiples

L'IRRADIATION MÉDICALE

constitue la source d'exposition la plus importante du fait du développement de la radiothérapie, de la médecine nucléaire et des cures thermales (certaines eaux minérales sont riches en radium et en thorium). Dans les pays les plus industrialisés, une personne reçoit chaque année un équivalent de dose de 1,8 mSv. La moyenne mondiale est de 0,6 mSv par an et par personne.

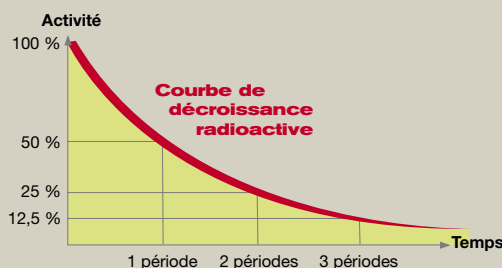
LES APPLICATIONS TECHNIQUES ET INDUSTRIELLES

constituent également une source de radioactivité. Les industries minières extractives, les retombées atmosphériques des essais militaires ou, plus quotidiennement, l'exposition aux rayonnements émis par les téléviseurs ou les écrans informatiques, entraînent un équivalent de dose de 0,1 mSv par personne et par an. L'ensemble des filières de production d'électricité d'origine nucléaire compte pour moins de 0,01 mSv par personne et par an.

➤ **30 %**
de la radioactivité à laquelle l'homme est exposé provient des applications des rayonnements ionisants

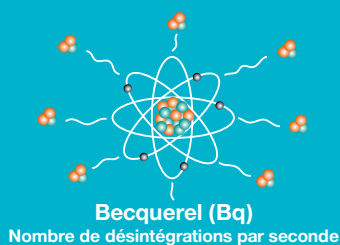
Qu'est-ce que la période radioactive ?

L'activité radioactive d'un échantillon est déterminée par le nombre de noyaux qui s'y transforment en une seconde. Elle diminue avec le temps, suivant une courbe de décroissance radioactive. Cette courbe permet de définir la période radioactive de l'élément, qui correspond au temps au bout duquel l'activité de l'échantillon a diminué de moitié.



Exemples de périodes radioactives	
uranium 238	4,47 milliards d'années
uranium 235	704 millions d'années
carbone 14	5 730 ans
radium 226	1 600 ans
césium 137	30,2 ans
cobalt 60	5,27 ans
phosphore 30	2,55 minutes
hélium 6	0,82 seconde

LES MESURES DE LA RADIOACTIVITÉ



La radioactivité est un phénomène quantifiable. Il existe trois unités de mesure internationales. Chacune se rapporte à des données de nature différente :

• **L'activité radioactive** se mesure en **becquerel (Bq)**. Elle permet de quantifier le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs qui se produisent chaque seconde dans un échantillon. Ainsi, environ 9 000 atomes se désintègrent chaque seconde dans le corps d'une personne de 70 kg : son activité est donc de 9 000 Bq. L'ancienne unité est le curie, qui vaut 37 milliards de becquerels.

• **La quantité de rayonnements absorbés** par un organisme ou un objet exposé aux rayonnements se mesure en **gray (Gy)**. C'est une mesure d'énergie représentant 1 joule par kilogramme de matière. Ainsi, dans la région du Massif Central, un objet ou un

organisme absorbe 200 milliardièmes de gray par heure. Le gray a remplacé le rad (1/100^e de gray) en 1986.

• **Les effets biologiques des rayonnements sur l'organisme exposé** se mesurent en **sievert (Sv)**. C'est une unité de radioprotection. Elle s'exprime en «équivalent de dose» et prend en compte les caractéristiques du rayonnement et de l'organe irradié. Le sievert a remplacé le rem (1/100^e de Sv) en 1986. Le millisievert (mSv), ou millième de sievert, est très souvent utilisé. Dans le monde, «l'équivalent de dose» dû à l'exposition naturelle se situe, en moyenne, à 2,4 mSv par an et par personne.

Les effets de la radioactivité sur l'organisme

Les effets des rayonnements sur l'organisme sont très variables selon la dose reçue, le temps et le mode d'exposition et la nature du radioélément impliqué. Les voies d'atteinte sont l'irradiation externe et la contamination. Lorsqu'il se trouve sur la trajectoire des rayonnements, l'homme est irradié. Il est contaminé s'il touche, respire ou avale une substance radioactive.

