

Glossaire

A

absorption/désorption solide : phénomènes d'échanges entre une phase gazeuse et une phase solide, se traduisant par l'établissement/la rupture de liaisons entre les molécules ou atomes constituant le gaz et le substrat. Les molécules ou atomes de gaz pénètrent le matériau.

accumulateur : dispositif de stockage de l'énergie électrique sous forme chimique. Il est basé sur un système électrochimique réversible, c'est-à-dire qu'il est rechargeable.

acide aminé : molécule organique constituant de base des **protéines** contenant un groupement amine (NH_2) et un groupement carboxylique (COOH). Dans un **acide α -aminé**, le groupement amine et le groupement carboxylique sont liés au même atome de carbone.

actinides : **radioéléments** naturels et/ou artificiels de **numéro atomique** compris entre 89 (actinium) et 103 (lawrencium) ; **actinides majeurs** : noyaux lourds d'**uranium** et de **plutonium** présents ou formés dans le **combustible** nucléaire ; **actinides mineurs** : noyaux lourds formés en relativement faibles quantités dans un réacteur par captures successives de neutrons par des noyaux du combustible. Ce sont principalement le neptunium, l'américium et le curium.

activation : processus par lequel certains **nucléides** initialement stables, en particulier au sein des matériaux de structure des réacteurs et des éléments **combustibles**, sont rendus **radioactifs** par bombardement par des neutrons (activation neutronique) ou d'autres particules.

activité : nombre de **désintégrations** par unité de temps au sein d'un **radionucléide** ou d'un mélange de radionucléides, exprimé en **becquerel (Bq)**. La haute activité atteint plusieurs milliards de becquerels par gramme.

adiabatique : se dit des transformations qui s'effectuent sans échange de chaleur avec l'extérieur.

ADN : acide désoxyribonucléique, support de l'information **génétique** au sein de la cellule vivante.

adsorption : fixation d'atomes ou d'une phase vapeur ou liquide à la surface d'un milieu solide.

alcalino-terreux (métaux) : métaux appartenant au groupe IIA (colonne 2) de la classification périodique des éléments (béryllium, magnésium, calcium, strontium, baryum et radium).

alcalins (métaux) : métaux appartenant au groupe IA (colonne 1) de la classification périodique des éléments (lithium, sodium, potassium, rubidium, césium et francium).

alcane : **hydrocarbures** saturés de formules brutes $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ pour les non cycliques (linéaires ou ramifiés) et C_nH_{2n} pour les cycliques. Le **n-hexane** est un alcane non cyclique de formule C_6H_{14} .

algorithme : enchaînement des opérations logico-mathématiques nécessaires à l'accomplissement d'un calcul.

algues vraies : elles résultent de l'inclusion d'une **cyanobactérie** ancestrale à l'intérieur d'une cellule eucaryote primitive (**endosymbiose primaire**). Ces algues, dont le patrimoine **génétique** est contenu dans un noyau (eucaryotes), regroupent les algues rouges, les glaucocystophytes et les algues vertes. Plusieurs possèdent des flagelles qui leur permettent de se déplacer. Certaines algues vertes sont à l'origine des plantes terrestres.

anaérobie : qui se développe ou fonctionne en l'absence totale d'oxygène.

angström (Å) : $1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ mètre.

assemblage (combustible) : ensemble d'éléments **combustibles** chargé d'un seul tenant dans un réacteur nucléaire.

autodécharge (d'un accumulateur) : le taux d'autodécharge d'un **accumulateur** correspond à la perte moyenne relative de la charge stockée, en dehors de toute utilisation, par mois et pour une température donnée, généralement 20°C .

B

bactérie : microorganisme vivant, généralement unicellulaire, sans noyau (procaryote) et se multipliant rapidement, mesurant typiquement entre 0,2 et 2 **micromètres**.

bar : unité de pression ; $1 \text{ bar} = 10^5$ **pascals** (unité légale **Pa**).

bascules synchrones (flip-flops) : éléments de mémorisation distribués dans un circuit intégré, les *flip-flops* permettent de synchroniser le circuit sur une horloge et contiennent toutes les données actives du calcul à un moment donné. Elles sont typiquement constituées de deux cellules SRAM (*Static Random-Access Memory*, mémoire volatile, extrêmement rapide et peu dense) et sont volatiles (elles nécessitent une alimentation électrique pour conserver l'information).

batterie : assemblage d'**accumulateurs** (cellules élémentaires). Les assemblages d'accumulateurs peuvent être aussi appelés **modules**, lorsque la tension unitaire est dans la gamme TBTS (Très Basse Tension de Sécurité < 50V). Les **packs batteries** installés dans les véhicules électriques sont constitués d'un assemblage de modules.

becquerel (Bq) : du nom du physicien français Henri Becquerel. Unité de mesure de l'**activité** nucléaire ($1 \text{ Bq} = 1$ désintégration de noyau atomique par seconde).

biodiesel : **diesel** obtenu à partir de **biomasse** végétale (plantes oléagineuses de grande culture [1^{ère} génération], résidus forestiers, déchets agricoles [2^e génération], microalgues [3^e génération]).

bioéthanol : **éthanol** obtenu à partir de plantes sucrières (betterave, canne à sucre...) ou céréalières (blé, maïs...) [bioéthanol de 1^{ère} génération], à partir de résidus forestiers et de déchets agricoles [bioéthanol de 2^e génération], à partir de microalgues ou **cyanobactéries** [bioéthanol de 3^e génération].

biokérosène : **kérosène** obtenu à partir de **biomasse**.

biomasse : masse de matière vivante, végétale à plus de 99 %, présente à la surface de la Terre.

bitume : matière organique naturelle ou issue de la distillation du pétrole, constituée d'un mélange d'**hydrocarbures**, très visqueuse, voire solide, à température ambiante, de couleur noire. Il entre dans la composition de l'asphalte.

boîte quantique : composant de dimension **nanométrique** dans lequel chaque électron n'a plus aucun degré de liberté, contraint par un **semi-conducteur** de plus grande **bande interdite**.

breakeven (point de) : point d'équilibre énergétique du **plasma**, où la puissance produite par les réactions de **fusion** au sein du plasma est égale à la puissance injectée pour entretenir la configuration et chauffer le plasma.



