

La batterie est un assemblage d'accumulateurs qui stocke l'énergie électrique issue de la circulation des ions entre deux électrodes, et des électrons dans un circuit extérieur. Différentes batteries existent selon leur fonction dans un véhicule, hybride ou électrique : traction en continu, récupération d'énergie au freinage, etc. Présentation d'une batterie lithium-ion.

Les batteries des véhicules électriques

DÉFINITIONS

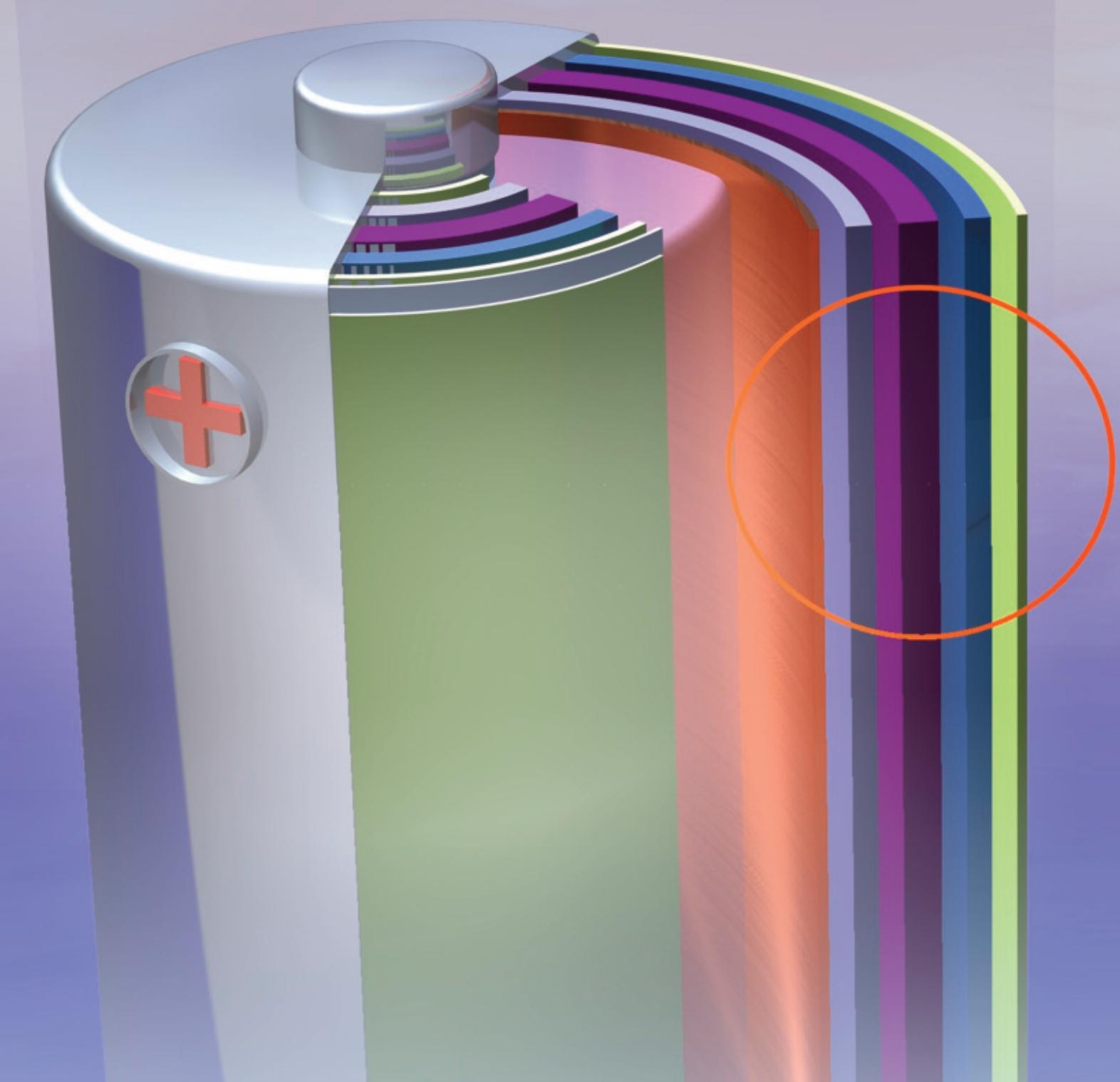
ACCUMULATEUR Pile électrique rechargeable ; appareil accumulant de l'énergie électrique sous forme chimique et la restituant sous forme de courant.

ION Atome ayant gagné ou perdu un électron (particule neutre), qui porte une charge électrique positive ou négative.

ÉLECTRODE Pièces conductrices, à base de poudres d'actifs chimiques, fixées aux pôles positif (anode) et négatif (cathode) d'un générateur électrique.

ÉLECTROLYTE Substance ou composé qui, à l'état liquide ou en solution, permet le passage du courant électrique par déplacement d'ions.

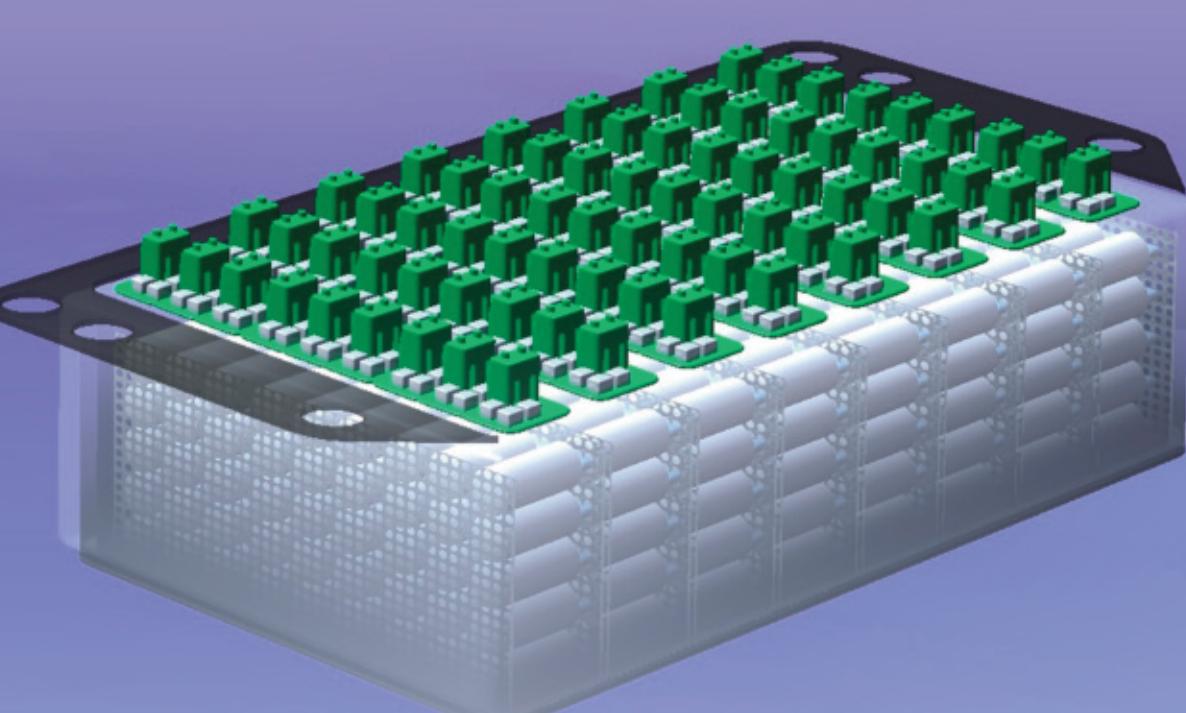
RÉACTION D'OXYDO-RÉDUCTION Réaction chimique au cours de laquelle se produit un transfert d'électrons. L'espèce chimique qui capte les électrons est un "oxydant"; celle qui les cède est un "réducteur".



RÉALISATION DE LA BATTERIE

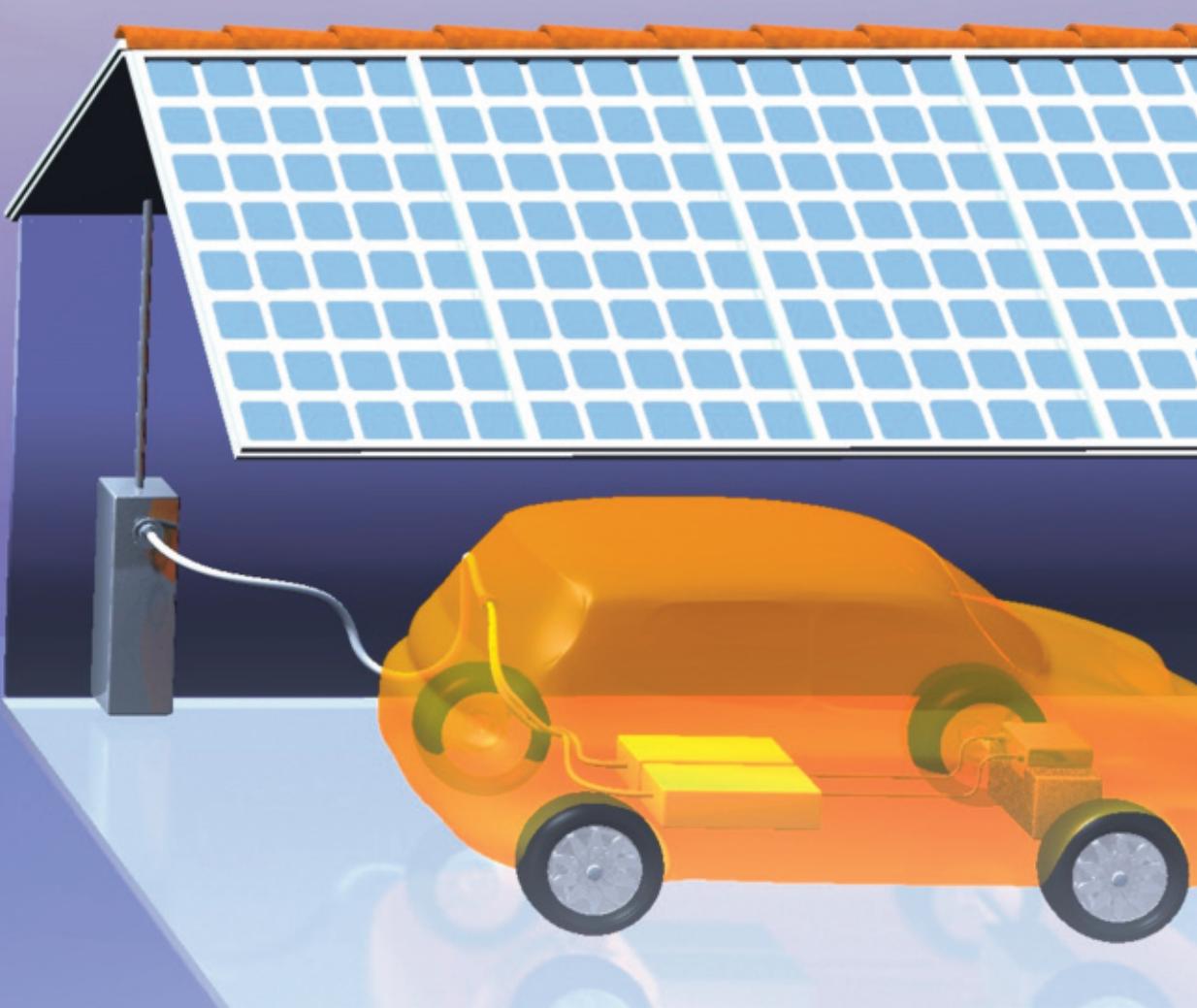
Assemblage Intégration des accumulateurs dans des modules assemblés en parallèle pour atteindre la tension de fonctionnement et l'énergie (kWh) nécessaires au véhicule.