Le phénomène d'ionisation

Les rayonnements alpha, bêta, gamma et X perturbent l'organisation de la matière vivante. Les atomes placés sur leurs trajectoires peuvent perdre un ou plusieurs électrons. Ces atomes se transforment alors en «ions» qui, chargés électriquement, vont à leur tour perturber l'organisation des molécules ou des cellules dont ils sont les constituants. Voilà pourquoi les rayonnements radioactifs sont dits «ionisants». Ce phénomène d'ionisation est le principal mécanisme par lequel la radioactivité agit sur la matière. La radioactivité est détectée et mesurée grâce à des appareils (compteurs Geiger, chambres d'ionisation, scintillateurs) ou des dispositifs (films photographiques) qui utilisent les propriétés des rayonnements. Ces mesures atteignent une très grande précision. La radioactivité naturelle n'a pas d'effet décelable : elle n'entraîne pas de dommages sanitaires apparents et l'organisme l'intègre comme un composant naturel du processus biologique.

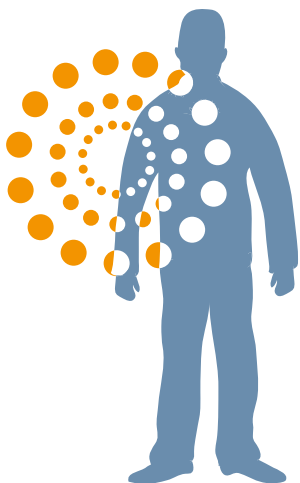
Les effets pathologiques des rayonnements

La connaissance des effets provoqués par la radioactivité vient de l'analyse de cas réels d'irradiation sur des personnes accidentellement exposées ou médicalement traitées, d'enquêtes épidémiologiques sur des populations fortement exposées (survivants d'Hiroshima et de Nagasaki par exemple) et d'études expé-

riméntales. Une échelle des risques liés à la radioexposition a ainsi été élaborée.

• **Les effets précoces des rayonnements ionisants.** Ils sont observables seulement en cas d'exposition à des doses fortes de rayonnements et à partir d'un certain seuil (0,2 sievert). Ils varient suivant la dose reçue, depuis la modification passagère de la formule sanguine sans signe clinique (vers 0,3 sievert) jusqu'à la dose mortelle au-delà de toute ressource thérapeutique (au-dessus de 15 sieverts).

• **Les effets tardifs des rayonnements ionisants.** Les rayonnements agissent en particulier sur les molécules d'ADN et peuvent entraîner l'apparition d'effets pathologiques différés (cancer, leucémie, altérations génétiques). Ces effets sont aléatoires, c'est-à-dire qu'ils n'apparaissent pas systématiquement. Il est usuellement considéré que la probabilité de leur apparition est proportionnelle à la dose délivrée de rayonnement (plus la dose est faible, plus la probabilité d'apparition d'un cancer est faible). Partant de cette approche, les instances institutionnelles de radioprotection françaises ont, par mesure de prudence, fixé des niveaux limites d'exposition à la radioactivité artificielle très bas : 1 millisievert par an sur le public et 20 millisieverts par an pour les professionnels travaillant dans le domaine du nucléaire. Ces limites sont respectivement 1000 et 50 fois inférieures aux doses entraînant les premiers signes observables de pathologie précoce.





Pour se protéger de la radioactivité

L'observation de règles strictes permet de se protéger de l'irradiation et de la contamination par des sources radioactives.

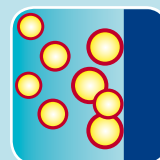
Trois types de protection peuvent être mis en place



La distance mise entre l'organisme et la source radioactive est la première des mesures de sécurité. Une zone de sécurité est ainsi délimitée autour des sites exposés et toutes les manipulations s'y effectuent à distance.



La durée d'exposition aux rayonnements est contrôlée dans les zones exposées. La nocivité des rayonnements dépend de la dose reçue, qui augmente avec la durée d'exposition.



Des écrans de protection en plomb, en métal ou en béton d'épaisseur adaptée stoppent les rayonnements. Quelques mètres d'eau constituent également une protection efficace. Le port de scaphandres de protection isole les professionnels du risque de contamination par des sources radioactives non scellées.