C

caloporteur : fluide (gaz ou liquide) utilisé pour extraire la chaleur produite par les **fissions** dans un réacteur nucléaire.

capacité (d'une batterie) : quantité d'électricité stockée : **charge** stockée. Elle est exprimée en **ampère-heure (A·h)**.

catalyse : processus impliquant une substance (**catalyseur**) capable d'accélérer une réaction chimique. En principe, le catalyseur n'est pas consommé et est restitué en fin de la réaction.

cathode (d'un téléviseur) : dans un tube cathodique, la cathode est l'**électrode** qui, chauffée, émet des électrons. Ceux-ci sont ensuite accélérés par le champ électrique existant entre cette cathode et l'anode. Ils viennent frapper l'écran, sur lequel est déposée une couche électroluminescente réagissant au choc des électrons, en créant un point lumineux.

cellule (photovoltaïque) : unité de base qui permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau **semi-conducteur** de charges électriques positives et négatives.

cellulose : constituant principal de la paroi des cellules végétales. Il s'agit d'un **polymère** linéaire de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$, formé d'unités de glucose.

charge électrique (d'une batterie) : quantité d'électricité que peut faire circuler une **batterie** lors de son utilisation. Elle se mesure en **ampère-heure (A·h)**.

coefficient de vidange ou de vide : coefficient qui traduit la variation du facteur de multiplication (rapport, pour un intervalle de temps donné, du nombre de neutrons produits par **fission** au nombre de neutrons disparus) d'un réacteur lorsque le **caloporteur** forme plus de vides (comme des bulles) que la normale. Si ce coefficient est positif, un excès se traduira par une augmentation de la **réactivité** et de la puissance. S'il est négatif, cet effet tendra à arrêter le réacteur. Le coefficient de vide a pour unité le dollar ou le pcm.

cogénération : utilisation de l'énergie thermique d'une chaudière (par exemple un réacteur nucléaire) pour plusieurs applications, comme la production simultanée d'électricité et de chaleur.

combustible (nucléaire) : matière **fissile** qui permet d'assurer par une géométrie adaptée l'entretien d'une **réaction en chaîne** dans le cœur d'un réacteur ; **combustible usé** : combustible qui, ne permettant plus d'entretenir la réaction nucléaire, est déchargé du réacteur.

complexe : édifice constitué par un ion métallique central auquel se lient d'autres ions ou molécules, appelés **ligands**.

conditionnement (des déchets radioactifs) : ensemble des opérations successives à réaliser pour mettre le **déchet** sous une forme stable, sûre, et qui permette sa gestion ultérieure, qu'il s'agisse d'**entreposage**, de **transmutation** ou de **stockage**. Ces opérations peuvent comprendre notamment le compactage, l'enrobage, la fusion, la **vitrification**, la mise en conteneur.

conductivité thermique : caractérise la capacité d'un matériau à conduire la chaleur.

convection : ensemble des mouvements générés dans un fluide du fait des différences de densité et de température en divers endroits. La **convection naturelle** est le transport automatique de la chaleur par cette circulation, la **convection forcée** fait intervenir des mécanismes, comme des pompes.

coordination : liaisons qu'un ion établit avec des atomes donneurs d'électrons. Le **nombre de coordination** est le nombre de liaisons qu'un ion est capable d'établir avec de tels atomes.

craquage ou cracking : modification de la structure moléculaire d'un **hydrocarbure** sous l'effet de la chaleur, de la pression et parfois d'un **catalyseur**.

cryogénique : littéralement « produisant du froid » ; par extension : « en rapport avec les basses températures » (les liquides cryogéniques ont des points d'ébullition inférieurs à -150°C).

CVD (Chemical Vapor Deposition, dépôt chimique en phase vapeur) : méthode de préparation de couches (épaisseurs pouvant varier de quelques dizaines de **nanomètres** à une centaine de **micromètres**) par dépôt en phase vapeur formé par réaction chimique à partir d'un milieu gazeux de composition différente.

cyanobactéries (du grec kuanos, bleu sombre) : bactéries capables de transformer l'énergie lumineuse par **photosynthèse** oxygénique (de la même manière que les plantes). Les cyanobactéries vivent aujourd'hui un peu partout, dans les océans, les eaux douces et aussi sur la terre.

cyclabilité : exprimée en nombre de **cycles**, elle caractérise le nombre de fois qu'un générateur électrochimique peut restituer une **charge** supérieure à un seuil défini (généralement 80 % de la **capacité** initiale). Elle dépend fortement du type de sollicitations et du positionnement de ce seuil.

cyclage : alternance de charge et de décharge.

cycle (d'une batterie) : il correspond à la succession d'une charge et d'une décharge.

cycle d'irradiation (en réacteur) : période de fonctionnement d'un réacteur nucléaire entre deux rechargements successifs (partiels ou non) de **combustible**.

cycle fermé (du combustible) : le cycle est dit « fermé » lorsque le **combustible usé** est **traité** à des fins de **recyclage**, « ouvert » dans le cas contraire.

D

déchet radioactif : substance **radioactive** pour laquelle aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. Les **déchets radioactifs ultimes** sont des déchets radioactifs qui ne peuvent plus être **traités** dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux.

décroissance radioactive : diminution au cours du temps de l'**activité** d'une substance **radioactive** par **désintégration radioactive** de ses noyaux constituants.

démixtion : phénomène de micro-séparation de phases de compositions différentes dans un mélange ou un alliage lorsqu'un composé en solution du mélange a dépassé sa limite de solubilité.

densité de courant : dans une **batterie** ou dans une supercapacité, courant délivré par unité de surface d'**électrode** (A/cm^2) .

densités d'énergie massique ou volumique : elles correspondent respectivement à la quantité d'énergie stockée par unité de masse (**Wh/kg**) ou de volume (**Wh/L**) d'un **accumulateur** ou d'une supercapacité.