Connexion Intégration de l'électronique dans les modules pour homogénéiser les états de charge et de décharge des accumulateurs et ainsi garantir la performance et la durée de vie des batteries.



RECHARGE DE LA BATTERIE

Source extérieure d'énergie Communication avec l'électronique intégrée de la batterie, par une source d'énergie issue d'une borne reliée au réseau électrique ou couplée à des panneaux photovoltaïques.



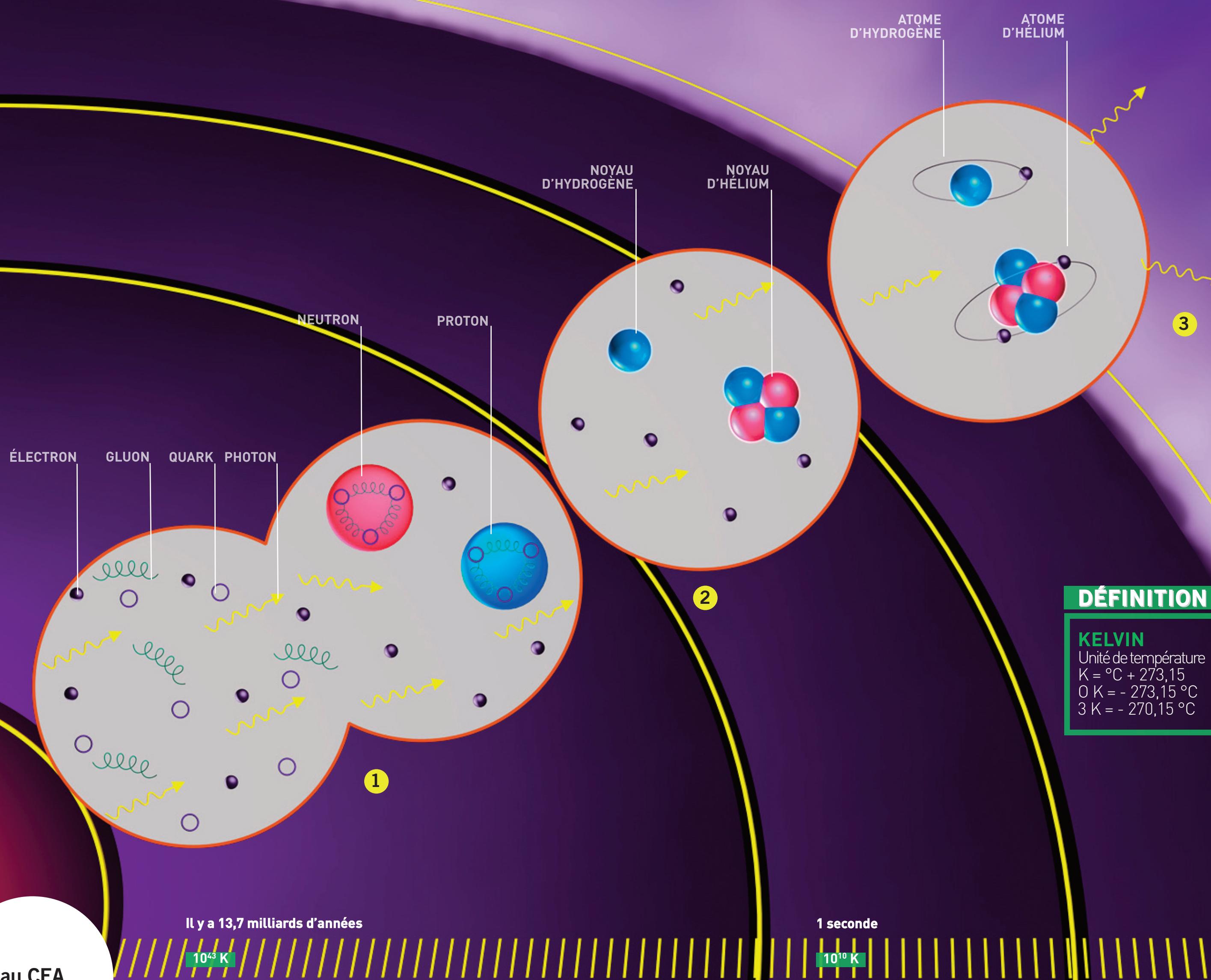
au CEA

Les chercheurs du CEA-Liten et de l'Institut national de l'énergie solaire (Ines) maîtrisent toute la chaîne de production des batteries des véhicules électriques : synthèse des poudres des électrodes, assemblage des accumulateurs, intégration dans les packs batteries et réalisation de l'électronique du système pour assurer la sécurité et optimiser le fonctionnement des batteries.

Le big-bang est souvent associé à la genèse de l'Univers. Or, il s'agit d'un modèle physique qui reconstitue l'évolution de l'Univers sur 13,7 milliards d'années. En-deçà, les théories n'opèrent plus.

Description d'un Univers en expansion qui se refroidit et dont les particules élémentaires s'assemblent au fur et à mesure en des structures de plus en plus complexes : noyaux, atomes, étoiles...

Le modèle du big-bang



OBSERVATION, EXPÉRIMENTATION & THÉORIE

Observation Les télescopes peuvent restituer des images de l'Univers dans toute une gamme de longueurs d'onde, sauf avant le rayonnement fossile car à cette époque la matière était opaque à la lumière.

Expérimentation Les physiciens cherchent alors à recréer les conditions physiques de l'Univers primordial sur des collisionneurs de particules (comme le LHC).

Théorie A partir d'un seuil, les théories ne peuvent plus décrire les conditions qui régnent au-delà d'une énergie de 10^{19} GeV et en deçà de 10^{43} seconde après le big-bang. C'est le "mur de Planck".

4

1 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES

Il y a 13,7 milliards d'années, l'Univers est une "soupe primordiale" très dense de 10^{43} degrés Kelvin (K). Il est constitué de photons, électrons, quarks et gluons. Son expansion abaisse la température à 10^{32} K, favorable à la condensation des quarks et des gluons qui forment les premiers protons et neutrons.

3 ATOMES

380.000 ans plus tard, la température est de 3.000 K : les électrons se lient aux noyaux pour former les premiers atomes neutres. Les photons, jusque-là prisonniers de la soupe primordiale, se propagent en un rayonnement dit "fossile", le fond diffus cosmologique, observable aujourd'hui dans la gamme des micro-ondes.

2 NOYAUX ATOMIQUES

Une seconde après et pendant trois minutes, la température chute à 10^{10} K : les neutrons et protons forment les premiers noyaux d'hydrogène et d'hélium. C'est la période de "nucléosynthèse primordiale". Ensuite, l'Univers n'est plus assez dense et chaud pour occasionner les collisions de particules qui formeraient des noyaux plus lourds.

4 ETOILES ET GALAXIES

Au bout de 700 millions d'années, la matière se structure progressivement, sous l'influence de la gravité, en étoiles, galaxies, amas de galaxies... Aujourd'hui, la température de l'Univers est de 3K et il compte 100 milliards de galaxies, dont la Voie Lactée qui contient plus de 200 milliards d'étoiles.

Biocarburants de 2^e génération

L'enjeu des biocarburants de 2^e génération, est de produire des hydrocarbures avec du bois, de la paille, des déchets végétaux voire ménagers... Il s'agit de générer, par traitement thermique de la biomasse, un mélange gazeux à partir duquel synthétiser les hydrocarbures. A la clé : une source d'énergie non émettrice de gaz à effet de serre.

