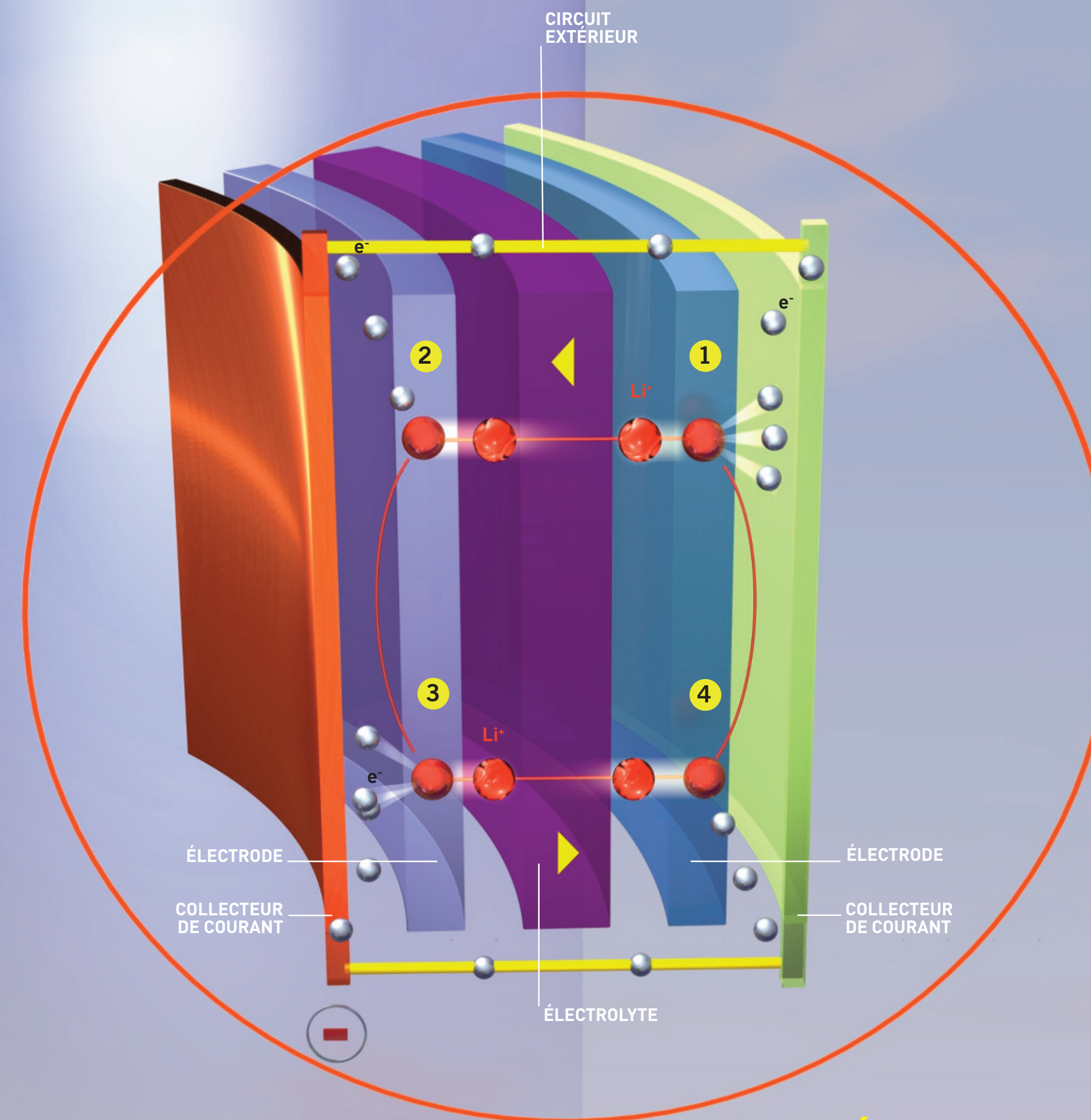


La batterie est un assemblage d'accumulateurs qui stocke l'énergie électrique issue de la circulation des ions entre deux électrodes, et des électrons dans un circuit extérieur. Différentes batteries existent selon leur fonction dans un véhicule, hybride ou électrique : traction en continu, récupération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

Les batteries des véhicules électriques



FONCTIONNEMENT DE L'ACCUMULATEUR

Etat de charge Réaction d'oxydation dans l'électrode⁺ qui libère des ions lithium Li^+ dans l'électrolyte et des électrons e^- dans un circuit extérieur **1**.

Potentiel électrique du matériau : 3,7 volts (V).

Réaction de réduction dans l'électrode⁻ qui intègre ces ions Li^+ en consommant les électrons du circuit extérieur **2**.

Potentiel électrique du matériau : 0,1 V.

La charge provient de la tension de fonctionnement, qui est la différence entre les deux potentiels, soit 3,6 V.

Etat de décharge Réactions inverses aux électrodes : libération des ions Li^+ par l'électrode⁻ **3** et réinsertion dans l'électrode⁺ **4**. Ce principe de fonctionnement est appelé : mécanisme *rocking-chair*.

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".