densités de puissance massique ou volumique : énergie par unité de temps (puissance) que peut **délivrer** l'unité de masse (**W/kg**) ou de volume (**W/L**) d'un **accumulateur** ou d'une super-capacité.

désintégration radioactive : processus par lequel un noyau ou une particule se décompose en plusieurs fragments (particules et noyaux, qui constituent les *produits de désintégration*, photons) pour atteindre un état de plus basse énergie, donc plus stable, les caractéristiques de cette transformation ne dépendant que de l'état du noyau (de la particule) de départ et non du processus qui l'a produit.

deutérium (D) : un des deux **isotopes** « lourds » de l'hydrogène. Son noyau comporte un proton et un neutron.

diesel (ou gazole) : carburant liquide incolore à jaune, issu du raffinage du pétrole. Il est pratiquement insoluble dans l'eau et sa température d'auto-inflammation atteint 220 °C.

diméthyl-éther (DME) : composé chimique de formule $\text{CH}_3\text{—O—CH}_3$ se présentant à l'état liquide à 20 °C sous une pression de 5,3 bars.

diode électroluminescente (DEL) : composant opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique : l'émission d'un photon est liée à la recombinaison d'un électron et d'un trou dans un **semi-conducteur**. Le processus élémentaire associé est inverse de celui en œuvre dans une **cellule photovoltaïque**.

domotique : champ de recherche défini par un ensemble de technologies de l'électronique, de l'information et des télécommunications utilisées dans les bâtiments du domaine tertiaire et résidentiel. Ces technologies ont pour but d'améliorer la vie des occupants d'une maison en augmentant le confort et en facilitant la gestion de la consommation d'énergie au sein du bâtiment.

E

effet falaise : désigne en matière de sûreté nucléaire l'altération brutale du comportement d'une installation, que suffit à provoquer une légère modification du scénario envisagé pour un accident dont les conséquences sont alors fortement aggravées.

effet Joule : dégagement de chaleur lié à la résistance d'un conducteur au passage du courant électrique.

électrode : élément conducteur remplissant des fonctions d'émission, de capture ou de guidage, par un champ électrique, des électrons ou des ions. Placées dans un milieu (**électrolyte**...), les électrodes se divisent en **cathodes** et en **anodes** selon qu'elles fournissent des électrons au milieu extérieur ou bien qu'elles en reçoivent. L'anode est le siège d'une réaction électrochimique d'**oxydation**, tandis que la cathode est le siège d'une réaction électrochimique de **réduction**. Dans une pile ou dans un **accumulateur**, on distingue l'électrode positive et l'électrode négative.

électrolyse : utilisation de courant électrique passant au travers d'un **électrolyte** placé entre deux **électrodes** pour effectuer une réaction chimique. Dans le cas spécifique de l'électrolyse de l'eau, le courant électrique décompose l'eau en oxygène et en hydrogène qui se dégagent aux deux électrodes.

électrolyseur : dispositif électrochimique permettant de réaliser une **électrolyse**, par exemple celle de l'eau par l'utilisation d'un courant électrique qui décompose l'eau en oxygène et en hydrogène.

électrolyte : milieu liquide ou solide permettant la conduction du courant électrique *via* le déplacement des ions qu'il contient.

énergie délivrée (d'un accumulateur) : exprimée en **watt-heure (Wh)**, elle correspond au produit du courant (en ampère A) et de la tension (en volt V) intégré sur la durée de la décharge (en heure h).

enrichissement : processus d'accroissement de la teneur d'un élément en l'un de ses **isotopes**.

entreposage (de déchets radioactifs) : opération consistant à placer les **déchets radioactifs** à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée à cet effet, en surface ou à faible profondeur, dans l'attente de les récupérer. Ce terme désigne aussi l'installation dans laquelle les déchets sont placés, avec le projet de les reprendre ultérieurement (voir aussi **stockage**).

entropie : quantité, exprimée en joule par kelvin, dont le changement est égal à la chaleur apportée à un système par un processus réversible et à température constante divisée par cette température. L'entropie mesure le degré de désordre d'un système.

enzyme : molécule permettant d'abaisser l'énergie d'activation d'une réaction et d'accélérer jusqu'à des millions de fois les réactions chimiques du **métabolisme** se déroulant dans le milieu cellulaire ou extracellulaire sans modifier l'équilibre formé ; ces **protéines** sont les **catalyseurs** du monde vivant.

EPR : réacteur à eau sous pression (REP) de troisième génération, développé par Areva NP, conçu pour présenter un niveau de sûreté, de durabilité, de performance et de compétitivité optimal.

éthanol : alcool de formule chimique $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dérivé de l'éthane (C_2H_6), un **hydrocarbure** gazeux.

F

fertile : qualifie un **nucléide** dont le noyau peut être transformé, directement ou indirectement, en un noyau **fissile**, par capture de neutrons.

fibre de carbone : matériau composé de fibres extrêmement fines (de 5 à 15 **microns** de diamètre), constitué majoritairement d'atomes de carbone. Ceux-ci sont agglomérés dans des cristaux microscopiques alignés plus ou moins parallèlement à l'axe long de la fibre, ce qui la rend très résistante. Plusieurs milliers de fibres sont enroulées ensemble pour former un fil qui peut être utilisé tel quel ou tissé.

fissile : se dit d'un **nucléide** dont le noyau est susceptible de subir une **fission** par absorption de neutrons. En toute rigueur, ce n'est pas le noyau appelé fissile qui subit la fission mais le noyau composé formé suite à la capture d'un neutron.

fission : éclatement d'un noyau lourd, généralement en deux morceaux, accompagné d'émission de neutrons, de rayonnements et d'un important dégagement de chaleur.

force ionique : somme des concentrations de toutes les espèces ioniques présentes dans une solution.

formaldéhyde : de formule chimique CH_2O , il se présente sous forme de gaz à la température ambiante. Il est très soluble dans l'eau (la solution est appelée formol). Il est présent dans de nombreux produits comme les peintures, les papiers peints, les



détergents, les colles, les assouplissants, les adhésifs, les feux de forêts, les fumées de tabac. Il est même produit en petites quantités par le corps humain. Il est classé comme « cancérogène certain », à l'origine de cancers du nasopharynx.