DÉFINITIONS

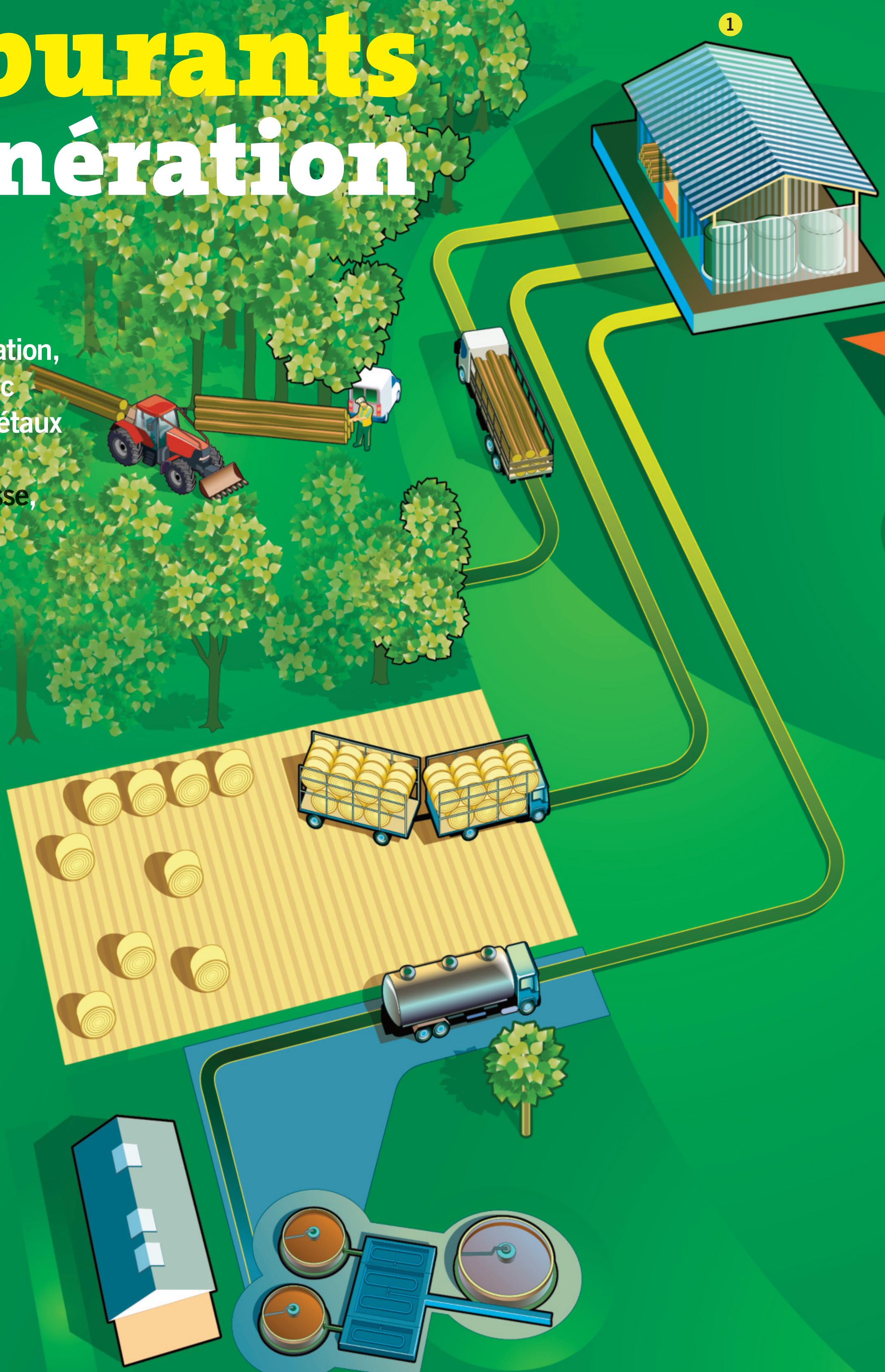
HYDROCARBURES Composés organiques contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène, utilisés comme carburant.

BIOMASSE Ensemble de la matière organique d'origine végétale utilisée comme source d'énergie. 1^{re} génération : colza, maïs, betterave, tournesol. 2^e génération : plantes entières, bois, déchets forestiers, agricoles voire ménagers. 3^e génération : micro-organismes produisant de l'hydrogène ou du méthane.

PYROLYSE Décomposition d'un matériau sous l'action de la chaleur, en absence d'oxygène.

GAZÉIFICATION Oxydation partielle des molécules par réaction chimique avec des composés oxygénés à haute température.

ÉLECTROLYSE Méthode de séparation des composés chimiques (H^+, O^2) d'un élément (H_2O) par voie électrique en immergeant deux électrodes (conductrices) dans le solvant contenant H_2O .



PRÉPARATION DE LA BIOMASSE

1 Séchage Entreposage de la biomasse (conditionnés en plaquettes ou en poudre) pendant six mois.

2 Pyrolyse Pré-traitement thermique à 500-700°C de la biomasse qui se transforme en charbon de bois et en gaz ou liquide.

TRAITEMENT DE LA BIOMASSE

3 Gazéification Oxydation à 1200-1400°C de la biomasse qui se transforme, en présence de vapeur d'eau, en un gaz de synthèse composé de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H²).

4 Purification Destruction des goudrons résiduels et nettoyage des polluants gazeux ou liquides (technologies en cours d'étude).

SYNTHÈSE DE BIOCARBURANTS

5 Optimisation Ajout d'H² (aujourd'hui produit par reformage du méthane, à terme par électrolyse) au gaz de synthèse.

Objectif : 1 l. de gazole pour 2 kg de bois.

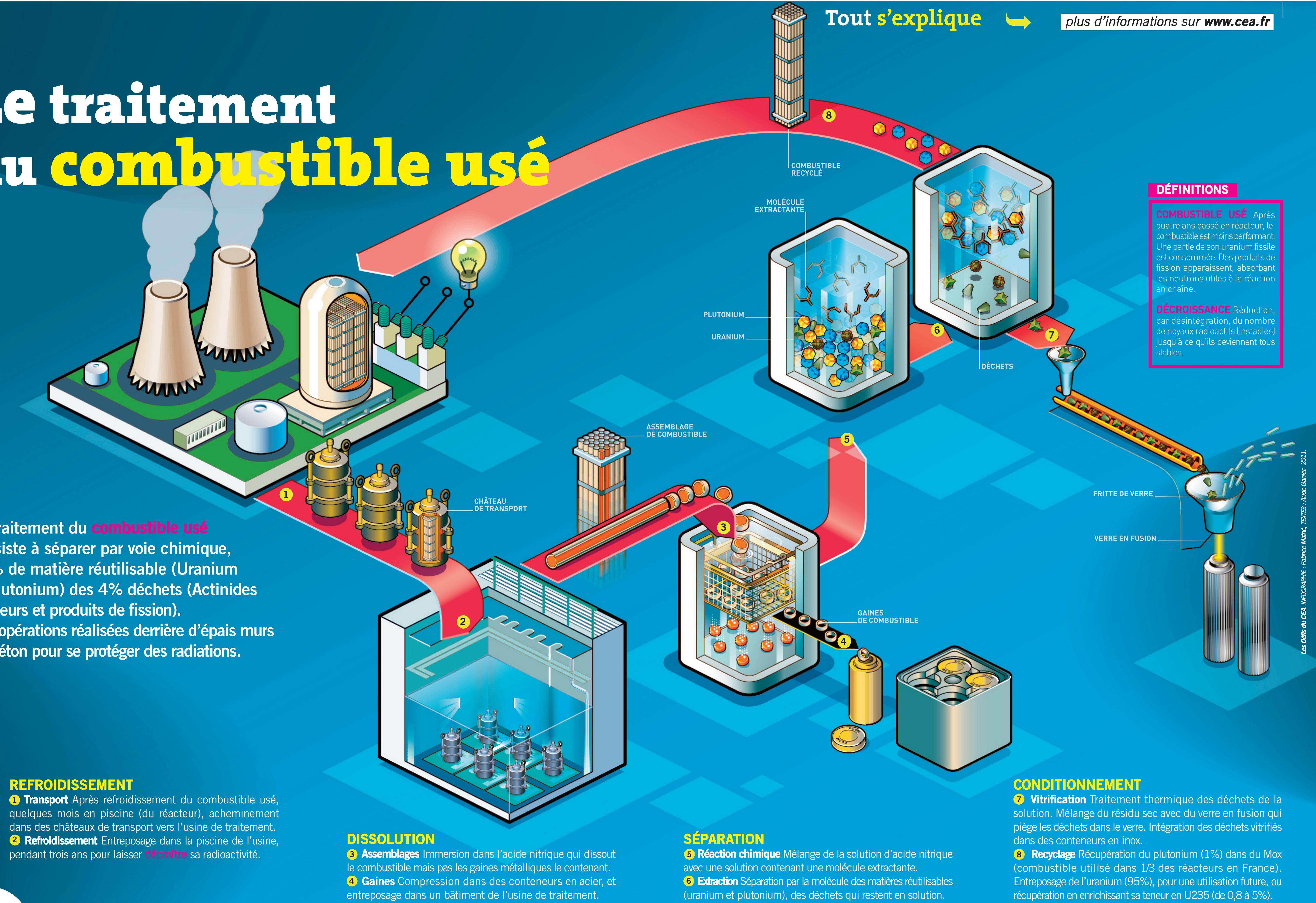
6 Conversion Production d'hydrocarbures après une dernière purification du gaz de synthèse. Les différents mélanges permettent de produire de l'essence et du diesel pour les voitures, du kérénole pour les avions.

au CEA

Des équipes du centre CEA de Grenoble développent la 2^e génération de biocarburants, notamment par la conception de démonstrateurs de recherche. Parallèlement, le CEA travaille à la réalisation d'un pilote industriel à Bure-Saudron, dans le cadre de l'accompagnement économique de la Meuse et de la Haute-Marne (développement d'activités et d'emplois dans le territoire d'accueil du laboratoire de recherche sur le stockage géologique des déchets nucléaires).

Le traitement du combustible usé

Le traitement du **combustible usé** consiste à séparer par voie chimique, 96% de matière réutilisable (Uranium et Plutonium) des 4% déchets (Actinides mineurs et produits de fission). Des opérations réalisées derrière d'épais murs de béton pour se protéger des radiations.



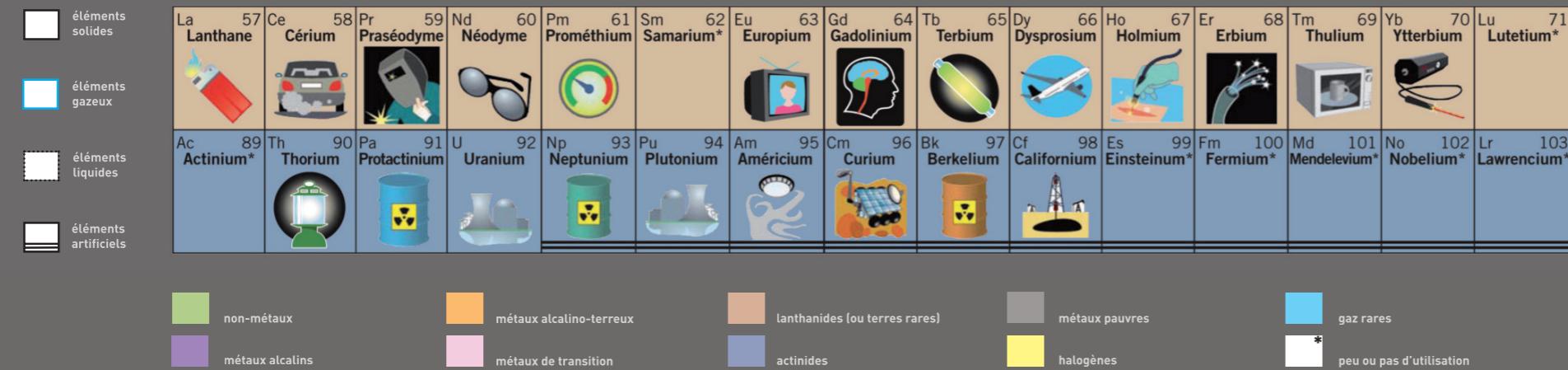
au CEA

La direction de l'énergie nucléaire du CEA a développé les étapes de ce procédé de traitement du combustible usé, mis en oeuvre notamment en France et au Japon. Les équipes étudient aujourd'hui des procédés, dits de séparation poussée, visant à recycler en complément les actinides mineurs. Elles travaillent également sur des réacteurs à neutrons rapides (quatrième génération) qui permettront de tirer le meilleur parti des matières recyclables.