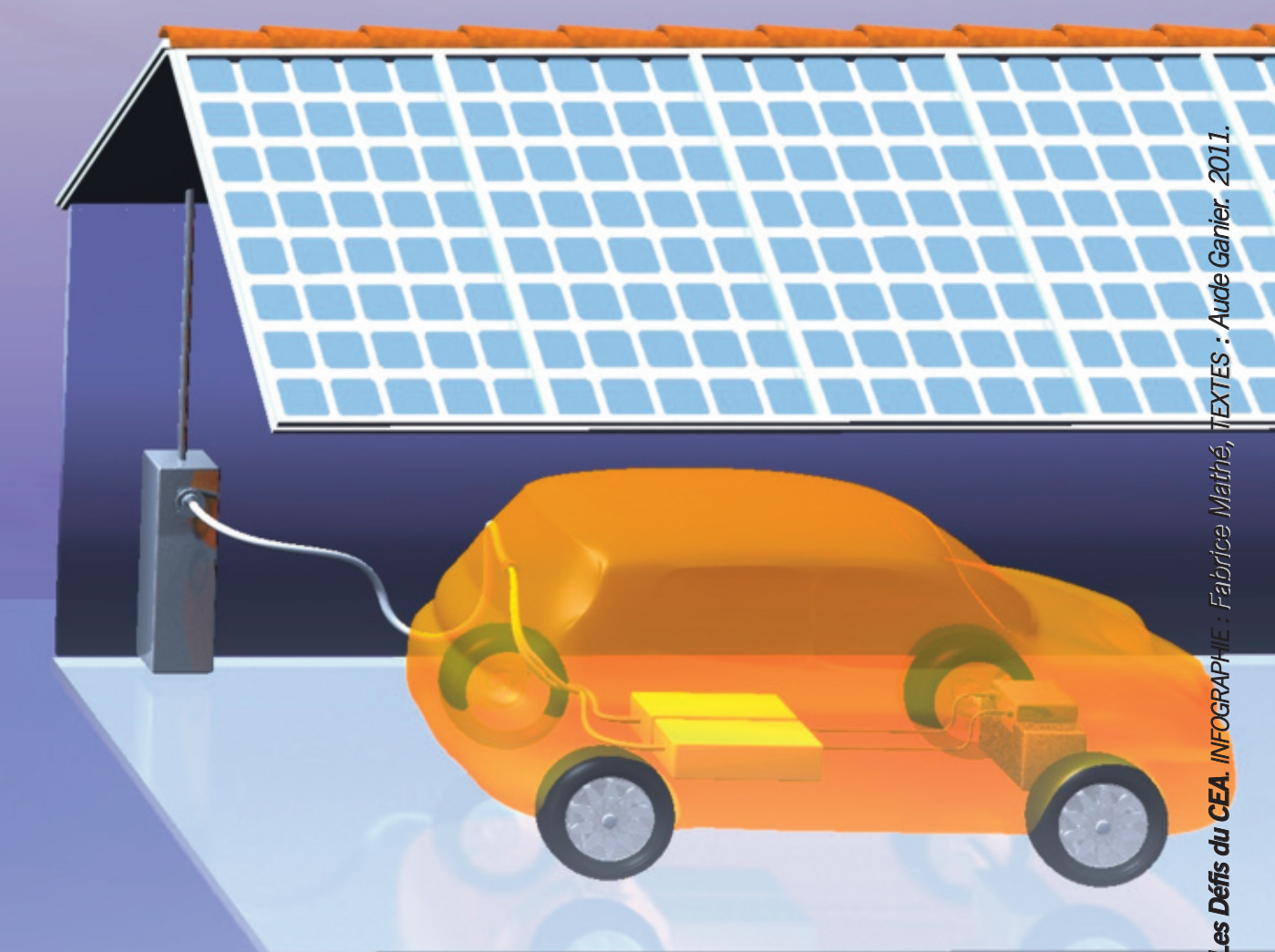
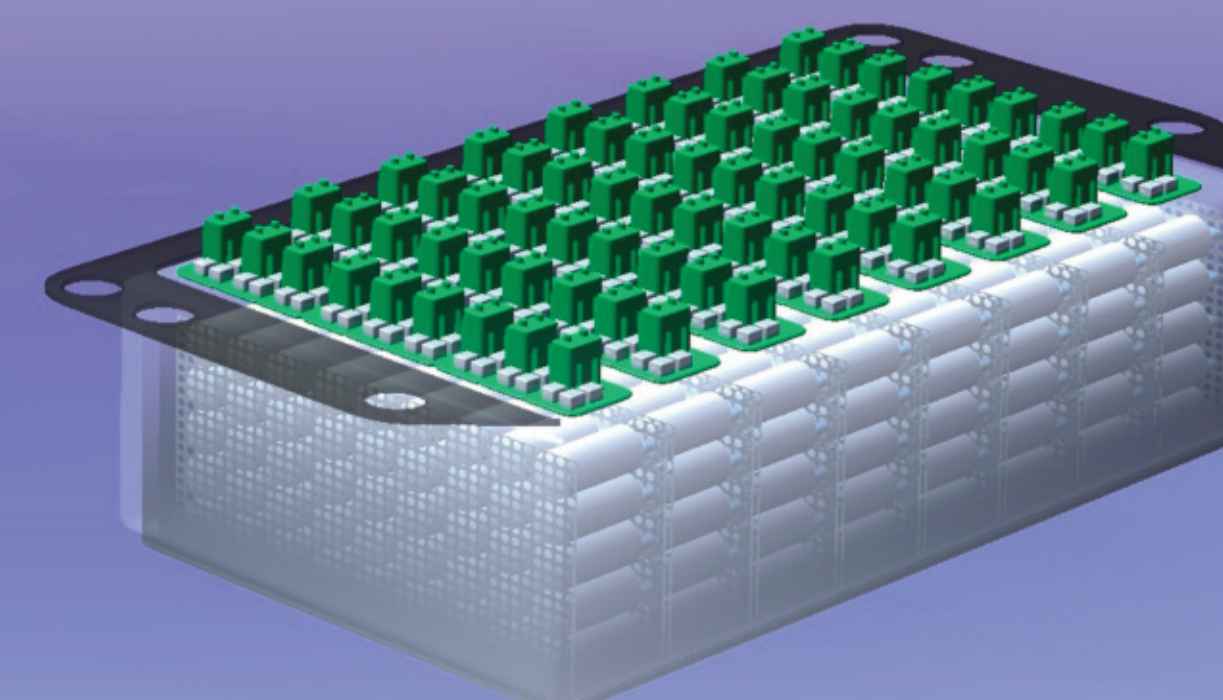
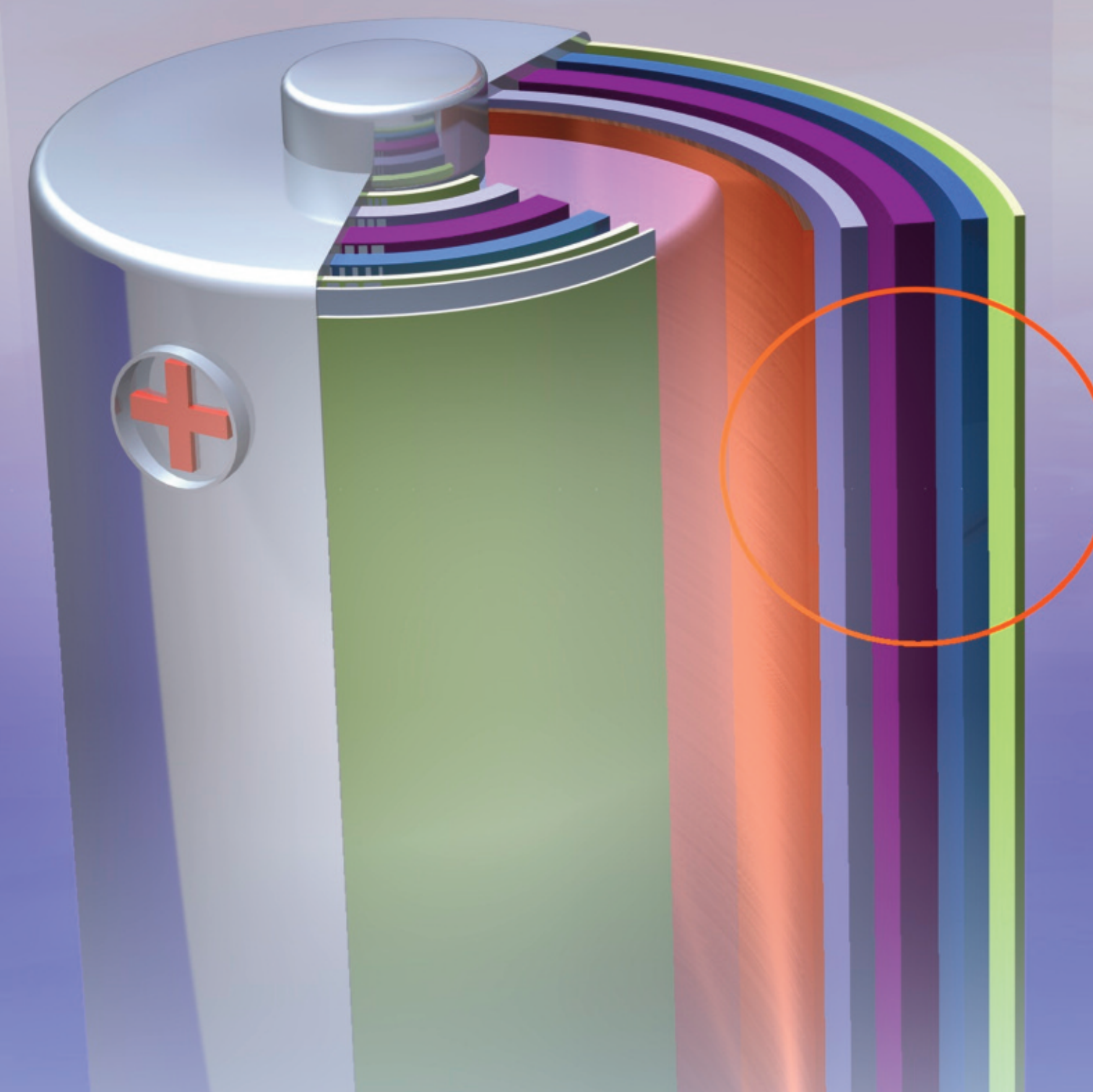
RÉALISATION DE LA BATTERIE

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...