fossile : combustible hydrocarboné, comme le charbon, le pétrole ou le gaz naturel, provenant de gisements formés par l'accumulation et la transformation de matière organique. Qualifie aussi les énergies qui en sont tirées.

fusion par confinement inertiel : ce procédé repose sur l'utilisation de lasers de puissance pour comprimer et chauffer des microballons contenant un mélange deutérium-tritium, les amenant ainsi dans des conditions de densité et de température propres au démarrage et à l'entretien des réactions de fusion thermonucléaire.

fusion par confinement magnétique : voir tokamak.

fusion thermonucléaire : réaction par laquelle de petits noyaux atomiques se combinent à haute température pour former de plus gros noyaux possédant une masse plus faible que la somme des masses des premiers, la différence étant convertie en énergie selon la loi d'équivalence d'Einstein $E = mc^2$. La réaction la plus étudiée est la fusion du deutérium et du tritium, qui en fusionnant vont former un noyau d'hélium et émettre un neutron très énergétique.

G

gaz de schiste : gaz d'origine naturelle, issu de la décomposition de l'argile riche en matières organiques des schistes argileux. Piégé dans les roches poreuses, pour l'exploiter il est nécessaire de détruire la structure des roches, par fracturation hydraulique. Cette technique consiste à provoquer un grand nombre de microfractures dans la roche, en injectant de l'eau à haute pression, ce qui permet au gaz de se déplacer jusqu'à un puits pour être récupéré en surface.

gène : séquence d'ADN sur un chromosome constituant une unité d'information héréditaire qui permet la réalisation d'un caractère phénotypique (caractère apparent d'un individu) via la production d'une ou de plusieurs protéines.

génom : ensemble du matériel génétique d'un organisme vivant.

H

héliostat : miroir plan et mobile. Il suit la course du soleil et concentre les rayons solaires vers un point unique.

hydrocarbure : molécule composée uniquement de carbone et d'hydrogène (molécule hydrocarbonée).

hydrocraquage : procédé qui consiste à casser une molécule organique complexe (par exemple une longue chaîne carbonée) en molécules plus petites (diesel, kérosène, naphta) sous l'effet de la chaleur, de la pression et en injectant de l'hydrogène pour « hydrogéner » les molécules insaturées. Cette opération se fait en présence d'un catalyseur.

hydrolyse : décomposition d'une espèce chimique (molécule ou ion) par l'eau. Par exemple, la décomposition d'une solution aqueuse de borohydrure de sodium produit de l'hydrogène selon la réaction suivante : $\text{NaBH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaBO}_2 + 4\text{H}_2$.

hydrométallurgiques (procédés) : dans le traitement des combustibles usés, la voie hydrométallurgique implique leur mise en solution en milieu acide et la mise en œuvre de procédés d'extraction liquide-liquide.

hydrophobe : qui repousse l'eau.

hyperbare (stockage) : à une pression très supérieure à la pression atmosphérique.

I

ignition : auto-entretien de la température du plasma au sein d'une machine de fusion thermonucléaire à un niveau suffisant pour que les réactions se poursuivent en continu.

inertie thermique : résistance d'un matériau au changement de sa température. Elle dépend de sa capacité à stocker et déstocker de la chaleur dans sa structure.

isotopes : formes d'un même élément chimique dont les noyaux possèdent un nombre de protons identique (ainsi qu'un nombre identique d'électrons gravitant autour du noyau) mais un nombre de neutrons différent.

J

jonction p-n : voir simple jonction.

jonction tunnel magnétique : nanostructure constituée de deux couches minces magnétiques séparées par une barrière tunnel (une mince couche d'oxyde). Sa résistance électrique dépend des directions relatives des aimantations des deux couches minces. L'usage de tels éléments dans une bascule synchrone (flip-flop) la rend non volatile : l'aimantation des couches minces subsiste hors alimentation électrique. Il est alors possible de couper l'alimentation du circuit lorsque celui-ci est inactif, sans perdre l'information.

K

kérosène : mélange d'hydrocarbures contenant des alcanes ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) de formule chimique allant de $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ à $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$. Il est essentiellement utilisé dans la fabrication de carburant pour l'aviation.

L

lanthanides : famille des éléments de numéro atomique compris entre 57 (lanthane) et 71 (lutécium).

levure : champignon microscopique unicellulaire, représentatif des cellules vivantes possédant un noyau, et utilisé à ce titre comme modèle par les biologistes. Les levures sont aussi employées dans l'industrie agro-alimentaire (fabrication du pain, de la bière, du vin).

liaison covalente : liaison établie lorsque deux atomes, pour saturer leur dernière orbite, se partagent une ou plusieurs paires d'électrons. En général, les liaisons covalentes sont les plus fortes et les plus stables.

liaison de van der Waals : interaction électrique de faible intensité entre atomes, molécules, ou entre une molécule et un cristal.

liaison ionique : liaison se caractérisant par le transfert d'électrons d'un atome vers un autre, mais sans partage comme dans une liaison covalente.

liaison métallique : liaison chimique qui permet la cohésion des atomes d'un métal. Elle concerne un très grand nombre d'atomes (typiquement plusieurs millions) qui mettent en commun des électrons libres assurant la conduction électrique au sein d'un objet métallique.

liaisons supramoléculaires : interactions non covalentes ou faibles entre atomes au sein d'une molécule ou entre molécules au sein d'un même édifice.

ligand : molécule organique pouvant se fixer par une liaison dite de **coordination** à un ion au sein d'un **complexe** de coordination.