Conçu en 1869 par le chimiste russe Dimitri Ivanovitch Mendeleïev, le tableau périodique des éléments est une référence universelle. Il classe les éléments chimiques connus et à découvrir selon leur numéro atomique et leurs propriétés chimiques.

1	H Hydrogène	18	He Hélium
2	Li Lithium	2	Be Béryllium
3	Na Sodium	11	Mg Magnésium
4	K Potassium	19	Ca Calcium
5	Rb Rubidium	37	Sr Strontium
6	Cs Césium	55	Ba Baryum
7	Fr Francium*	87	Ra Radium
8		88 à 103	Actinides (voir tableau ci-dessous)
9		104	Rutherfordium
10		105	Dubnium
11		106	Seaborgium
12		107	Bohrium
13	B Bore	13	Al Aluminium
14	C Carbone	14	Si Silicium
15	N Azote	15	P Phosphore
16	O Oxygène	16	S Soufre
17	F Fluor	17	Cl Chlore
18	Ne Néon	18	Ar Argon
19		36	Kr Krypton
20		37	Xe Xénon
21		38	Iode
22		39	
23		40	
24		41	
25		42	
26		43	
27		44	
28		45	
29		46	
30		47	
31		48	
32		49	
33		50	
34		51	
35		52	
36		53	
37		54	
38		55	
39		56	
40		57 à 71	Lanthanides (voir tableau ci-dessous)
41		72	Hafnium
42		73	Tantale
43		74	Tungstène
44		75	Rhénum
45		76	Osmium
46		77	Iridium
47		78	Platine
48		79	Or
49		80	Mercure
50		81	Thallium
51		82	Plomb
52		83	Bismuth
53		84	Polonium
54		85	Astate*
55		86	Radon
56		87	
57 à 71		88	
58		89 à 103	
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
			Éléments super lourds utilisés pour la recherche en physique nucléaire



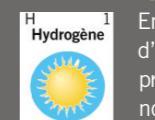
au CEA

Les quatre axes de recherche de l'organisme (énergies bas carbone, défense & sécurité, technologies pour l'information, technologies pour la santé, et leur recherche fondamentale associée) sollicitent de nombreux chimistes. Des laboratoires se consacrent par exemple : au développement de matériaux innovants pour les batteries des véhicules électriques, à la fabrication de composants microélectroniques, à la découverte de nouvelles molécules bio-actives, à l'optimisation du traitement du combustible nucléaire, à la réalisation de capteurs ultra-sensibles. Tout est chimie !

ATOME

Constituant fondamental de la matière, formé par un noyau (**au centre**), composé de protons et de neutrons, autour duquel gravitent des électrons (**en bleu**) sur des orbites électroniques (**cercles**).

Les atomes stables ont 7 orbites électroniques que les électrons remplissent au fur et à mesure, de l'intérieur vers l'extérieur.

ÉLÉMENT CHIMIQUE

Ensemble des formes (isotopes) possibles d'un atome : avec le même nombre de protons et d'électrons, mais pas le même nombre de neutrons.

H Symbole atomique : représentation universelle de l'élément.

1 Numéro atomique : nombre de protons et d'électrons de l'élément.

Soleil : Objet dans lequel est présent l'élément.

LIGNES (1 À 7)

Eléments qui ont le même nombre d'orbites occupées par des électrons : ceux de la ligne 1 ont une seule orbite occupée, ceux de la ligne 2 en ont 2, etc.

Appelées périodes, les lignes renseignent sur la configuration électronique des éléments, permettant ainsi de prévoir l'évolution de leurs propriétés.

COLONNES (1 À 18)

Eléments aux propriétés chimiques similaires, dont la réactivité qui est liée au nombre d'électrons sur leur orbite externe (déterminant leur capacité à céder ou à recevoir des électrons).

Colonne 1, 2, 13, 14, 15, 16 et 17 : éléments qui ont le même nombre d'électrons sur leur orbite externe (col. 1 : 1 électron, col. 13 : 3 électrons, col. 14 : 4, etc.)

Colonne 18 : éléments dont l'orbite externe est saturée en électrons (saturation à 8 électrons, sauf l'orbite 1 qui sature à 2 électrons lorsqu'elle est externe).

FAMILLES

Le tableau organise également des familles d'éléments au comportement chimique proche : les métaux de transition, les lanthanides (terres rares), les actinides mais aussi les gaz rares, les halogènes, etc.

Le microscope à effet tunnel

DÉFINITIONS

EFFET TUNNEL Phénomène quantique qui permet aux particules de franchir des barrières de potentiel.

Exemple : pour franchir le sommet d'une colline, une pierre doit être lancée avec suffisamment d'énergie ; or, même si des électrons n'ont pas assez d'énergie, certains d'entre eux parviennent à traverser la colline, comme s'ils empruntaient un « tunnel », invisible.

PIÉZOÉLECTRIQUE Propriété de certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique et de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique.

SPECTROSCOPIE Étude du spectre d'un phénomène physique, c'est-à-dire de sa décomposition sur une échelle d'énergie. Ici, en faisant varier la tension (en volt), on balaye les niveaux d'énergie (en électron-volt) de l'échantillon et l'on accède ainsi au spectre de densité d'états électroniques.

ÉCHANGE D'ÉLECTRONS

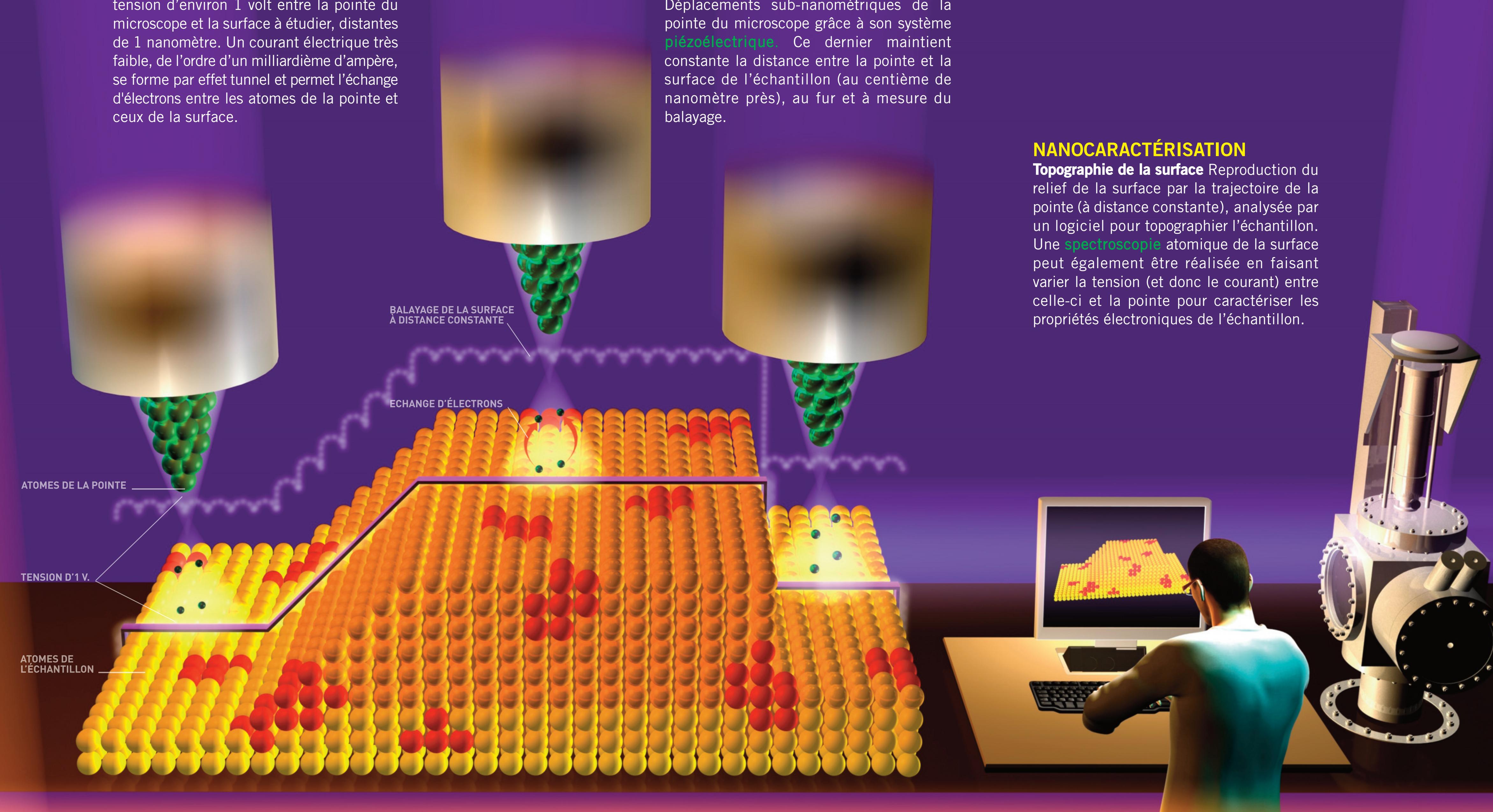
Génération d'un courant Application d'une tension d'environ 1 volt entre la pointe du microscope et la surface à étudier, distantes de 1 nanomètre. Un courant électrique très faible, de l'ordre d'un milliardième d'ampère, se forme par effet tunnel et permet l'échange d'électrons entre les atomes de la pointe et ceux de la surface.

BALAYAGE DE LA SURFACE

Balayage ultra-précis à distance constante Déplacements sub-nanométriques de la pointe du microscope grâce à son système **piézoélectrique**. Ce dernier maintient constante la distance entre la pointe et la surface de l'échantillon (au centième de nanomètre près), au fur et à mesure du balayage.

NANOCARACTÉRISATION

Topographie de la surface Reproduction du relief de la surface par la trajectoire de la pointe (à distance constante), analysée par un logiciel pour topographier l'échantillon. Une **spectroscopie** atomique de la surface peut également être réalisée en faisant varier la tension (et donc le courant) entre celle-ci et la pointe pour caractériser les propriétés électroniques de l'échantillon.