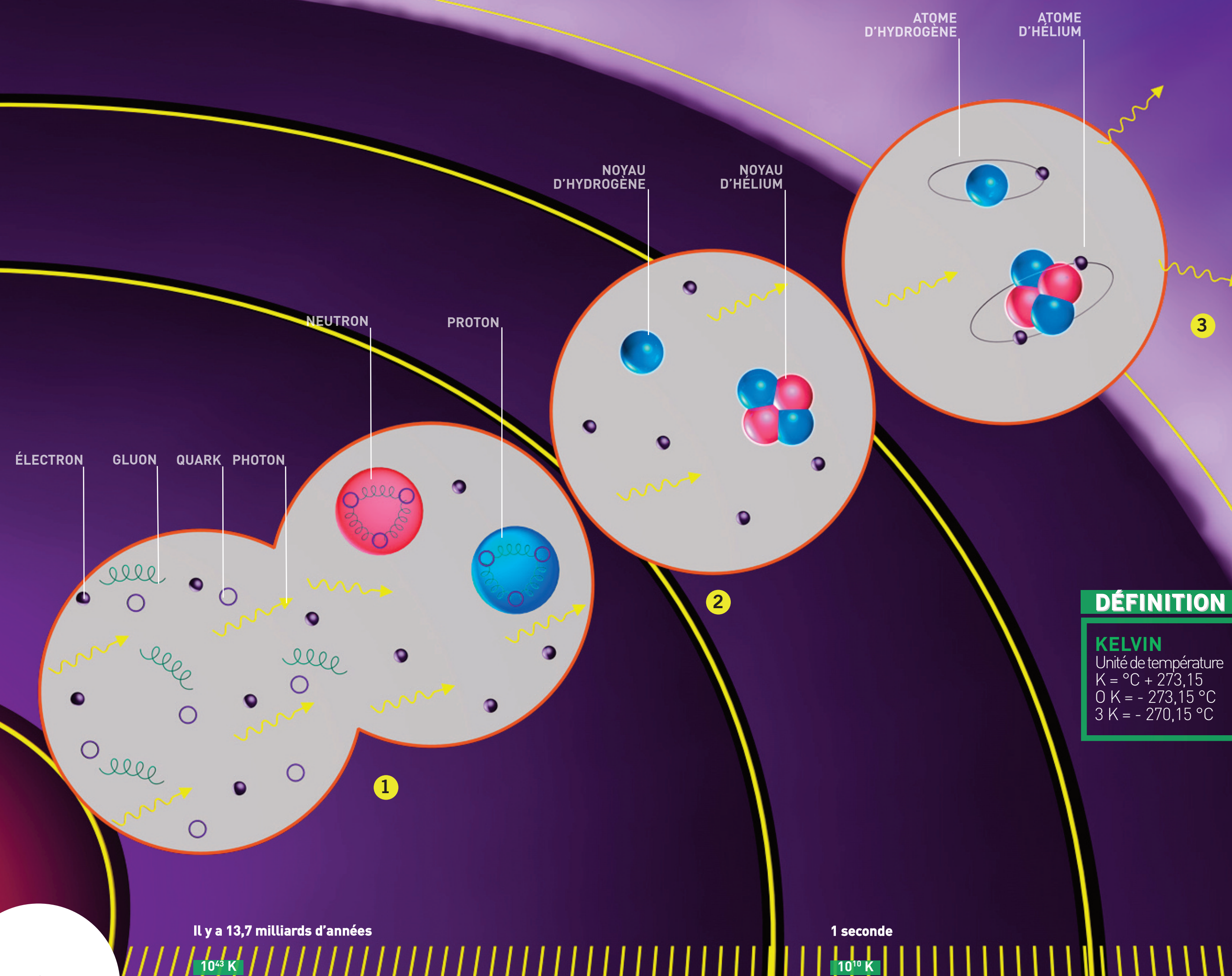
Le modèle du big-bang

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 régnaient 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".



DÉFINITION

KELVIN

Unité de température
 $K = ^\circ C + 273,15$
 $0 K = - 273,15 ^\circ C$
 $3 K = - 270,15 ^\circ C$

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.

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.

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.

4 ÉTOILES 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.

au CEA

Tous les services du CEA-Irfu sont impliqués dans l'exploration de l'Univers, tant dans la conception d'outils d'observation (par exemple une partie de l'instrumentation du satellite Herschel), que dans l'analyse de données ou dans la réalisation de modèles théoriques.

Aujourd'hui

3 K

3,000 K

10¹⁰ K

10³² K

10³² K

10³² K

10³² K

10³² K

10³² K

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_2O) d'un élément (H_2O) par voie électrique en immergeant deux électrodes (conductrices) dans le solvant contenant H_2O .

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-Saoudron, 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).

PRÉPARATION DE LA BIOMASSE

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

❷ **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

❸ **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 (H_2).

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

SYNTHÈSE DE BIOCARBURANTS

❺ **Optimisation** Ajout d' H_2 (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.

❻ **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 kérosène pour les avions.

Le traitement du combustible usé

Tout s'explique

plus d'informations sur www.cea.fr

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.

REFROIDISSEMENT

- 1 **Transport** Après refroidissement du combustible usé, quelques mois en piscine (du réacteur), acheminement dans des châteaux de transport vers l'usine de traitement.
- 2 **Refroidissement** Entreposage dans la piscine de l'usine, pendant trois ans pour laisser décroître sa radioactivité.

DISSOLUTION

- 3 **Assemblages** Immersion dans l'acide nitrique qui dissout le combustible mais pas les gaines métalliques le contenant.
- 4 **Gainés** Compression dans des conteneurs en acier, et entreposage dans un bâtiment de l'usine de traitement.

SÉPARATION

- 5 **Réaction chimique** Mélange de la solution d'acide nitrique avec une solution contenant une molécule extractante.
- 6 **Extraction** Séparation par la molécule des matières réutilisables (uranium et plutonium), des déchets qui restent en solution.

CONDITIONNEMENT

- 7 **Vitrification** Traitement thermique des déchets de la solution. Mélange du résidu sec avec du verre en fusion qui piège les déchets dans le verre. Intégration des déchets vitrifiés dans des conteneurs en inox.
- 8 **Recyclage** Récupération du plutonium (1%) dans du Mox (combustible utilisé dans 1/3 des réacteurs en France). Entreposage de l'uranium (95%), pour une utilisation future, ou récupération en enrichissant sa teneur en U235 (de 0,8 à 5%).

DÉFINITIONS

COMBUSTIBLE USÉ Après quatre ans passé en réacteur, le combustible est moins performant. Une partie de son uranium fissile est consommée. Des produits de fission apparaissent, absorbant les neutrons utiles à la réaction en chaîne.

DÉCROISSANCE Réduction, par désintégration, du nombre de noyaux radioactifs (instables) jusqu'à ce qu'ils deviennent tous stables.

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.