M

métabolisme : ensemble des transformations moléculaires et énergétiques qui se déroulent de manière ininterrompue dans la cellule ou l'organisme vivant.

métaux de transition : famille des 38 éléments de **numéros atomiques** 21 à 30, 39 à 48, 72 à 80 et 104 à 112, parmi lesquels le titane, le manganèse, le fer, le cobalt, le nickel, le chrome, le platine...

métaux nobles : historiquement, métaux précieux inaltérables à l'air ou à l'eau (argent, or, platine) utilisés en orfèvrerie. Ce terme s'applique maintenant aux autres métaux qui présentent une faible abondance dans la croûte terrestre et sont donc à la fois rares et coûteux (palladium, rhodium, iridium, osmium et ruthénium).

méthane : **hydrocarbure** de formule brute CH_4 , le méthane est le composant principal du gaz naturel et du biogaz issu de la fermentation de matières organiques animales ou végétales. Il se dégage naturellement des zones humides peu oxygénées comme les marais et les terres inondées. Il se forme aussi dans les panses des ruminants.

micro : préfixe μ du millionième (10^{-6}). 1 **micromètre** (μm) ou **micron** = 10^{-6} mètre.

module ou panneau (photovoltaïque) : générateur électrique de courant continu, constitué d'un assemblage de **cellules photovoltaïques** reliées entre elles électriquement.

Mtep : million de tonnes d'équivalent pétrole. 1 tep = 42 milliards de joules ou 11 630 kWh.

mutation (génétique) : altération transmissible du message **génétique** par modification d'une **séquence** de **nucléotides** de l'ADN.

N

nano : préfixe n du milliardième (10^{-9}); 1 **nanomètre** (nm) = 10^{-9} mètre.

naphta : liquide transparent issu de la distillation du pétrole. Selon l'intervalle de température de distillation, on distingue le naphta léger et le naphta lourd. Le léger sert entre autres de base dans la composition des essences. Du naphta de synthèse peut être obtenu à partir de déchets forestiers et de résidus agricoles.

neutrons rapides : neutrons libérés lors de la **fission**, se déplaçant à très grande vitesse (20 000 km/s). Leur énergie est de l'ordre de 2 MeV.

neutrons thermiques : également appelés neutrons lents (ou thermalisés), neutrons en équilibre thermique avec la matière dans

laquelle ils se déplacent à une vitesse de l'ordre de 2 à 3 km/s. Leur énergie est inférieure à 1 eV.

normo-mètre cube : 1 normo-mètre cube de gaz (**Nm³**) est un mètre cube pris à 0°C sous la pression de 101 325 Pa (1 **atmosphère**).

nucléide : espèce nucléaire caractérisée par son nombre de protons Z (**numéro atomique**), son nombre de neutrons N et par son nombre de masse A , égal à la somme du nombre de protons et du nombre de neutrons ($A=Z+N$).

nucléotide : chaînon élémentaire des acides nucléiques (**ADN** et acide ribonucléique ARN), constitué d'une **base purique** (adénine, guanine par exemple) ou **pyrimidique** (cytosine, thymine par exemple), d'un sucre et d'un ou plusieurs groupements phosphate.

numéro atomique : nombre de protons du noyau d'un élément.

nutraceutique : substance active présente à l'état naturel dans un aliment et qui a un effet bénéfique pour la santé.

O

onduleur : il permet de transformer le courant continu produit par des **panneaux photovoltaïques** ou par d'autres dispositifs en courant alternatif pour alimenter les charges ou pour qu'il puisse être réinjecté sur le réseau électrique.

oxydation : réaction au cours de laquelle un atome ou un ion perd des électrons. La plus courante est celle dans laquelle un composé se combine avec un ou plusieurs atomes d'oxygène, formant ainsi un **oxyde**; **oxydant** : qui fait perdre des électrons à un atome ou à un ion.

P

panneau (photovoltaïque) : voir **module**.

passifs (systèmes) : systèmes fondés sur des forces naturelles comme la **convection** et la gravité, qui rendent la sûreté d'une installation théoriquement moins tributaire de systèmes **actifs** (pompes, moteurs, etc.).

période (radioactive) ou demi-vie : durée au bout de laquelle la moitié des atomes **radioactifs** initialement présents dans un échantillon du **nucléide** radioactif a disparu en **se désintégrant** naturellement.

pH : mesure de la concentration en ions hydrogène dans un liquide. Dans l'eau pure, en dessous de 7, il est acide, au-dessus il est basique (ou alcalin).

Phénix : réacteur expérimental de la filière des **réacteurs à neutrons rapides** refroidis au **sodium**. Situé à Marcoule (Gard), ce réacteur a divergé pour la première fois en 1973 et s'est arrêté le 1^{er} février 2010. Il a permis, entre autres, d'acquérir des connaissances sur le comportement sous irradiation des matériaux envisagés dans les réacteurs du futur.

phénol : molécule cyclique de formule brute $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ portant une fonction hydroxyle —OH.

photocatalyse : **catalyse** de réactions chimiques sous l'action de la lumière.



photosynthèse : processus par lequel les plantes, les algues et certaines **bactéries** utilisent l'énergie solaire pour effectuer la synthèse de molécules organiques. Les plantes, les algues et les **cyanobactéries** emploient pour cela le dioxyde de carbone (ou gaz carbonique) et l'eau, et rejettent de l'oxygène (O₂).

photovoltaïque : effet par lequel l'énergie lumineuse est directement transformée en énergie électrique dans un **semi-conducteur**.

pile à combustible : pile où la fabrication de l'électricité se fait grâce à l'**oxydation** sur une **électrode** d'un combustible **réducteur** (par exemple l'hydrogène) couplée à la **réduction** sur l'autre électrode d'un **oxydant**, tel que l'oxygène. Les piles classiques (H₂/O₂) sont alimentées en hydrogène et produisent de l'eau.

plantes supérieures : organismes **photosynthétiques** se caractérisant par l'existence de racines et la présence de vaisseaux assurant la circulation de la sève. Elles regroupent notamment les plantes à graines, les plantes à fleurs, les fougères...

plasma : état de la matière portée à une température telle que les atomes sont en majorité ou en totalité ionisés (les électrons sont séparés des noyaux).

plenum : chambre (ou réservoir) remplie par un fluide. Un **plenum sodium** au-dessus du cœur d'un réacteur est un volume de **sodium** qui, en se vidangeant lors d'une hypothétique ébullition, permet de diminuer la **réactivité**.