Une stricte réglementation

L'objectif de la radioprotection est d'empêcher toute personne d'être exposée à des doses excessives de radioactivité.

Les limites de dose ont été fixées à des taux volontairement très bas afin d'être des limites de sécurité et non des limites de danger. Elles concernent aussi bien le public que les professionnels travaillant dans les secteurs d'utilisation de l'énergie nucléaire (hôpitaux, centrales nucléaires...). Les doses délivrées sont systématiquement

contrôlées et mesurées. Des dosimètres individuels permettent de déterminer la dose reçue par chaque personne travaillant en milieu à risque. Des mesures des niveaux de radioactivité de l'environnement sont réalisées aux alentours des installations où sont manipulés des produits radioactifs et les doses reçues par le public sont évaluées.

Des organismes scientifiques internationaux, comme la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) ou le Comité scientifique des Nations

Unies sur les effets des rayonnements (UNSCEAR), ou nationaux dépendant des pouvoirs publics, sont chargés d'édicter des recommandations ou de veiller à l'application stricte des réglementations et au respect des normes de protection. En France, c'est l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), autorité administrative indépendante créée par la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, qui est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles.

LES RAYONNEMENTS RADIOACTIFS

Lors de leur désintégration nucléaire, les radioéléments émettent des rayonnements. Ces rayonnements, de nature très différente, se classent selon leur pouvoir de pénétration dans la matière.

Les rayons peu pénétrants sont les rayons alpha (α).

Ils résultent de l'expulsion d'un noyau d'hélium, de charge positive (2 protons et 2 neutrons). Leur portée dans l'air est de 2,5 cm à 8,5 cm. Une feuille de papier ou la couche externe de la peau les arrêtent.



Les rayons bêta (β) sont plus pénétrants.

Ils résultent de l'expulsion d'un électron. Leur portée dans l'air est de quelques mètres. Ils peuvent traverser la couche superficielle de la peau. Une feuille d'aluminium ou une vitre les arrêtent.



Les rayons très pénétrants sont les rayons gamma (γ).

Ils résultent de l'expulsion d'un photon. Ils sont de nature électro-magnétique, comme la lumière ou les rayons X. Ils voyagent à la vitesse de la lumière. De fortes épaisseurs de matériaux compacts (béton, plomb...) sont nécessaires pour les arrêter.



Les utilisations de la radioactivité

Dans le domaine médical

Le radiodiagnostic permet d'explorer le corps humain et de dépister certaines maladies. Le principe consiste à injecter dans l'organisme certains radioéléments et à observer leur parcours et leur comportement. On parvient ainsi à établir avec précision la morphologie des organes examinés et à détecter les anomalies anatomiques et de fonctionnement.

La médecine nucléaire fait appel à de nombreuses techniques liées aux propriétés de la radioactivité. L'examen par scintigraphie permet de visualiser sur ordinateur les informations recueillies par des détecteurs très perfectionnés comme les gammacaméras. L'examen par caméra à émission de positons permet de mettre en évidence les processus complexes de fonctionnement de certains organes, en suivant la manière dont sont métabolisés des radioéléments qui ont été injectés au patient.

La radiothérapie utilise l'énergie des rayonnements ionisants pour détruire les cellules cancéreuses. Ces rayonnements peuvent être appliqués de l'extérieur par radiothérapie transcutanée («bombe» au cobalt 60) ou de l'intérieur par endo-curiethérapie (au moyen d'aiguilles implantées près de la tumeur). En France, 30 000 cancers sont guéris chaque année par radiothérapie.

Dans le domaine industriel

La production d'électricité Aujourd'hui, 17 % de l'électricité mondiale est produite par les centrales nucléaires. En France, près de 80 % de l'électricité est d'origine nucléaire.

La radiographie industrielle sert à radiographier des pièces métalliques et à vérifier des soudures. Cette gammagraphie est largement utilisée en métallurgie ou en aéronautique.

Les jauges à radio-isotopes mesurent l'intensité d'un rayonnement à la source et à l'arrivée. Elles permettent de jauger le niveau d'un liquide (vérification du remplissage d'un réservoir, d'un silo) ou de contrôler l'épaisseur, la densité ou l'homogénéité d'un matériau.