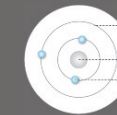
Le tableau de Mendeleïev

1	H Hydrogène	2	He Hélium	13	B Bore	14	C Carbone	15	N Azote	16	O Oxygène	17	F Fluor	18	Ne Néon
3	Li Lithium	4	Be Béryllium	5	Al Aluminium	6	Si Silicium	7	P Phosphore	8	S Soufre	9	Cl Chlore	10	Ar Argon
11	Na Sodium	12	Mg Magnésium	19	K Potassium	20	Ca Calcium	21	Sc Scandium	22	Ti Titane	23	V Vanadium	24	Cr Chrome
25	Mn Manganèse	26	Fe Fer	27	Co Cobalt	28	Ni Nickel	29	Cu Cuivre	30	Zn Zinc	31	Ga Gallium	32	Ge Germanium
33	As Arsenic	34	Se Sélénium	35	Br Brome	36	Kr Krypton	37	Rb Rubidium	38	Sr Strontium	39	Y Yttrium	40	Zr Zirconium
41	Nb Niobium	42	Mo Molybdène	43	Tc Technétium	44	Ru Ruthénium	45	Rh Rhodium	46	Pd Palladium	47	Ag Argent	48	Cd Cadmium
49	In Indium	50	Sn Étain	51	Sb Antimoine	52	Te Tellure	53	I Iode	54	Xe Xénon	55	Cs Césium	56	Ba Baryum
57 à 71	Lanthanides (voir tableau ci-dessous)					72	Hf Hafnium	73	Ta Tantale	74	W Tungstène	75	Re Rhénium	76	Os Osmium
77	Ir Iridium	78	Pt Platine	79	Au Or	80	Hg Mercure	81	Tl Thallium	82	Pb Plomb	83	Bi Bismuth	84	Po Polonium
85	At Astate*	86	Rn Radon	87	Fr Francium*	88	Ra Radium	89 à 103	Actinides (voir tableau ci-dessous)					104	Rf Rutherfordium
105	Db Dubnium	106	Sg Seaborgium	107	Bh Bohrium	108	Hs Hassium	109	Mt Meitnerium	110	Ds Darmstadtium	111	Rg Roentgenium	112	À découvrir
113	À découvrir	114	À découvrir	115	À découvrir	116	À découvrir	117	À découvrir	118	À découvrir	Éléments super lourds utilisés pour la recherche en physique nucléaire			
57	La Lanthane	58	Ce Cérium	59	Pr Praséodyme	60	Nd Néodyme	61	Pm Prométhium	62	Sm Samarium*	63	Eu Europium	64	Gd Gadolinium
65	Tb Terbium	66	Dy Dysprosium	67	Ho Holmium	68	Er Erbium	69	Tm Thulium	70	Yb Ytterbium	71	Lu Lutétium*	89	Ac Actinium*
90	Th Thorium	91	Pa Protactinium	92	U Uranium	93	Np Neptunium	94	Pu Plutonium	95	Am Américium	96	Cm Curium	97	Bk Berkelium
98	Cf Californium	99	Es Einsteinium*	100	Fm Fermium*	101	Md Mendelevium*	102	No Nobelium*	103	Lr Lawrencium*				

éléments solides
éléments gazeux
éléments liquides
éléments artificiels

non-métaux
métaux alcalins
métaux alcalino-terreux
métaux de transition
lanthanides (ou terres rares)
actinides
métaux pauvres
halogènes
gaz rares
peu ou pas d'utilisation

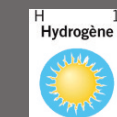
ATOME



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)

Éléments 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)

Éléments 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

Outil incontournable de nanocaractérisation, le microscope à **effet tunnel** topographie et caractérise à l'échelle atomique la surface d'un matériau conducteur ou semi-conducteur. Sa pointe conductrice balaie une surface et échange des électrons avec elle, grâce à l'effet tunnel ; un logiciel mesure et interprète ce courant électrique pour restituer une image.

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

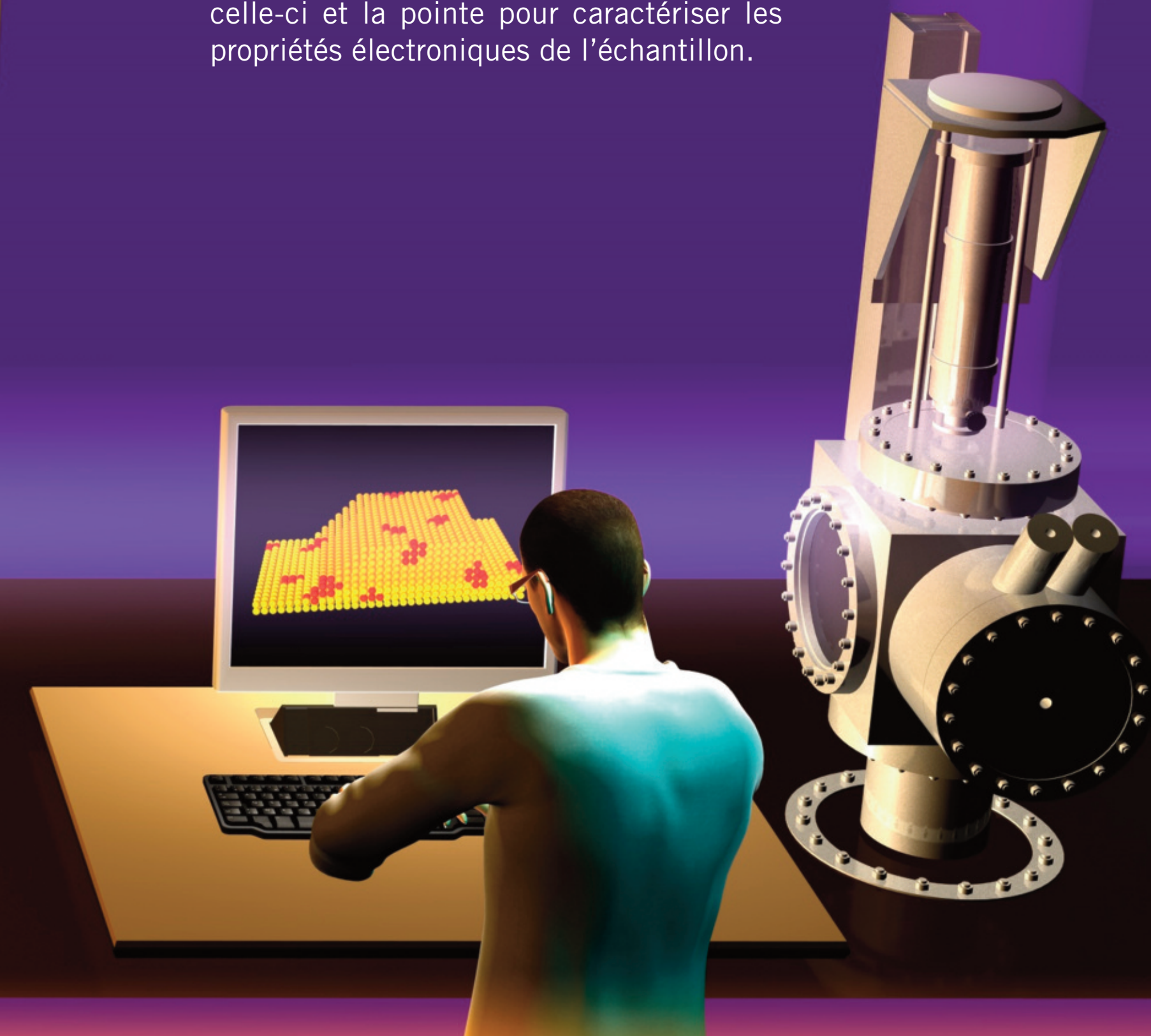
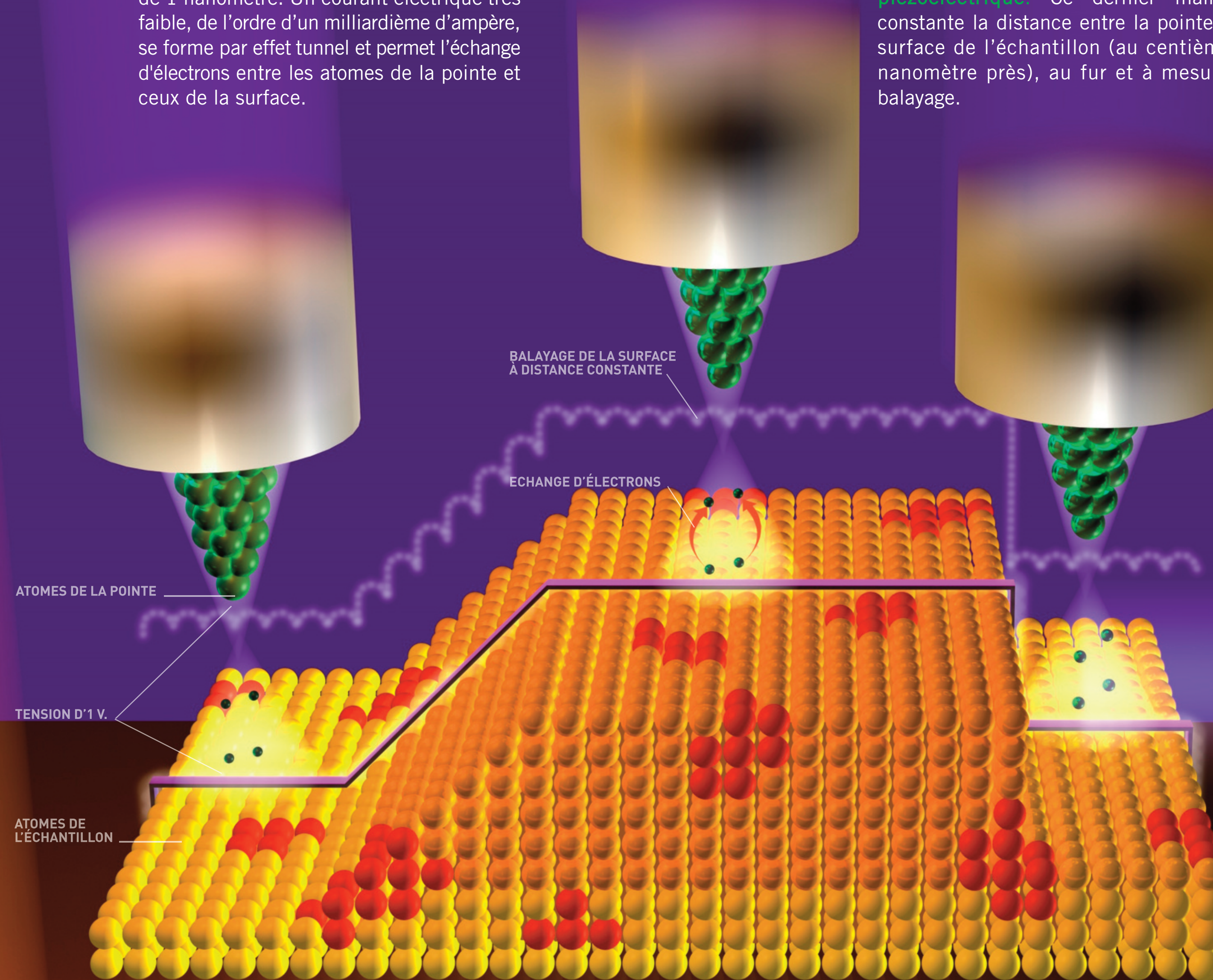
Génération d'un courant Application d'une tension d'environ 1 volt entre la pointe du microscope et la surface à étudier, distantes de 1 nanomètre. Un courant électrique très faible, de l'ordre d'un milliardième d'ampère, se forme par effet tunnel et permet l'échange d'électrons entre les atomes de la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