plutonium : élément chimique de **numéro atomique** 94 et de symbole **Pu** possédant des **isotopes**, de ²³²Pu à ²⁴⁷Pu. Cinq sont importants pour l'industrie nucléaire : du ²³⁸Pu au ²⁴²Pu, surtout le ²³⁹Pu, élément **fissile**, produit dans les réacteurs à partir d'**uranium 238**.

polymérisation : ajout progressif de molécules de **monomères** les unes aux autres par des **liaisons covalentes**, formant un **polymère**, macromolécule de poids moléculaire élevé répétant un même motif.

pouvoir calorifique inférieur (PCI) : quantité de chaleur dégagée par la combustion complète à pression constante d'un **normo-mètre cube** de gaz, l'eau formée étant sous forme vapeur. L'énergie de la vapeur d'eau n'est pas récupérée.

produits de fission : **nucléides** générés soit directement par la **fission** nucléaire, soit indirectement par la **désintégration** des fragments de la fission. Ils sont gazeux (**gaz de fission**) ou solides (volatils ou non).

prolifération : dissémination incontrôlée des technologies ou des matières nucléaires à usage militaire.

protéine : constituant macromoléculaire principal des cellules, formé par l'enchaînement, codé par l'**ADN**, d'**acides aminés**.

protistes : ils regroupent des eucaryotes (organismes dont le patrimoine **génétique** est contenu dans un noyau) autres que les plantes, les champignons ou les animaux. Certains appartiennent au règne végétal et réalisent la **photosynthèse** (algues), d'autres appartiennent au règne animal. De très nombreux protistes sont dotés de flagelles ou de cils qui leur permettent de se déplacer.

puissance crête (d'un module photovoltaïque) : puissance électrique maximale que délivre un **module photovoltaïque** pour un ensoleillement « standard » de 1 000 W/m² et une température de 25 °C.

puissance résiduelle : puissance thermique dégagée par un réacteur nucléaire à l'arrêt ou par un **assemblage combustible**. Elle est principalement produite par les **fissions** résiduelles, la

désintégration des **actinides** et des **produits de fission** et d'**activation** contenus dans le **combustible** et les matériaux de structure. Au moment de l'arrêt (chute des barres d'arrêt), son niveau est de quelques dizaines de pour cent de la *puissance nominale* puis décroît très rapidement.

puits quantique : région d'épaisseur **nanométrique** dans laquelle chaque électron ne peut se déplacer que dans (idéalement) deux dimensions de l'espace. Un puits quantique peut être réalisé en empilant des couches minces de **semi-conducteurs** de diverses **bandes interdites**.

R

radioactivité : propriété d'un **nucléide** de se transformer spontanément en un autre nucléide, avec émission d'un rayonnement (particules, rayons X, rayons gamma...), ou d'être le siège d'une **fission** spontanée accompagnée d'une émission de particules et de rayons gamma.

radioélément : élément dont tous les **isotopes** sont **radioactifs**.

radiofréquence (RF) : fréquence qui se situe dans la gamme 9 kHz-3 000 GHz.

radioisotope : **isotope radioactif** d'un élément.

radionucléide : **nucléide** instable d'un élément qui **décroît** ou **se désintègre** spontanément en émettant un rayonnement.

réacteur à eau bouillante (REB) : réacteur dans lequel l'ébullition de l'eau se fait directement dans le cœur.

réacteur à eau lourde sous pression (RELPS) : réacteur qui utilise de l'**uranium naturel** comme **combustible** et de l'eau lourde (D₂O) comme **caloporteur**. L'eau lourde est maintenue sous pression jusqu'à son point d'ébullition, ce qui permet d'augmenter sa température pour transporter plus de chaleur en dehors du cœur du réacteur.

réacteur à eau sous pression (REP) : réacteur dans lequel la chaleur est transférée du cœur à l'échangeur de chaleur par de l'eau maintenue sous une pression élevée dans le circuit primaire, afin d'éviter son ébullition.

réacteur à neutrons rapides (RNR) : réacteur sans modérateur dans lequel la majorité des **fissions** sont produites par des neutrons présentant des énergies du même ordre de grandeur que celle qu'ils possèdent lors de leur production par fission.

réacteurs à eau légère (REL) : famille de réacteurs dans lesquels l'eau ordinaire joue à la fois le rôle de **caloporteur** et de modérateur. La famille des REL regroupe les **réacteurs à eau sous pression REP** et les **réacteurs à eau bouillante REB**.

réacteurs nucléaires de quatrième génération : nouvelle génération de systèmes énergétiques nucléaires, étudiée à l'échelle internationale, présentant à la fois des qualités d'économie, de sûreté, de minimisation des **déchets** et de résistance à la **prolifération** améliorées par rapport aux réacteurs existants ou en construction. Six filières de réacteurs, la plupart à **cycle fermé** et à **neutrons rapides**, ont été retenues pour l'approfondissement des études, utilisant comme **caloporteur** le **sodium**, le plomb, l'**eau supercritique**, le gaz (hélium) ou des sels fondus.

réaction en chaîne : suite de **fissions** nucléaires au cours desquelles les neutrons libérés provoquent de nouvelles fissions, à leur

tour génératrices de nouveaux neutrons provoquant de nouvelles fissions et ainsi de suite.

réactivité : écart relatif par rapport à l'unité du nombre de neutrons produits par **fission** divisé par le nombre de neutrons disparus au sein d'un réacteur nucléaire.

recombinaison homologue : recombinaison **génétique** entre deux **séquences** identiques situées sur deux molécules d'**ADN** différentes, ou distantes l'une de l'autre sur la même molécule.

recyclage : valorisation de matières réutilisables après un processus de production. Dans un réacteur nucléaire, réutilisation de matières **fissiles** (**plutonium** généré, **uranium 235** résiduel...) issues d'un cycle précédent après **traitement** du **combustible usé**.

redox (pour réduction/oxydation) : une **réaction d'oxydo-réduction** est une réaction chimique au cours de laquelle se produit un transfert d'électrons. L'espèce chimique qui capte les électrons est appelée **oxydant** et celle qui les cède, **réducteur**.

réduction : réaction au cours de laquelle un atome ou un ion gagne des électrons cédés par un **réducteur**.

rendement de conversion (d'une cellule photovoltaïque) : rapport entre l'énergie électrique produite par une **cellule photovoltaïque** et l'énergie lumineuse reçue sur la surface correspondante.

résine phénolique : elle est obtenue par polycondensation de **formaldéhyde** et de **phénol**.