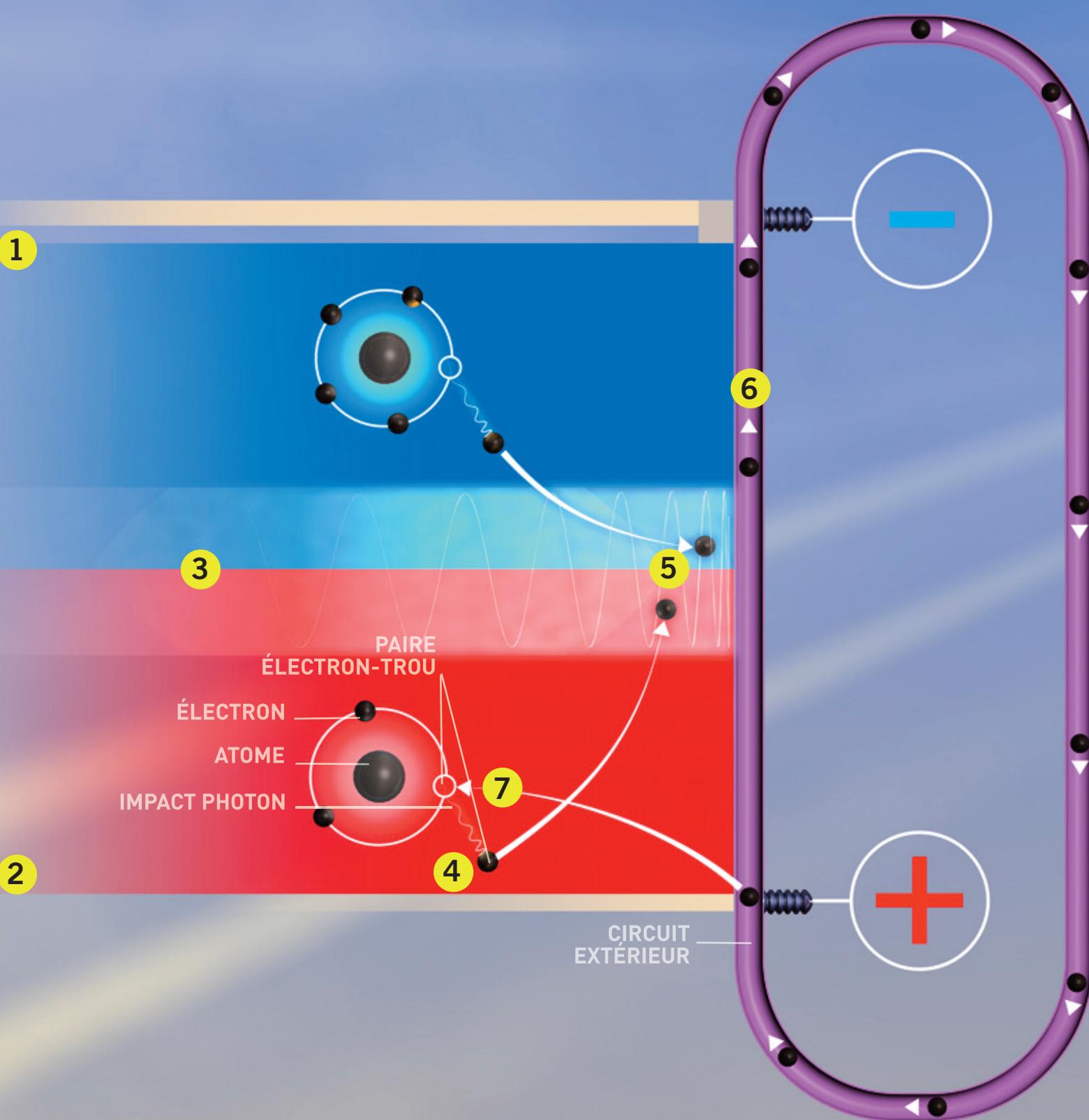
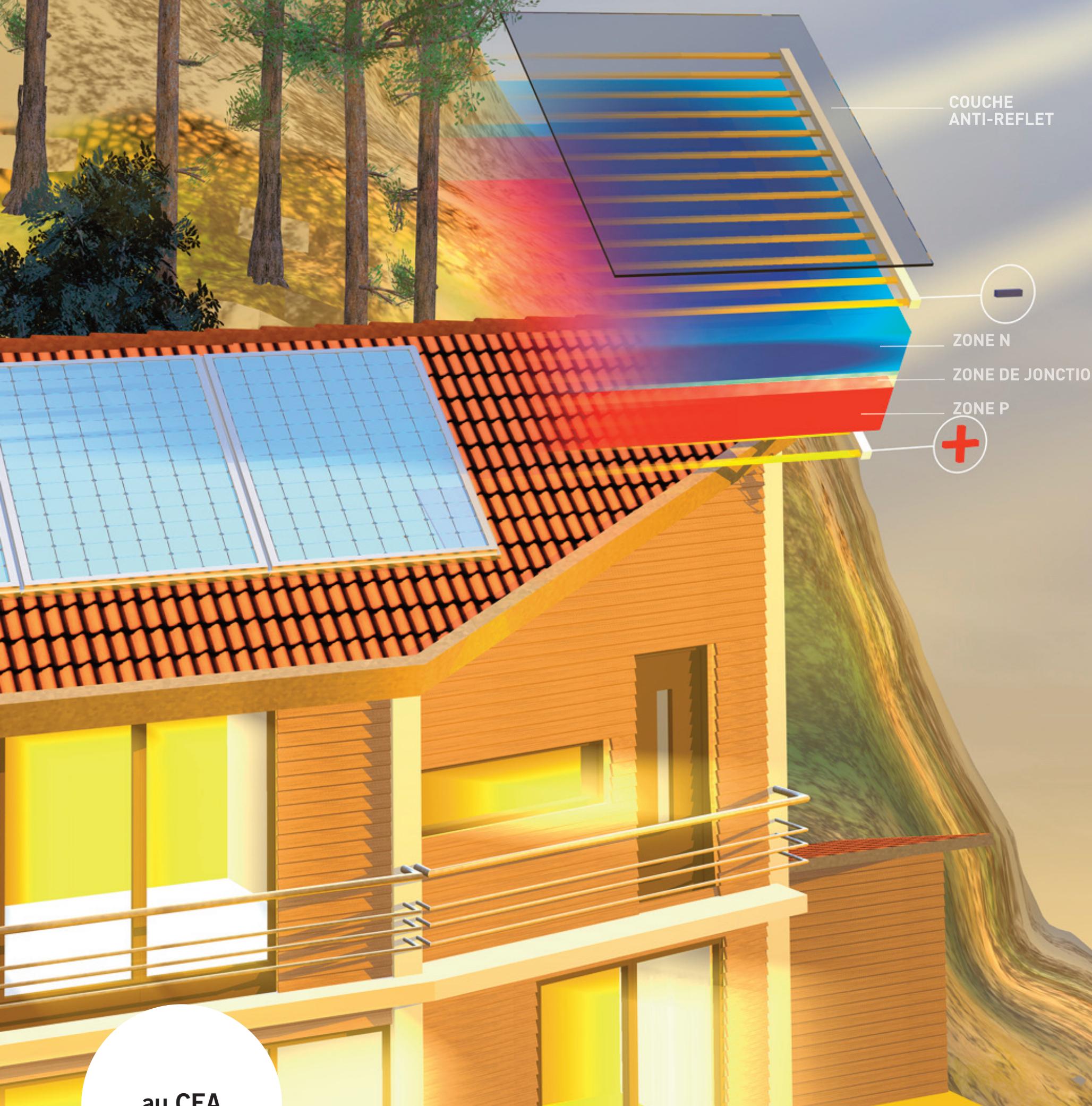


au CEA

Les laboratoires de caractérisation de la Direction des sciences de la matière du CEA comptent de nombreux microscopes à effet tunnel. Dépendant de leur emploi (recherche technologique en micro et nanotechnologie ou recherche fondamentale), ils sont utilisés clés en main ou assemblés par les chercheurs en vue de configurations spécifiques. Lorsqu'il s'agit de caractériser des surfaces non conductrices, les chercheurs utilisent des microscopes à force atomique, dont la pointe "gratte" ou "tapote" les atomes.

L'effet photovoltaïque permet la conversion directe des rayons du Soleil en électricité. Sous l'action de la lumière, et grâce au champ électrique interne consécutif au **dopage** du matériau de la cellule, un courant photogénéré est créé. Les **photons** du Soleil sont absorbés dans la cellule et libèrent des électrons de son matériau.

Les cellules photovoltaïques



DÉFINITIONS

DOPAGE Technique consistant à ajouter d'autres atomes à ceux qui compose un matériau pour améliorer sa conductivité.

PHOTON Particule élémentaire (quantum) de toutes les ondes électromagnétiques, dont la lumière visible.

PAIRE ÉLECTRON-TROU Ensemble formé, dans un semi-conducteur, par un électron ayant quitté une bande d'énergie et par l'emplacement laissé vacant dans cette bande équivalant à une charge positive.

CHAMP ÉLECTRIQUE INTERNE

Amélioration de la conductivité **Dopage** du silicium de la cellule avec du phosphore (atomes à 5 électrons) pour la zone n **1**, et du bore (3 électrons) pour la zone p **2**. Zone n excédentaire, et zone p déficitaire en électrons. **Création d'un champ électrique interne** Diffusion des électrons excédentaires à l'état d'équilibre dans la zone déficitaire. Création de **paires électrons-trous** induisant des charges négatives (électrons) et positives (trous) de part et d'autre des zones : génération, à la jonction de ces zones, d'un champ électrique interne **3** sans lequel la cellule ne peut fonctionner.

COURANT PHOTOGÉNÉRÉ

Liberation des électrons Absorption, par la cellule, des photons qui permettent de libérer les électrons de leur état d'équilibre : c'est la photogénération **4**. Les électrons diffusent vers la zone de jonction **5**.

Circulation des électrons Accélération des électrons par le champ électrique interne vers le circuit extérieur **6**. Une fois leur énergie libérée, ils reviennent à l'équilibre dans la zone opposée, en se recombinant avec un trou **7**.

SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE

Conversion du courant Assemblage des cellules en des modules, couplés à des régulateurs pour convertir le courant en électricité. Soit le courant est réinjecté dans le réseau électrique, soit il est stocké dans des batteries pour fournir de l'électricité la nuit.

Rendement actuel Environ 15%, dépendant de l'intensité lumineuse et de la chimie utilisée pour les cellules.

au CEA

Les équipes du CEA-Liten fédèrent les recherches sur l'énergie solaire en partenariat avec des industriels, au sein de l'Ines (Institut national de l'énergie solaire). Leurs travaux vont de la conception et de l'amélioration du rendement des cellules photovoltaïques jusqu'au développement des batteries assurant le stockage de cette énergie.