Les détecteurs à ionisation permettent de mettre en évidence la présence de différents gaz dans l'air ambiant. Leur utilisation est multiple (détecteurs d'incendie, dosage du grisou dans les mines).

L'irradiation industrielle permet d'élaborer des matériaux plus résistants et plus légers. Ses applications sont nombreuses en médecine et dans l'industrie (prothèses plus légères, câbles électriques plus résistants).

Les traceurs industriels servent à détecter les fuites de liquide ou de gaz dans les canalisations enterrées ou inaccessibles grâce à la propriété qu'ont les radioéléments d'être détectés d'une façon extrêmement précise. Ils permettent aussi d'étudier les parcours souterrains de l'eau ou des polluants éventuels et de suivre les mouvements des sables et des vases lors de l'étude des ports et des estuaires.

Dans le domaine agro-alimentaire

L'ionisation des produits agro-alimentaires (pommes de terre, oignons, fraises...) par des rayons gamma, des faisceaux d'électrons ou des rayons X, permet d'obtenir de meilleures conditions de conservation : arrêt de la germination, destruction des parasites et des micro-organismes. Cette technique, d'utilisation courante dans de nombreux pays dont la France, ne rend pas le produit radioactif et n'altère pas sa qualité nutritive.

L'amélioration des cultures est possible par «radiomuta-génèse» : l'exposition de plantes (blé, orge, riz...) aux rayons gamma provoque la mutation de certains de leurs gènes. On sélectionne ensuite les souches mutantes les plus résistantes aux maladies ou aux intempéries ou encore celles qui sont adaptées à un sol défavorable.

Des traitements irradiants ont été mis au point pour stériliser certains types d'insectes mâles (mouches tsé-tsé...) afin de protéger les hommes et les cultures : la population des insectes nuisibles diminue ainsi progressivement par radiostérilisation, sans utilisation d'insecticides.

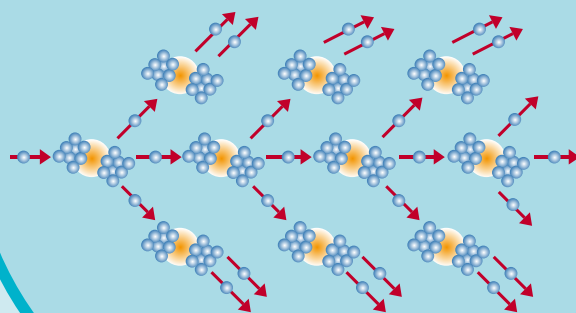
Dans le domaine culturel

La datation au carbone 14 en archéologie est l'application pratique de la règle de décroissance radioactive. Cette propriété permet de calculer le moment où le radioélément a été incorporé à l'échantillon que l'on souhaite dater. Le carbone 14, le thorium 232 et le potassium 40 permettent de dater des fossiles, des ossements ou des minéraux dont les âges peuvent atteindre 1 milliard d'années.

La conservation du patrimoine a recours à des traitements par irradiation aux rayons gamma qui éliminent les insectes, les champignons ou les bactéries responsables de dégradations souvent irréversibles (la momie de Ramsès II a bénéficié d'un tel traitement en 1976). Les traitements par imprégnation d'une résine, durcie sous l'effet des radioéléments, permettent également de consolider les matériaux constitutifs de l'œuvre à restaurer.

Schéma de la réaction en chaîne

La multiplication des fissions engendre de grandes quantités d'énergie.



Exemples de niveaux d'irradiation

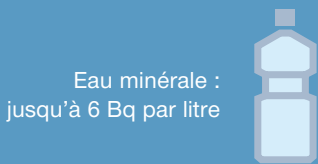
(exprimés en mSv/personne/an)

Irradiation moyenne due aux centrales nucléaires en France	0,01 mSv
Irradiation entraînée par un vol Paris-New-York	0,02 mSv
Irradiation entraînée par une radiographie des poumons	0,3 mSv
Irradiation due à la radioactivité naturelle en France	1 à 2 mSv
Irradiation globale (naturelle + artificielle) de la population française	2 à 3 mSv
Irradiation naturelle globale de la population mondiale	2,4 mSv