S

sélectivité (chimio-, régio- et stéréo-) : une réaction est **chimiosélective** si elle conduit à l'attaque préférentielle d'un groupe fonctionnel au sein d'une molécule parmi d'autres groupes. Une réaction est **régiosélective** si elle conduit à l'attaque préférentielle d'une partie d'un groupe fonctionnel qui possède plusieurs parties réactives. Une réaction est **stéréosélective** si elle conduit de façon préférentielle, voire exclusive, à l'un des stéréoisomères possibles (composés ayant la même formule semi-développée mais qui diffèrent par l'agencement spatial de leurs atomes).

semi-conducteur : matériau dans lequel la bande d'états électroniques occupés (**bande de valence**) est séparée de la bande des états inoccupés (**bande de conduction**) par une **bande d'énergie interdite (gap)** relativement étroite. Un tel matériau est un isolant électrique au zéro absolu, mais devient modérément conducteur lorsque sa température est suffisamment élevée pour exciter des électrons de la bande de valence vers la bande de conduction. De **type n** (électrons porteurs de charge majoritaires) ou de **type p** (trous porteurs de charge majoritaires) selon les **dopants** utilisés.

séquence : ordre d'enchaînement des éléments constitutifs dans les **polymères** biologiques (**ADN**, acide ribonucléique ARN, **protéines**). Le **séquençage** est la détermination de cet ordre.

silicium : **semi-conducteur** le plus répandu, largement utilisé en microélectronique et également dans la fabrication des **cellules photovoltaïques**. Il existe à l'état non cristallin (**silicium amorphe**) et à l'état **cristallin** (c-Si), dénomination qui regroupe les différentes formes cristallines (microcristallin μ -Si, monocristallin sc-Si, multicristallin mc-Si et polycristallin pc-Si).

simple jonction ou à jonction p-n (cellules photovoltaïques) : zone d'un matériau où le dopage varie brusquement,

passant de p à n. Dans le cas de **cellules silicium**, du silicium **dopé n** (une très faible part des atomes de silicium a été remplacée par un donneur d'électrons, tel le phosphore ou l'arsenic) est associé à du silicium **dopé p** (des atomes de silicium ont été remplacés par un accepteur d'électrons, tel le bore ou le gallium). Dans une **cellule photovoltaïque**, le champ électrique de la jonction p-n sépare les paires électron-trou créées par la lumière.

sodium : **métal alcalin** utilisé à l'état liquide comme **caloporteur** des **réacteurs à neutrons rapides** en raison de sa « transparence » aux neutrons, de ses bonnes propriétés de transport de la chaleur et de son excellente compatibilité avec les aciers.

spectre (neutronique) : distribution en énergie de la population des neutrons présents dans le cœur d'un réacteur.

spectroscopie d'impédance électrochimique : son principe repose sur l'application d'une faible tension sinusoïdale (perturbation) superposée à la tension nominale et sur l'analyse de l'amplitude et du déphasage du courant de réponse. Elle fournit des informations sur les mécanismes réactionnels qui se déroulent à l'interface **électrode/électrolyte**.

stellarator : dispositif analogue au **tokamak**, mais dans lequel le confinement du **plasma** est entièrement réalisé par le champ magnétique hélicoïdal créé par l'arrangement complexe de bobines autour du tore.

stockage (de déchets radioactifs) : opération consistant à placer les **déchets radioactifs** dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive. Ce terme désigne aussi l'installation dans laquelle les déchets sont placés, sans projet de reprise ultérieure. La reprise serait néanmoins possible dans le cas d'un stockage réversible (voir aussi **entreposage**). Le **stockage en couche géologique profonde** des déchets radioactifs est le stockage de ces substances dans une installation souterraine spécialement aménagée à cet effet.

stœchiométrie : étude des proportions suivant lesquelles, au cours d'une réaction chimique, les réactifs se combinent et les produits se forment.

supercritique (fluide) : fluide qui, placé dans des conditions de température et de pression supérieures à leurs valeurs critiques, présente une **viscosité** proche de celle des gaz, une densité proche de celle des liquides, et une diffusivité élevée. Son pouvoir solvant évolue avec les conditions de pression et de température. Fluides les plus utilisés : le **dioxyde de carbone (CO₂)** en raison de sa basse température critique (31 °C) et l'**eau (H₂O)** pour son fort pouvoir **oxydant**.

Superphénix : réacteur prototype à **neutrons rapides** refroidi au **sodium** situé à Creys-Malville (Isère), actuellement en cours de déconstruction. Il a atteint sa pleine puissance en 1986 et s'est arrêté en 1998. Le cœur comprenait 364 **assemblages**, constitués chacun de 271 aiguilles combustibles contenant un empilement de pastilles d'oxyde mixte **U-Pu-O₂**.

supraconducteur : métal ou alliage dont la résistivité (capacité du matériau à s'opposer à la circulation du courant électrique) tombe brusquement à une valeur quasi nulle en dessous d'une température **critique (supraconductivité)**.

surface spécifique : superficie réelle de la surface d'un objet (prenant en compte sa rugosité par exemple) par opposition à sa surface apparente.

sur(r)générateur : réacteur nucléaire qui produit, à partir de matière **fertile**, plus de matière **fissile** qu'il n'en consomme.