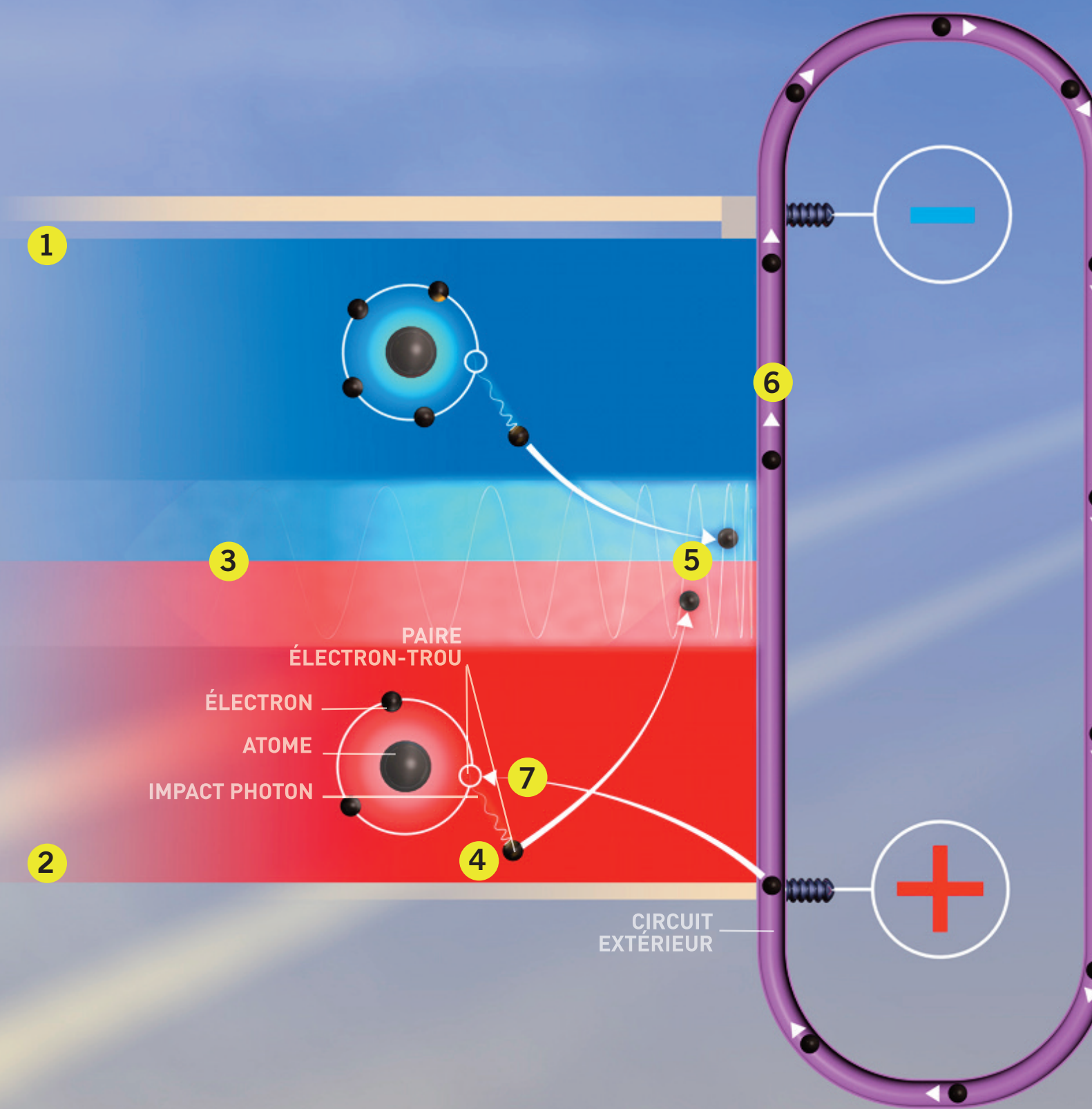
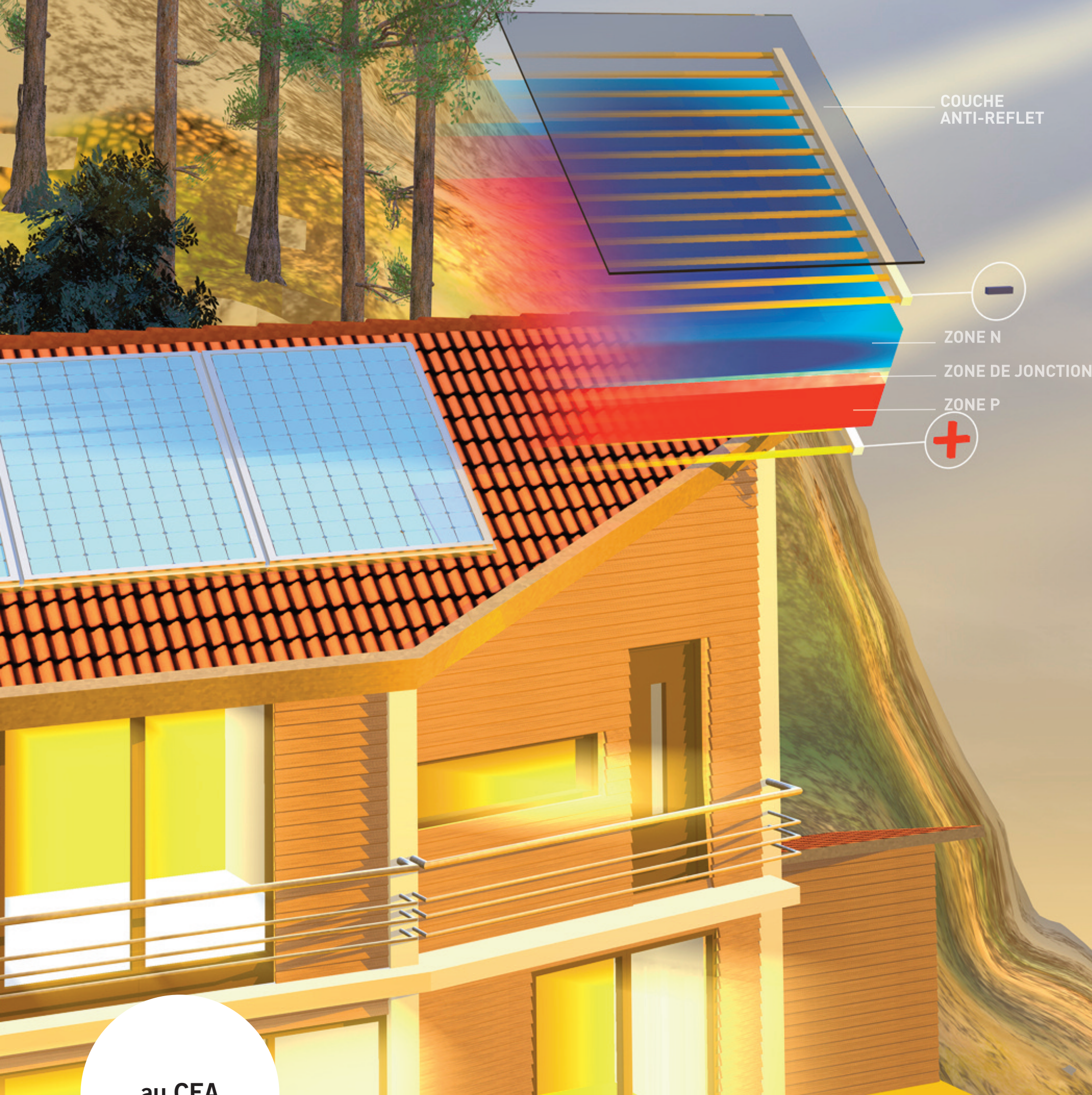