Exemples d'activité naturelle



Eau de pluie :
0,3 à 1 Bq par litre



Eau minérale :
jusqu'à 6 Bq par litre



Eau de mer :
10 à 13 Bq par litre



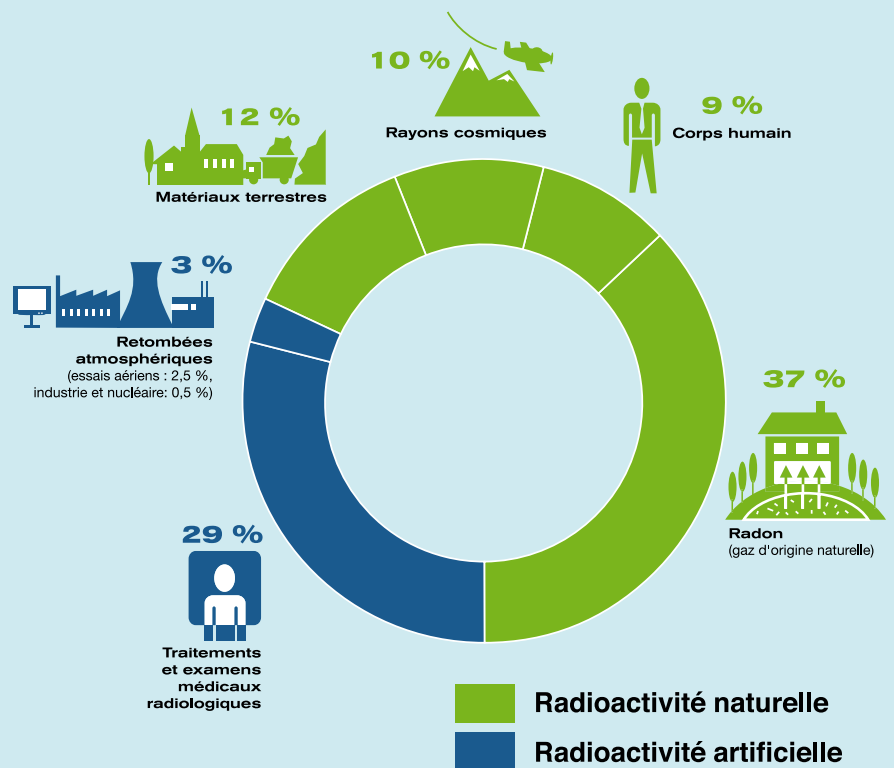
Lait :
50 à 80 Bq par litre



Corps humain :
environ 130 Bq par kilo

1 gramme de radium :
37 milliards de Bq

Répartition en France des différentes sources d'exposition



Pour en savoir plus

Les Rayonnements nucléaires, par Pierre Radvanyi. Collection Que-sais-je ? Presses Universitaires de France.

L'Énergie, par Jean-Louis Bobin. Collection Dominos, Flammarion.

Radiologie et radioprotection, par Maurice Tubiana. Collection Que-sais-je ? Presses Universitaires de France.

La Radioactivité et ses applications, par Maurice Tubiana et Robert Dautray. Collection Que-sais-je ? Presses Universitaires de France.

AREVA fournit à ses clients des solutions pour produire de l'électricité avec moins de CO₂. L'expertise du groupe et son exigence absolue en matière de sûreté, de sécurité, de transparence et d'éthique font de lui un acteur de référence, dont le développement responsable s'inscrit dans une logique de progrès continu.

Numéro un mondial du nucléaire, AREVA propose aux électriciens une offre intégrée unique qui couvre toutes les étapes du cycle du combustible, la conception et la construction de réacteurs nucléaires et les services associés. Le groupe développe par ailleurs ses activités dans les énergies renouvelables – éolien, solaire, bioénergies, hydrogène et stockage – pour devenir d'ici à 2012 l'un des trois leaders mondiaux de ce secteur.

Grâce à ces deux grandes offres, les 48 000 collaborateurs d'AREVA contribuent à fournir au plus grand nombre, une énergie toujours plus sûre, plus propre et plus économique.

www.aveva.com

AREVA

33, rue La Fayette - 75442 Paris cedex 09 - Tél. : +33 (0)1 34 96 00 00 - Fax. : +33 (0)1 34 96 00 01

L'énergie est notre avenir, économisons-la !