T

taux d'actualisation (d'un projet) : taux économique, en partie analogue à un taux d'intérêt, qui reflète la valeur du temps – et inclut parfois le risque – pour évaluer économiquement un projet qui se déroule sur plusieurs années. Typiquement, les taux publics sont de l'ordre de 5 % et les taux privés de 10 % dans les pays européens (ces taux sont présentés ici hors inflation : on les qualifie alors de taux « réels », par opposition à des taux « nominaux »).

taux de combustion : rapport, habituellement exprimé en pourcentage, du nombre de noyaux atomiques d'un élément ou d'un ensemble d'éléments donnés qui disparaissent par **fission** au nombre de noyaux initiaux présents dans le **combustible**. Il est alors exprimé en at%. Couramment utilisé pour évaluer l'*épuisement spécifique*, quantité d'énergie thermique par unité de masse de combustible obtenue en réacteur entre le chargement et le déchargement du combustible (*combustion massique*), il s'exprime en mégawatt-jour par tonne (MW·j/t) ou en gigawatt-jour par tonne (GW·j/t).

terres rares : famille d'éléments qui comprend essentiellement les **lanthanides** ainsi que l'yttrium (39) et le scandium (21).

thermoplastique (matière) : matière qui se ramollit lorsqu'elle est chauffée au-dessus d'une certaine température et qui, au-dessous, redevient dure sans être dégradée, et cela de façon répétée. C'est le cas des métaux, du verre et de certains **polymères**.

tokamak : acronyme de *Toroidalnaya Kamera Magnitnima Katushkama* (chambre à vide toroïdale et bobine magnétique) ou association des trois mots russes *Tok* (courant), *Kamera* (chambre) et *Mak* (magnétique) définissant les machines en forme de tore dans lesquelles est étudiée la **fusion thermonucléaire par confinement magnétique** en confinant le **plasma** de fusion grâce à des champs magnétiques.

tomographie électronique : technique d'imagerie qui permet d'obtenir une représentation en trois dimensions d'un objet. En utilisant des microscopes électroniques spécifiques et performants, une résolution de quelques **nanomètres** est accessible.

traceur : organisme, élément ou substance, naturel ou artificiel, permettant l'étude des processus physiques, chimiques ou biologiques du milieu dans lequel il se trouve placé. Le traceur peut notamment être **isotopique** et/ou **radioactif**.

tracker : dispositif qui permet aux **panneaux photovoltaïques** des centrales solaires au sol ou aux cellules à concentration de suivre la course du soleil, optimisant ainsi leur rendement énergétique. Le tracker à un axe suit la rotation du soleil d'Est en Ouest au fur et à mesure de l'avancement de la journée. Le tracker à deux axes prend également en compte la hauteur du soleil selon la saison.

traitement ou retraitement (du combustible usé) : tri sélectif des matières contenues dans les **combustibles usés** afin d'en extraire celles qui sont valorisables et **recyclables** (**uranium** et **plutonium**) ou éventuellement **transmutables**, et de **conditionner** les **déchets ultimes**.

transestérification : réaction au cours de laquelle le groupement R' d'un ester (la fonction ester est formée d'un atome de carbone lié à un groupement H ou R, à un atome d'oxygène par une double liaison et à un groupement O—R') s'échange avec le groupement R'' d'un alcool R''OH.

transmutation : transformation d'un **nucléide** en un autre par une réaction nucléaire. La transmutation envisagée pour la gestion des **déchets radioactifs** vise à transformer un nucléide à **période** longue en un nucléide à période plus courte ou en un nucléide stable.

tritium (T) : isotope radioactif de l'hydrogène à **demi-vie** courte. Son noyau est formé d'un proton et de deux neutrons.

U

uranium : élément chimique de **numéro atomique** 92 et de symbole **U**, qui existe à l'état naturel (**uranium naturel**) sous forme d'un mélange de trois **isotopes** : ²³⁸U fertile (99,28 %), ²³⁵U fissile (0,71 %) et ²³⁴U (traces).

uranium enrichi : uranium dont la teneur en **isotope 235** a été portée de son faible niveau naturel (0,71 % en masse) à, par exemple, 3,5 % pour un **combustible** destiné à un **réacteur à eau sous pression**.

V

véhicule hybride : véhicule qui associe plusieurs modes de génération de l'énergie motrice. Une formule actuellement privilégiée est l'hybridation série qui combine un moteur à combustion interne et une **batterie** alimentant une chaîne de traction électrique ; le premier, fonctionnant à régime constant, donc à son meilleur rendement, recharge la batterie qui absorbe les pics de courant et récupère l'énergie de freinage. Il existe également une version « 2 moteurs », un électrique et un thermique, qui sont à même, séparément ou ensemble, d'assurer la traction. Ils se « partagent » la puissance maximale tout en fonctionnant chacun dans les régimes qui leur sont les mieux adaptés, en étant aussi capables de récupérer l'énergie de freinage. Une autre formule consiste à associer une batterie et une **pile à combustible**.

véhicule hybride rechargeable : d'architecture comparable à un **véhicule hybride** classique, il est doté d'une autonomie accrue en mode électrique grâce à l'intégration d'une **batterie** de plus grande **capacité** et la possibilité de la recharger à une prise électrique.

verre nucléaire : matrice minérale utilisée pour le confinement des **déchets nucléaires** de haute **activité**. Le verre présente la structure d'un liquide figé, c'est-à-dire un ordre à courte distance et une absence d'ordre à moyenne distance, ce qui lui permet d'accueillir la plupart des **produits de fission** et des **actinides mineurs** issus du **traitement** des **combustibles usés**.

viscosité : résistance à l'écoulement uniforme d'un fluide.

vitrification : opération consistant à incorporer les **déchets radioactifs** dans du **verre** pour leur donner un **conditionnement** stable, sous forme de colis susceptibles d'être **entreposés** ou **stockés**.

W

watt (W) : unité de puissance correspondant à la consommation ou la production d'un joule par seconde. Principaux multiples : le kilowatt (1 **kW** = 10³ watts), le mégawatt (1 **MW** = 10⁶ watts), le gigawatt (1 **GW** = 10⁹ watts) et le térawatt (1 **TW** = 10¹² watts) ; **watt-heure (Wh) :** énergie consommée ou délivrée par un système d'une puissance de 1 W pendant 1 heure. La puissance thermique s'exprime en **Wth** et ses multiples, la puissance électrique en **W** et ses multiples.

watt-crête (Wc) : unité de mesure de la puissance électrique maximale pouvant être fournie par une installation **photovoltaïque** dans des conditions standards (1 000 **W/m²**, 25 °C).