au CEA

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

Libération 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

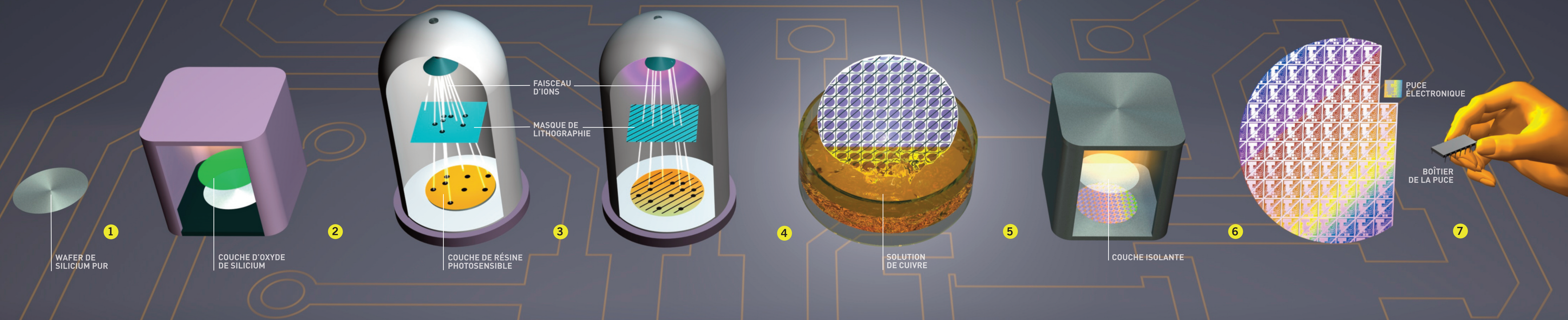
De la taille d'une pièce de monnaie, la puce électronique est le support du circuit formé par l'intégration de composants microélectroniques. Elle contient principalement des **transistors**, jusqu'à deux milliards aujourd'hui en 2011, contre 42 millions en 2000. Plusieurs étapes de **lithographie** 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.



PRÉPARATION DU WAFER

- 1 Conditionnement** Découpe d'un cylindre de silicium monocristallin pur en plaques, les wafers, de 600 µm à 1 mm d'épaisseur et jusqu'à 300 mm de diamètre. Puis, dépôt d'une couche d'oxyde de silicium pour protéger le wafer des étapes de fabrication.
- 2 Dopage** Amélioration de la conductivité des zones des futurs **transistors** avec des ions dopants : dépôt d'une résine photosensible sur le wafer, "inscription" des zones sur un masque, puis bombardement d'ions qui traversent les zones du masque et dopent, par effet pochoir, les zones du wafer.

RÉALISATION DES TRANSISTORS

- 3 Isolation et réalisation des grilles des transistors** Etape de **lithographie** avec un nouveau masque et une nouvelle couche de résine pour éliminer par gravure plasma des zones du matériau : au contact des ions, la matière se gazéifie et s'évapore, laissant un espace creux où est déposé un oxyde isolant. Les grilles des transistors sont réalisées selon le même principe lors d'une nouvelle étape de lithographie.
- 4 Interconnexion des transistors** Nouvelles zones réalisées sur le wafer, puis plongée du wafer dans du cuivre pour que ce matériau conducteur se dépose dans les bandes gravées.

RÉALISATION DES PUCES ÉLECTRONIQUES

- 5 Encapsulation** Dépôt d'une dernière couche de matériau isolant sur le wafer, étape d'encapsulation.
- 6 Individualisation** Découpe du wafer en autant de puces qu'il contient puis montage de chacune d'elles dans des boîtiers individuels.
- 7 Connexion** Greffe de fils d'or sur chacun des boîtiers pour établir les connexions électroniques entre les interconnexions en cuivre et l'extérieur des boîtiers.

Les puces à ADN

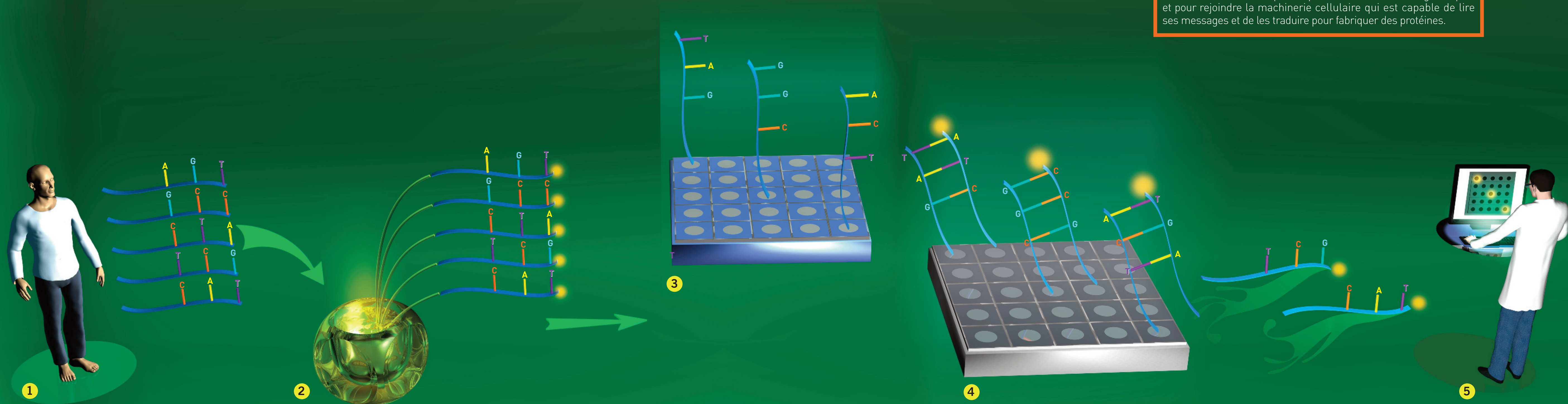
Très utilisées en médecine, les puces à **ADN** permettent de diagnostiquer certaines maladies ou d'en disposer les prédispositions. Il s'agit d'extraire l'**ARN messager** des cellules du patient (**ADN cible**) puis de les mettre en contact, sur une puce, avec l'ADN de la maladie (**ADN sonde**). Si les ADN sont complémentaires, c'est-à-dire si leurs **bases** (**A**, **T**, **G** et **C**) s'apparient, 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'apparient 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.

