Rue de la Mutualité, NAINTES (L.-L.)

BIBLIOTHÈQUE DE TRAVAIL 8 NOVEMBRE 1952 L'Imprimerie à l'Ecole CANNES (Alpes-Mar. No.

## L'énergie nucléaire

II

# HENERGIE

Albert BITOT
Henri GUILLARD
Louis LEFEBVRE

Dessins de Pierre BERNARDIN

209

#### **AVANT-PROPOS**

C'était en 1946 que mon ami, M. Henri Guillard, l'un des auteurs de cette brochure, me dit un soir : « Pourrais-tu répondre à la série de questions suivantes que deux de mes élèves ont inscrites ce matin sur le tableau mural :

Nous aimerions savoir ce qu'on entend par énergie nucléaire. Qu'est-ce qu'une bombe atomique? Comment fonctionne-t-elle? Ne pourrait-on utiliser dans l'industrie cette énergie que l'on a utilisée à détruire des villes, des îles et des vies humaines?

J'avouais mon incapacité à y répondre clairement; mes élèves m'avaient posé des questions semblables et je m'étais résigné à leur dire que la réponse à ces questions était du domaine de savants spécialistes et que je ne pouvais leur donner qu'une explication grossière, insuffisante et peut-être fausse.

Il faut cependant que nous répondions; nos élèves désirent savoir, nous n'avons pas le droit de ne pas leur donner satisfaction.

M. Guillard s'y est appliqué; il a trouvé des collaborateurs. Pendant plusieurs années, ils ont travaillé pour vous donner une réponse claire et scientifique; ils ont fait vérifier leur travail par des savants; ils ont trouvé en notre ami Bernardin un dessinateur qui sait, avec son pinceau, parler très simplement à l'esprit.

Je sais que les brochures qui résultent de leur longue et étroite collaboration seront lues, étudiées et comprises par tous les petits élèves qui sont angoissés comme nous par l'inconnue tragique qui peut résulter de l'emploi de la bombe atomique.

Petit écolier, mon ami, lorsque tu sauras que l'on peut utiliser l'énergie contenue dans la matière, à des fins pacifiques, pour le mieux être de tous les hommes je suis certain que tous les efforts de l'Homme que tu deviendras, tendront vers les œuvres de Paix.

C'est la satisfaction que je souhaite à mes camarades et amis Bitot, Guillard, Lefebvre et Bernardin

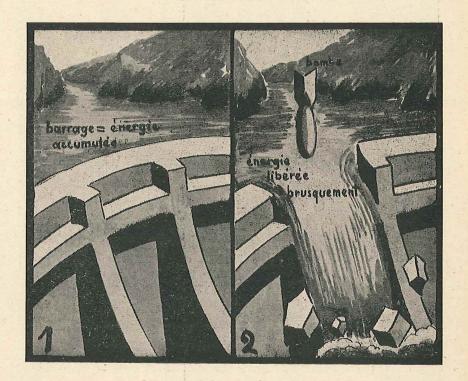
BAOUL FAURE.

## L'énergie nucléaire

# L'ENERGIE

Avant-propos de Raoul FAURE





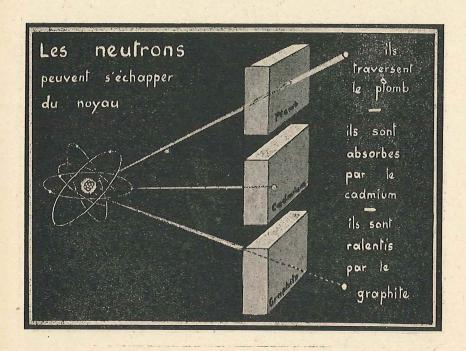
#### L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Un barrage retient les eaux tranquilles d'un lac et cependant une grande énergie existe dans ce lac calme en apparence, car il suffit que l'on rompe le barrage pour que les eaux libérées et déchaînées déferlent dans la vallée, entraînant des rocs, des arbres, des maisons.

De même, dans le noyau de l'atome, une grande énergie unit les protons et les neutrons en apparence tranquilles. Si on brise le noyau, un déploiement d'énergie sous forme d'électricité ou de chaleur peut en résulter. C'est l'ENERGIE NUCLEAIRE.

Pour briser le noyau, il faut l'atteindre avec un projectile; ce projectile, c'est, par exemple, le neutron.

Qu'est-ce donc que le neutron?



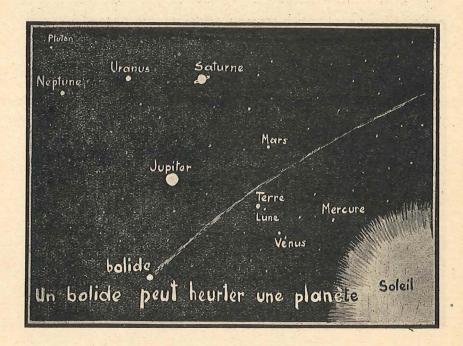
#### LES NEUTRONS

Découverts en 1932 par les savants Chadwick, Bothe et Becker, Irène et Frédéric Joliot-Curie, les neutrons ne sont pas chargés d'électricité.