La fabrication d'une puce électronique

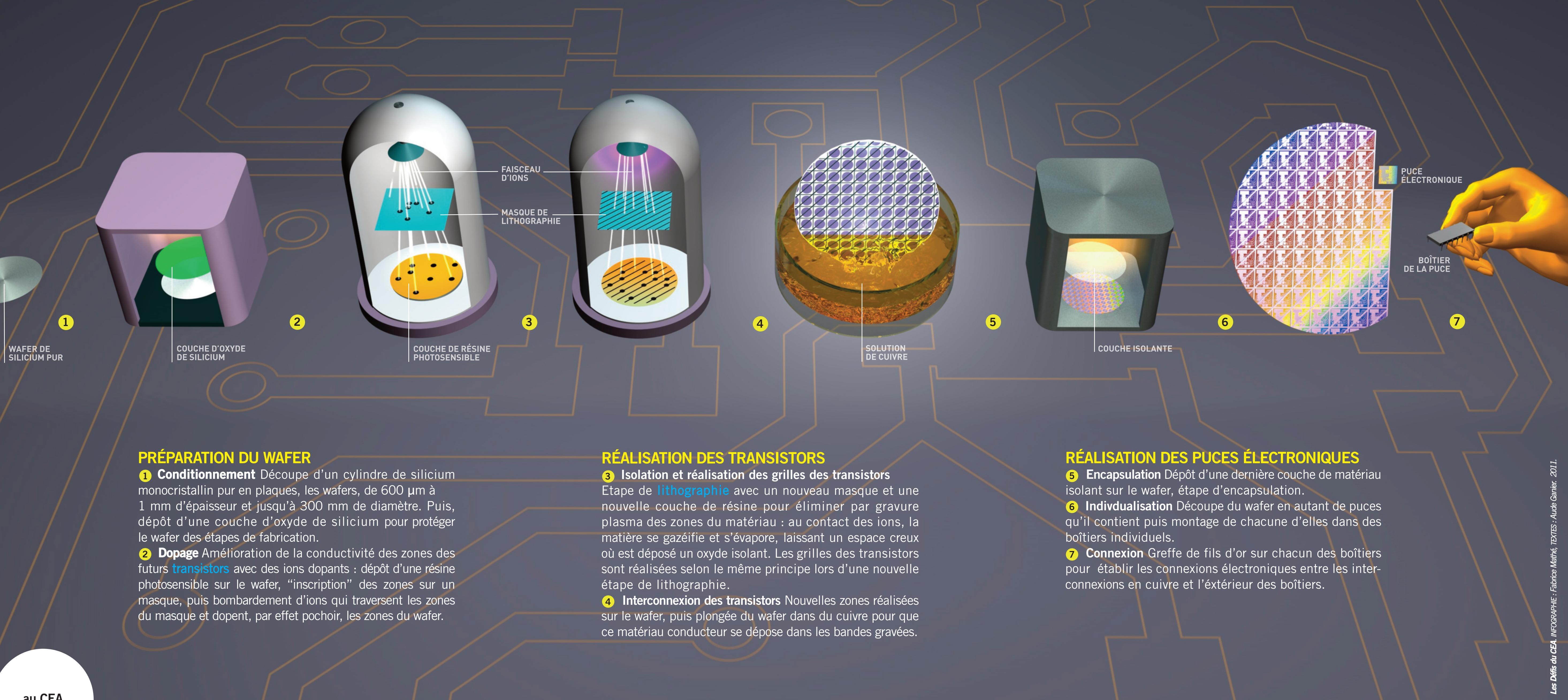
De la taille d'une pièce de monnaie, la puce électronique est le support du circuit formé par l'intégration de composants microélectroniques. Elle contient principalement des **transistors**, jusqu'à deux milliards aujourd'hui en 2011, contre 42 millions en 2000. Plusieurs étapes de **lithographie** sont nécessaires pour les réaliser sur les puces, elles-mêmes produites en série sur un unique wafer. Et cela, dans l'environnement ultra-confiné des **salles blanches**.

DÉFINITIONS

TRANSISTORS Composants principaux dans l'électronique constitués de matériaux semi-conducteurs qui permettent de faire passer tous types d'informations à la manière d'un interrupteur.

LITHOGRAPHIE Technique de gravure utilisant un faisceau d'électrons pour créer un motif en creux sur une surface.

SALLES BLANCHES Lieu où la concentration particulaire est maîtrisée afin de minimiser le volume de particules (néfastes pour les dispositifs fonctionnant à très petite échelle). Une salle blanche de classe 1 voit son air renouvelé toutes les 6 secondes.



au CEA

Depuis les années 2000, le CEA-Leti compte à Grenoble une ligne pour travailler sur des wafers de 300 mm. En 2010, il accueille une nouvelle ligne pour réaliser des composants électroniques en 3D. Tous ces développements sont réalisés dans une démarche de recherche appliquée, mais également en soutien aux industriels. Les salles blanches du CEA-Leti sont parmi les mieux équipées d'Europe.

Les puces à ADN

Très utilisées en médecine, les puces à ADN permettent de diagnostiquer certaines maladies ou d'en disposer les prédispositions.

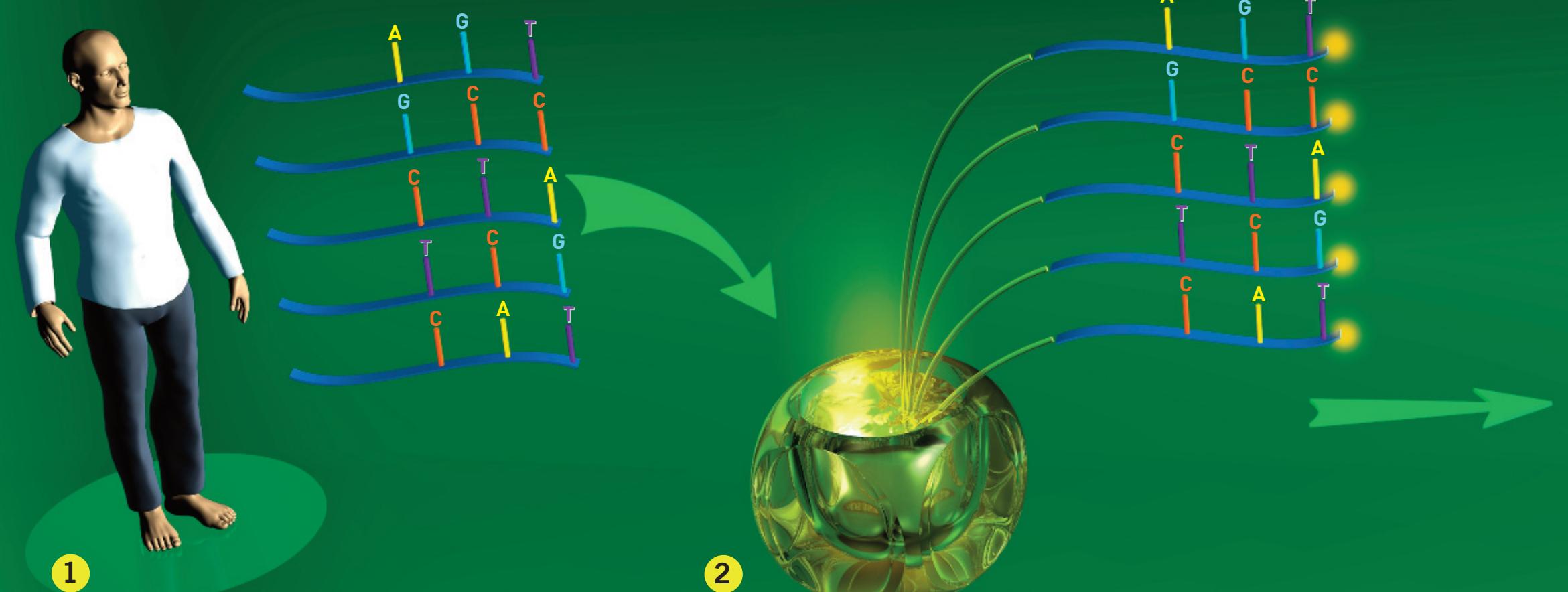
Il s'agit d'extraire l'**ARN messager** des cellules du patient (**ADN cible**) puis de les mettre en contact, sur une puce, avec l'ADN de la maladie (**ADN sonde**). Si les ADN sont complémentaires, c'est-à-dire si leurs **bases** (A, T, G et C) s'apparent, cela signifie la présence d'une maladie qui peut être détectée.

DÉFINITIONS

ADN (acide désoxyribonucléique) Molécule, présente dans toutes les cellules vivantes, qui renferme les informations nécessaires au fonctionnement d'un organisme. Formée de deux brins constitués et liés par des milliards de bases, elle est aussi le support de l'hérédité et détermine la synthèse des protéines, via l'ARN.

BASES Bases azotées qui assurent la variabilité de l'ADN et la complémentarité de ses deux brins. 4 types : adénine (A), thymine (T), guanine (G) et cytosine (C) qui vont par paires (A avec T, et G avec C).

ARNm (acide ribonucléique messager) Copie d'une portion d'ADN, correspondant à des gènes, qui peut sortir du noyau de la cellule (contrairement à l'ADN) pour exprimer des informations génétiques et pour rejoindre la machinerie cellulaire qui est capable de lire ses messages et de les traduire pour fabriquer des protéines.



PRÉPARATION DE L'ADN CIBLE

- 1 **Identification** Extraction de l'ARNm des cellules d'un patient atteint d'une maladie génétique puis identification des gènes qui s'expriment effectivement chez le patient. Purification des ARNm en *ADN cible*.
- 2 **Marquage** Reproduction en milliers de brins d'ADN des ARNm, et marquage des *ADN cible* avec une molécule fluorescente.

PRÉPARATION DE L'ADN SONDE

- 3 **Greffage de l'ADN sonde** Identification de fragments d'ADN de séquences connues d'une ou plusieurs maladies pour former l'*ADN sonde*. Intégration de ces brins d'ADN sur la puce (quelques cm² d'un support solide en verre, silicium, etc.).

UTILISATION DE LA PUCE A ADN

- 4 **Liaisons des bases ADN** Mise en contact des brins *ADN cible* avec ceux *ADN sonde* greffés sur la puce. Liaisons de certains des brins *ADN cible* avec ceux *ADN sonde*. Les brins qui ne s'apparent pas sont éliminés lors du rinçage de la puce.