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

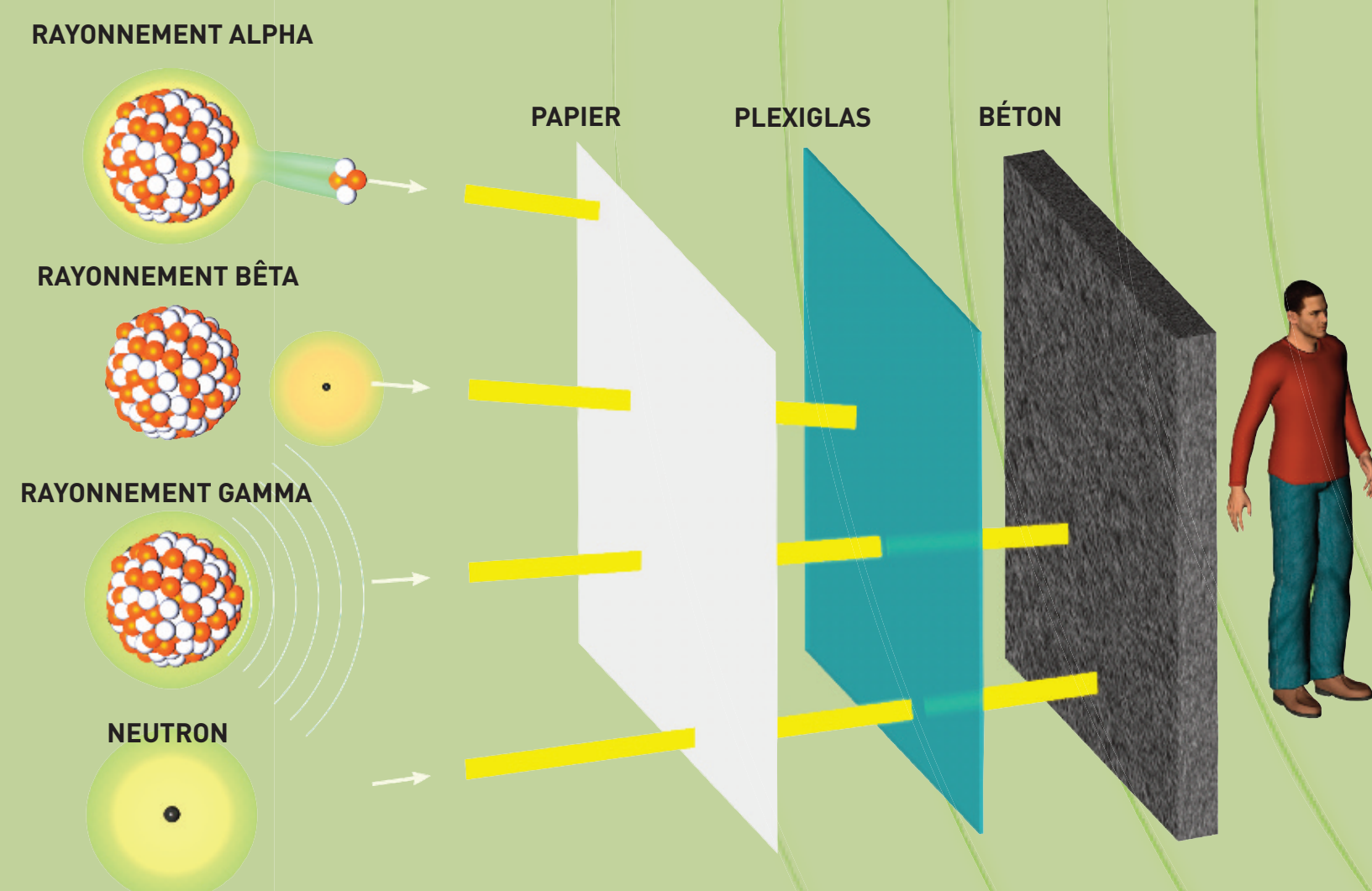
(naturel / datation)

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 :

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

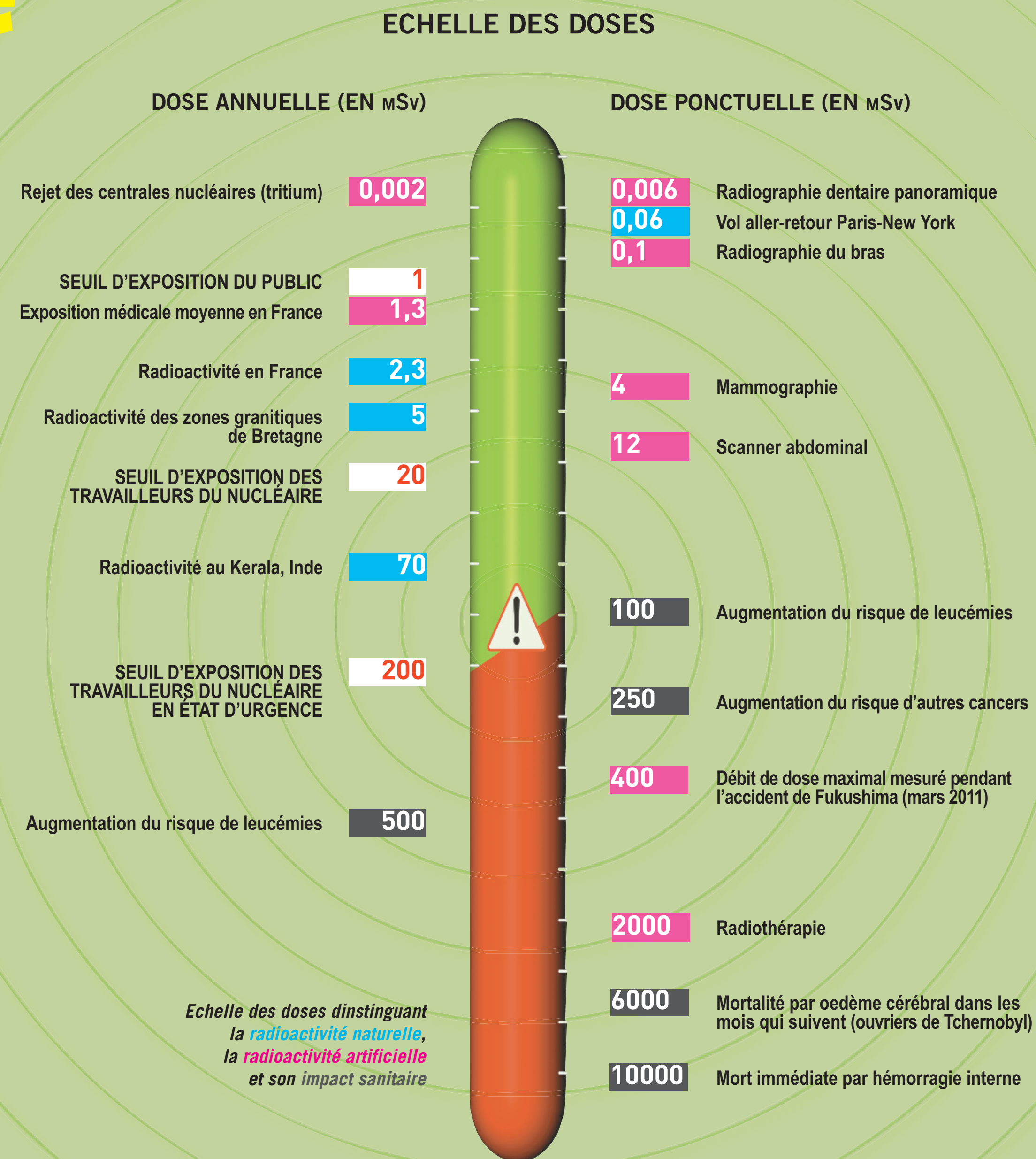
Grays Quantité d'énergie cédée par rayonnement dans un volume de matière.