INTERPRÉTATION DES DONNÉES

- 5 **Analyse** Mise en évidence des appariements des brins d'ADN par détection de la fluorescence des brins *ADN cible*. Localisation des liaisons qui signifient et désignent les gènes du patient qui sont porteurs de maladie.



au CEA

Le laboratoire **Biopuces du CEA-IRTSV** (Institut de recherche en technologies et sciences pour le vivant) développe différents types de biopuces (puces à ADN et notamment puces à cellules) en s'appuyant sur des compétences dans les domaines de la biologie, des nano et microtechnologies, de la chimie de surface, de la détection optique et électronique, de la modélisation et de la bioinformatique.

La radioactivité

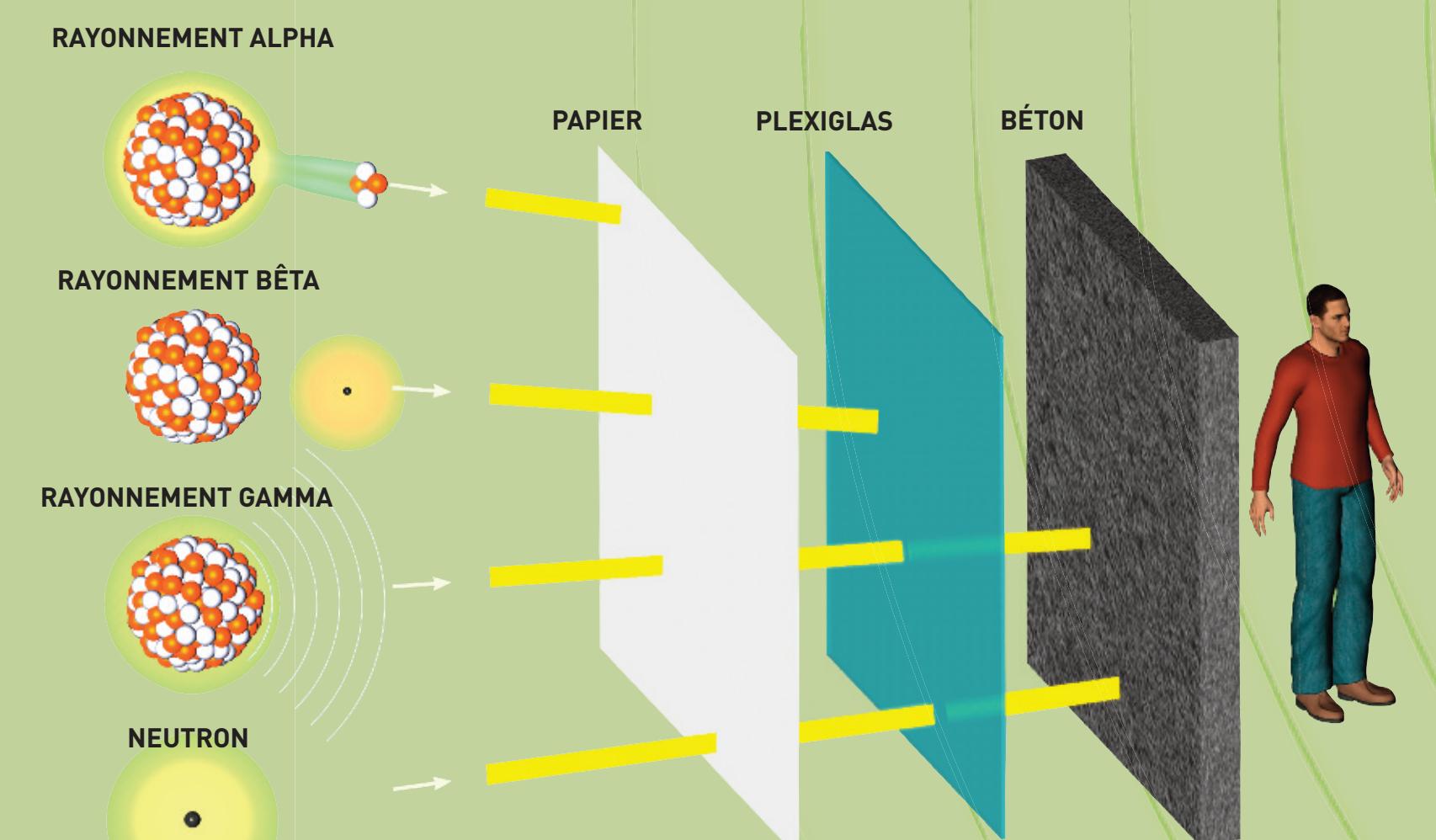
La radioactivité est un phénomène physique spontané par lequel des noyaux instables d'atomes émettent des rayonnements. Naturelle ou artificielle, son impact sanitaire dépend de l'exposition, annuelle ou ponctuelle, de la dose reçue et des organes touchés. Quelques notions clés pour mieux se repérer...

PHÉNOMÈNE PHYSIQUE

Définition Emission d'énergie par des noyaux instables pour se transformer en noyaux stables (désintégration).

Origine Artificielle (industries nucléaire, médicale) et naturelle : tellurique (radon, granit, uranium), cosmique (particules des destructions d'étoiles), biologique (carbone 14, potassium 40 du corps).

Objet 4 types de rayonnements : alpha, bêta, gamma, neutrons qui n'ont pas la même durée ni la même force de pénétration.



DURÉE DE DESINTÉGRATION

Période : temps au bout duquel un élément perd la moitié de sa radioactivité.

Oxygène 15 : 2,02 min.

(artificiel / imagerie médicale)

Radon 222 : 3,82 jours

(naturel / gaz issu des roches granitiques)

Iode 131 : 8,05 jours

(artificiel / produit des réacteurs nucléaires)

Carbone 14 : 5 730 ans

(naturel / datation)

Plutonium 239 : 24 100 ans

(artificiel / produit des réacteurs nucléaires)

Uranium 238 : 4,47 milliards d'années (naturel / roches granitiques)

UNITÉ DE MESURE

Unités utilisées pour quantifier la radioactivité :

Becqurels Nombre de désintégrations par seconde (caillou de granit : 1 000 Bq, homme de 70 kg : 8 000 Bq).

Grays Quantité d'énergie cédée par rayonnement dans un volume de matière.

Sieverts Quantité d'énergie cédée couplée à son effet biologique. Unité complexe qui prend en compte à la fois le type de rayonnement et l'organe touché.

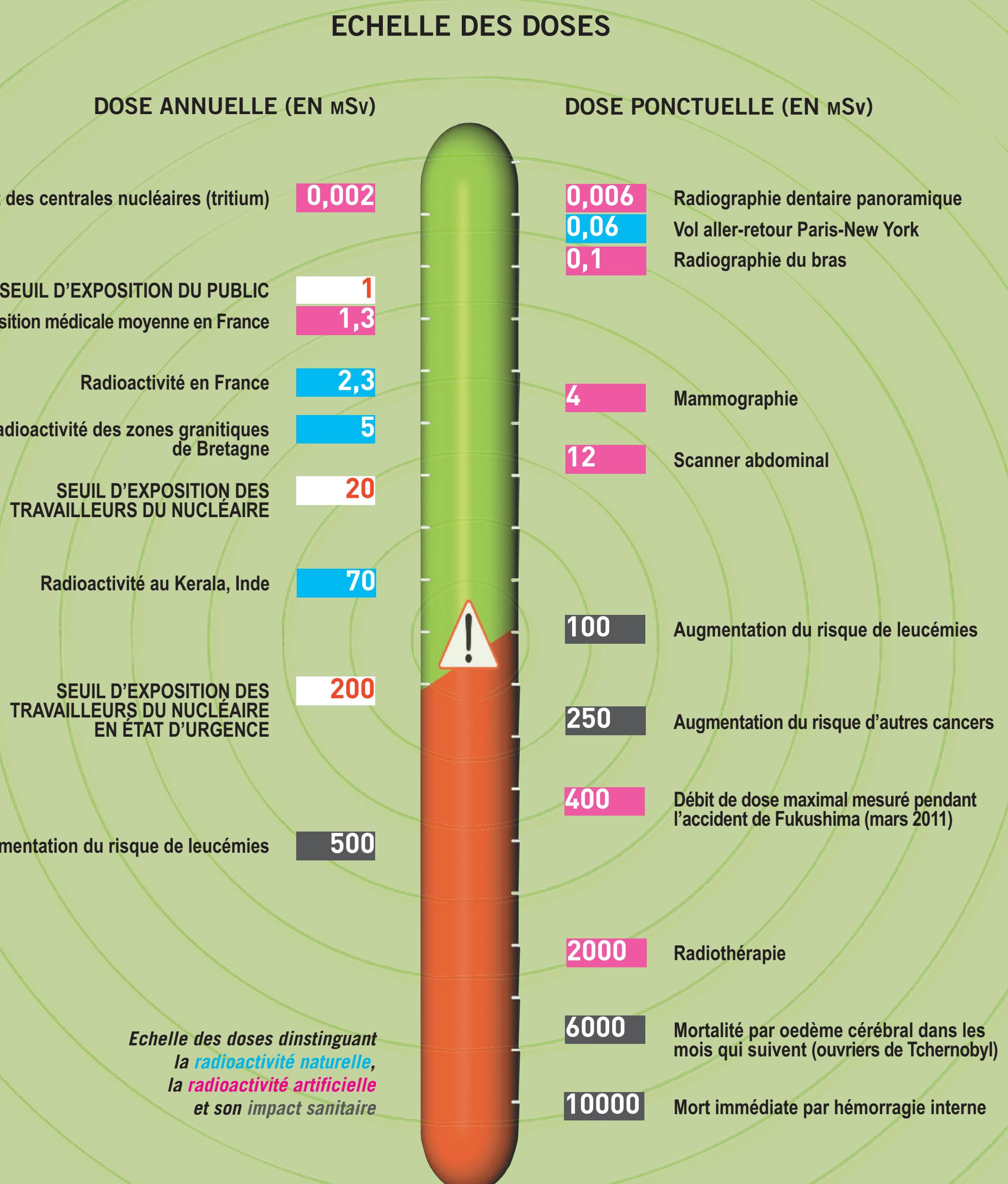
au CEA

Le nucléaire est le cœur de métier historique du CEA, qui a développé toute une chaîne de compétences et acquis de nombreuses connaissances sur la physique nucléaire, la toxicologie nucléaire, l'imagerie médicale, les matériaux innovants, etc. Un savoir-faire pluridisciplinaire et transversal à toutes les activités du CEA.

EXPOSITION

Limite Seuil annuel d'exposition artificielle fixé par la CIPR (Commission internationale de protection radiobiologique), en plus de l'exposition naturelle, 1 mSv pour le public et 20 mSv pour les travailleurs du nucléaire.

Différents modes Irradiation externe chronique (rayons cosmiques frappant la Terre), irradiation externe ponctuelle (examen radiologique), contamination interne chronique (inhalation de radon contenu dans l'air), contamination interne ponctuelle (ingestion d'eau contaminée).



IMPACT SANITAIRE

Impact d'une irradiation en fonction de la dose et de l'organe touché.

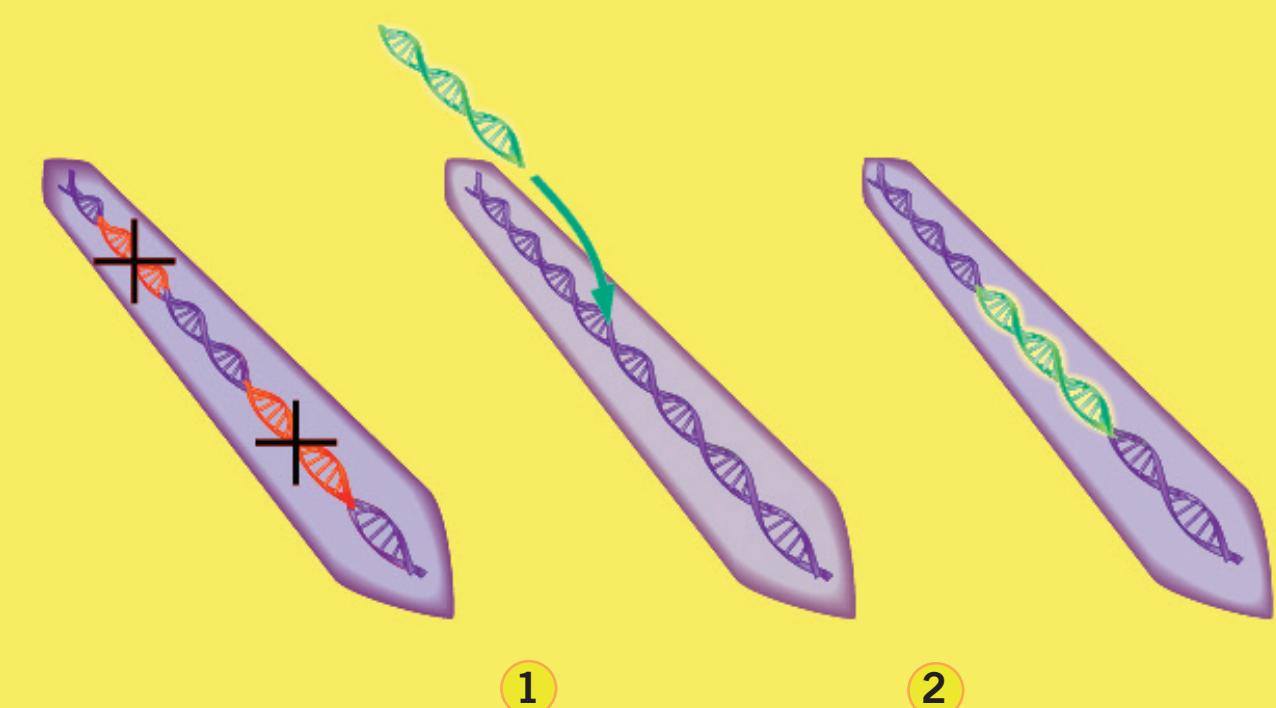
Faibles doses (inférieures à 100mSv) Absence d'effets décelables lors d'études épidémiologiques qui ne permet toutefois pas d'exclure l'existence de risques. Les recherches se poursuivent.

Fortes doses (supérieures à 100mSv) Distinction des effets déterministes (cataracte, brûlures, lésions, hémorragies internes...) des effets probabilistes (différents types de cancers).

La thérapie génique

Première mondiale en septembre 2010 : le succès d'une thérapie génique dans le traitement d'un jeune homme atteint de β -thalassémie.

Les médecins et les chercheurs réussissent à remplacer ses cellules souches, dotées d'un gène défectueux responsable de la maladie, par des cellules souches contenant un gène correcteur. Explications.



DÉFINITIONS

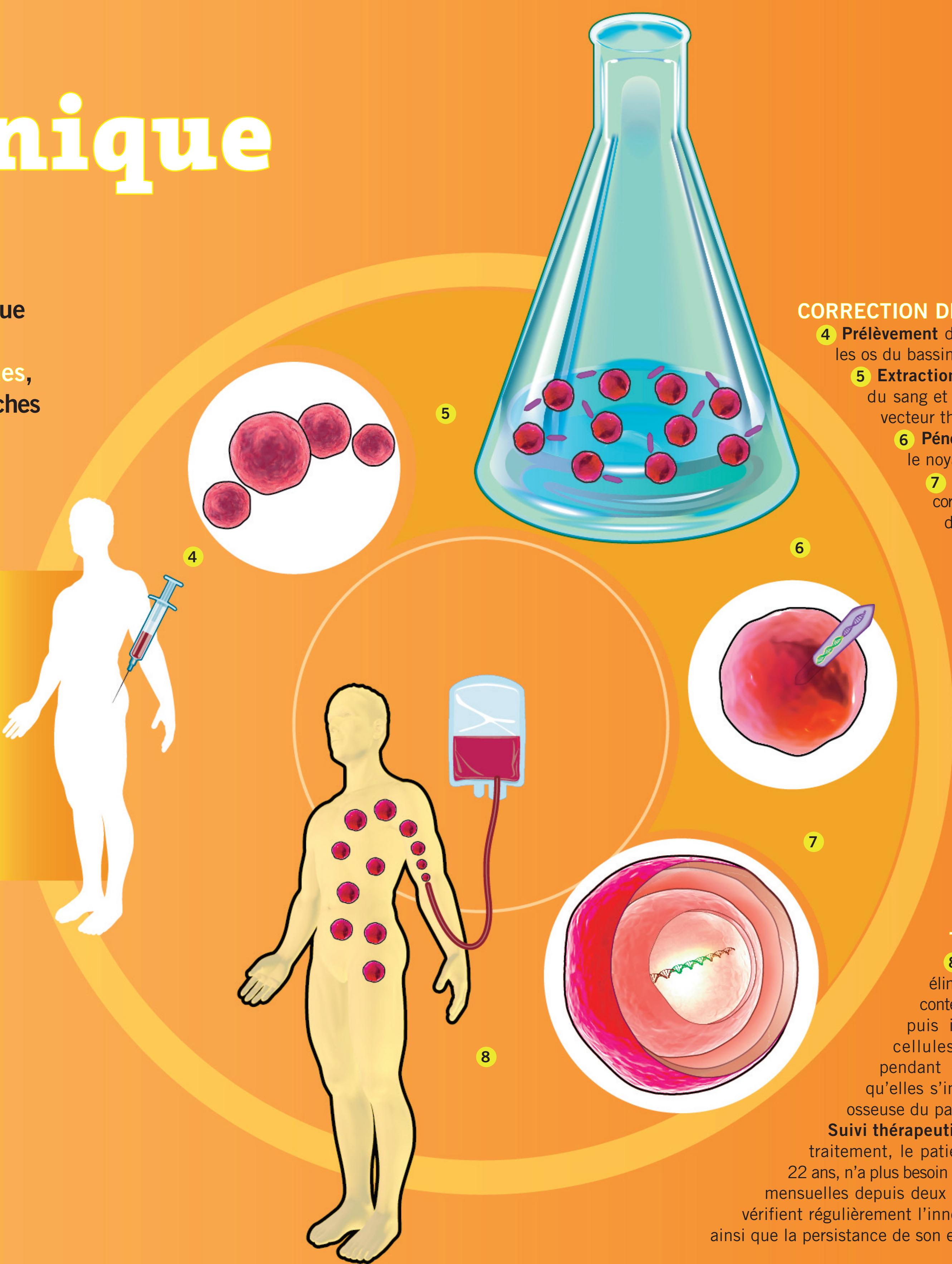
β -THALASSÉMIE Maladie héréditaire qui affecte le gène produisant une protéine qui participe, dans les globules rouges, au transport de l'oxygène dans l'organisme. L'unique voie de guérison est la greffe de moelle osseuse ou du sang du cordon ombilical, mais seuls 20% des patients ont des donneurs compatibles.

CELLULES SOUCHES Cellules, de l'embryon, du fœtus ou de tissus adultes, qui assurent le renouvellement des cellules d'une personne en pouvant se diviser tout au long de sa vie.

GÈNE/GÉNOME Élément correspondant à un segment d'ADN qui produit une molécule d'ARN fonctionnelle. Situé à un endroit bien précis sur un chromosome, c'est une unité d'hérédité contrôlant une fonction particulière dans l'organisme. L'ensemble des gènes forme le génome.

PRÉPARATION DU VECTEUR THÉRAPEUTIQUE

- 1 **Suppression** des gènes dangereux d'un virus pour le rendre inoffensif.
- 2 **Intégration** dans son génome de la bonne version du gène initialement défectueux avec ses éléments régulateurs, dit gène correcteur.
- 3 **Obtention** d'un vecteur thérapeutique qui permettra d'introduire le gène correcteur dans les cellules souches du sang.



CORRECTION DES CELLULES

- 4 **Prélèvement** de moelle osseuse dans les os du bassin du patient.
- 5 **Extraction** des cellules souches du sang et mise en contact avec le vecteur thérapeutique.
- 6 **Pénétration** du vecteur dans le noyau des cellules souches.
- 7 **Intégration** du gène correcteur dans le génome des cellules souches, ainsi corrigées.

TRAITEMENT

- 8 **Chimiothérapie**, pour éliminer les cellules souches contenant le gène défectueux, puis injection sanguine des cellules souches corrigées, pendant quelques heures, pour qu'elles s'installent dans la moelle osseuse du patient.

Suivi thérapeutique Trois ans après ce traitement, le patient, aujourd'hui âgé de 22 ans, n'a plus besoin de transfusions sanguines mensuelles depuis deux ans. Mais les médecins vérifient régulièrement l'innocuité de cette thérapie ainsi que la persistance de son effet thérapeutique.

au CEA

Le Professeur Leboulch, directeur du CEA-Imet (Institut des maladies émergentes et des thérapies innovantes (Imet-CEA), a assuré la direction scientifique de l'essai de thérapie génique contre la β -thalassémie. Ses équipes ont développé le vecteur du gène correcteur utilisé dans cet essai, son évaluation chez l'animal et la mise en place du protocole clinique. Ce succès résulte d'une collaboration CEA/Inserm/Assistance publique – Hôpitaux de Paris/Université Paris-Sud 11/Pôle Sorbonne Paris Cité / Universités d'Havard et de Pennsylvanie / société Bluebird Bio.