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.

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.

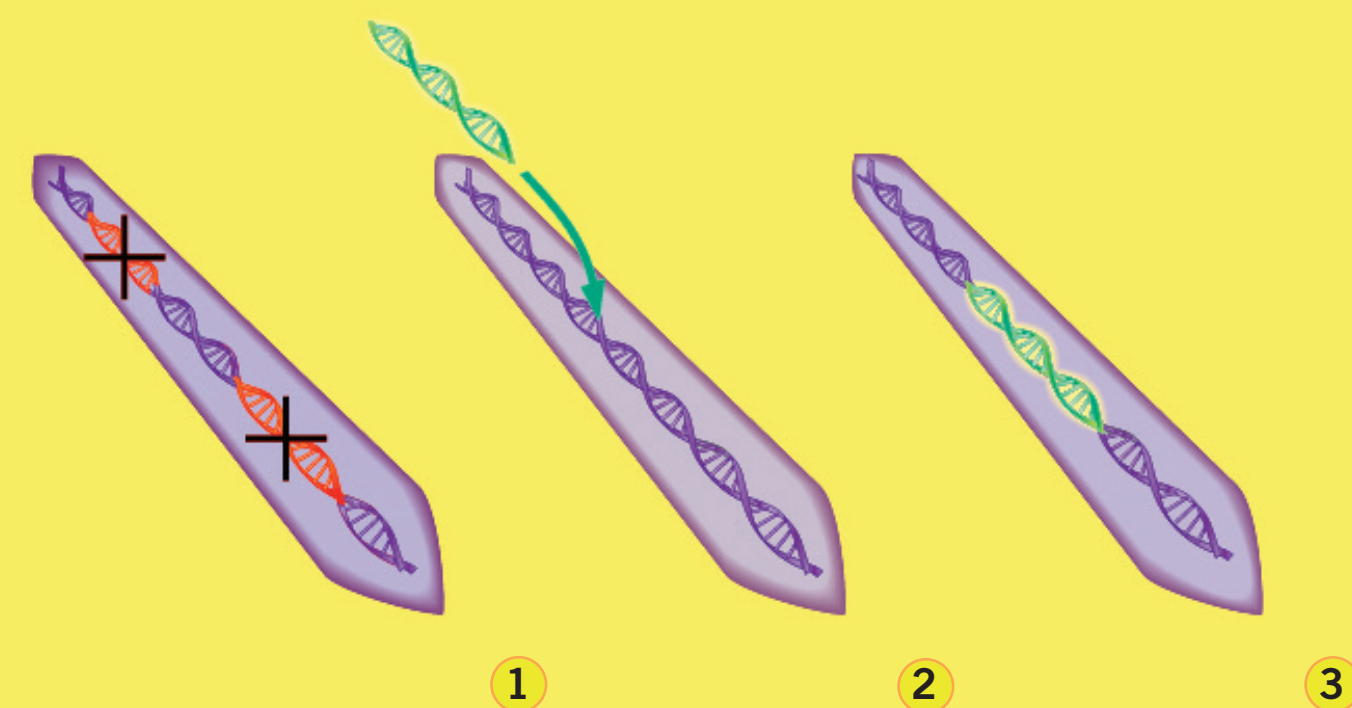
Faibles doses (inférieures à 100mSv) Absence d'effets décelables lors d'études épidémiologiques qui ne permet toutefois pas d'exclure l'existence de risques. Les recherches se poursuivent.

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

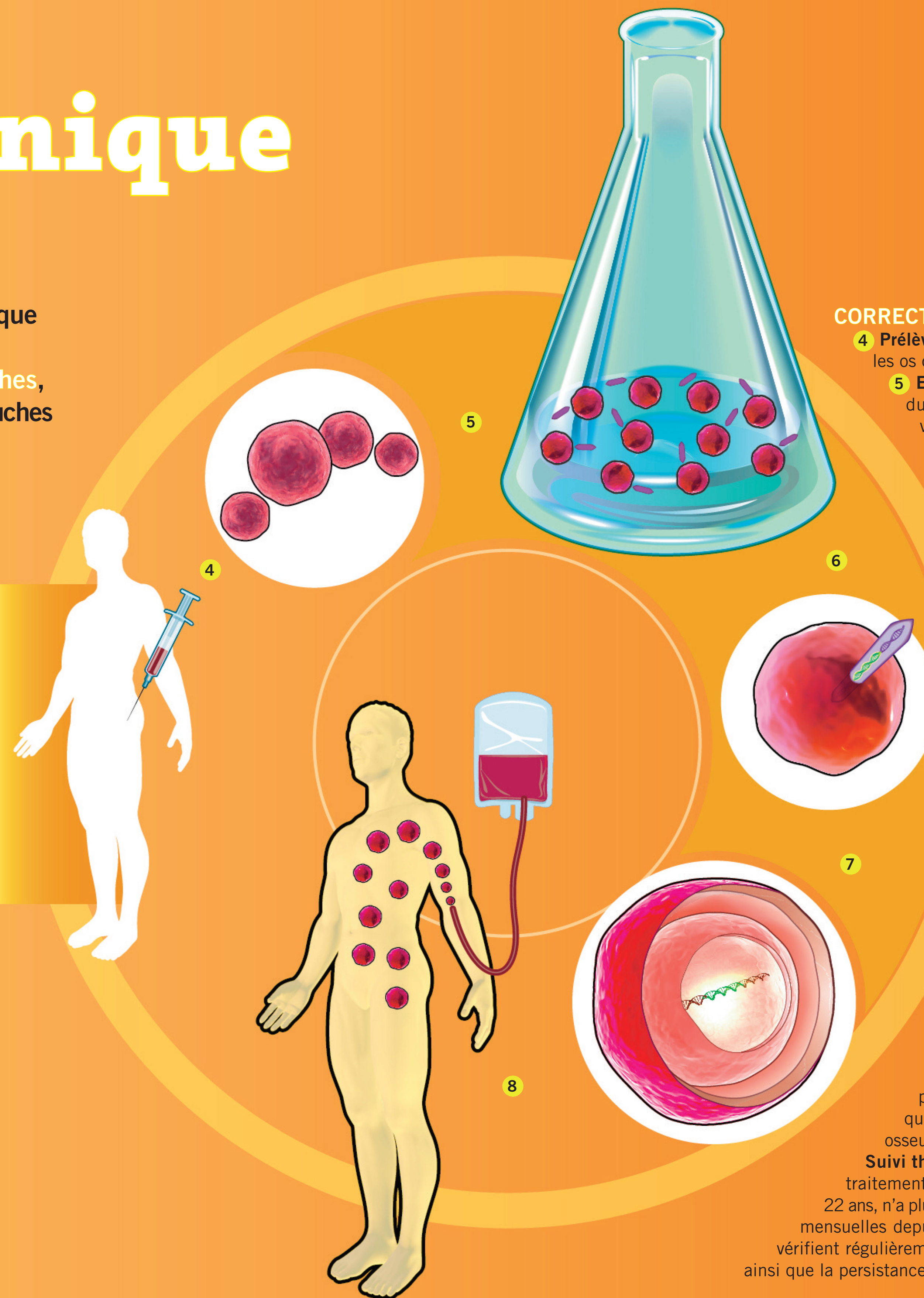
β -THALASSÉMIE Maladie héréditaire qui affecte le gène produisant une protéine qui participe, dans les globules rouges, au transport de l'oxygène dans l'organisme. L'unique voie de guérison est la greffe de moelle osseuse ou du sang du cordon ombilical, mais seuls 20% des patients ont des donneurs compatibles.

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.