Les neutrons, ainsi que nous te l'avons déjà dit, font partie du noyau de l'atome, mais ils peuvent s'en échapper et errer jusqu'à ce qu'ils soient absorbés par d'autres corps.

Les neutrons peuvent traverser un mur de plomb de plusieurs mètres d'épaisseur.

Certaines substances comme le cadmium, le bore, absorbent les neutrons ; le graphite et l'eau lourde ralentissent les neutrons.



#### ATOME ET SYSTÈME SOLAIRE

Le système solaire comprend : le Soleil et des planètes (Terre, Mars, Vénus, Saturne, etc...) qui tournent autour du soleil avec régularité.

Dans ce système solaire, il est rare que la Terre, ou

Mars, ou Vénus aillent heurter le Soleil.

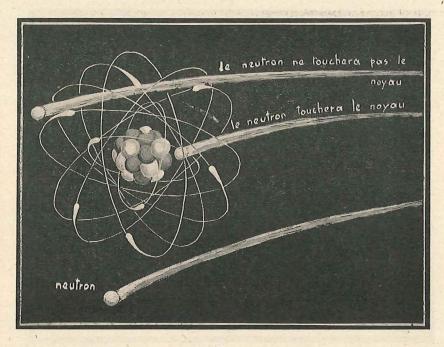
Cependant, il est possible qu'un astre se détachant d'un autre système solaire, tel une gigantesque étoile filante, traverse notre système solaire.

Cet astre peut traverser notre espace sans toucher

ni le Soleil, ni la Terre, ni aucune planète.

Mais cet astre peut aussi heurter la Terre ou le Soleil ou une autre planète et provoquer une immense destruction.

Lorsque tu fais tourner une pierre à l'aide d'une fronde, il est impossible que la pierre vienne frapper ta main qui tient la fronde, mais un camarade jouant à la fronde près de toi peut, hélas! t'atteindre avec sa pierre.



Un neutron peut traverser l'atome sans toucher le noyau.

Il peut aussi briser celui-ci.

#### SYSTÈME SOLAIRE ET ATOME

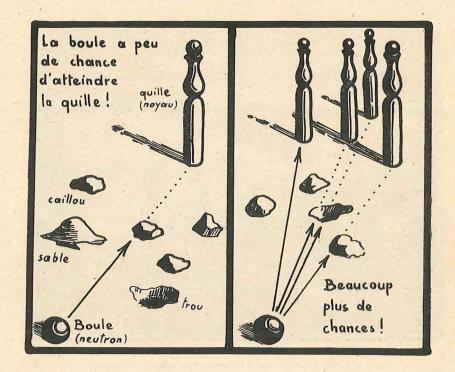
L'atome est semblable au système solaire.

Un neutron d'un atome voisin peut traverser l'atome.

Ce neutron peut traverser l'atome sans rien toucher.

Ce neutron peut aussi, parfois, heurter le noyau. Alors, dans ce cas, le noyau explosera et se divisera en deux parties en déployant de l'énergie.

Cette petite explosion est appelée désintégration.



#### BOMBARDEMENT DES NOYAUX

Place une quille à 20 mètres devant toi et essaie de la renverser avec une boule ; il est presque certain que tu manqueras la quille.

Place, à 20 mètres de toi, plusieurs quilles ; tu auras plus de chance d'en renverser une avec ta boule.

De même, un neutron lancé sur un noyau, le manquera certainement, mais un neutron lancé sur un grand nombre de noyaux assemblés a plus de chance d'en atteindre un.

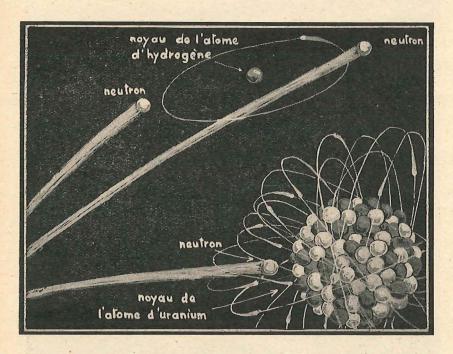
Dans le jeu de quilles, tu places des cailloux, tu creuses des trous, tu amoncelles du sable.

Que fait la boule que tu lances sur les quilles?

Elle peut être déviée par un caillou. Elle peut être ralentie et déviée par le sable. Elle peut disparaître, absorbée par un trou.

De même, un neutron peut être ralenti dans sa course par l'eau lourde.

Il peut aussi être absorbé par certains corps tels que le cadmium.



Un neutron a plus de chance d'atteindre un noyau d'uranium formé de 143 neutrons et 92 protons que le noyau d'hydrogène qui n'a qu'un seul proton

#### LE BOMBARDEMENT ATOMIQUE

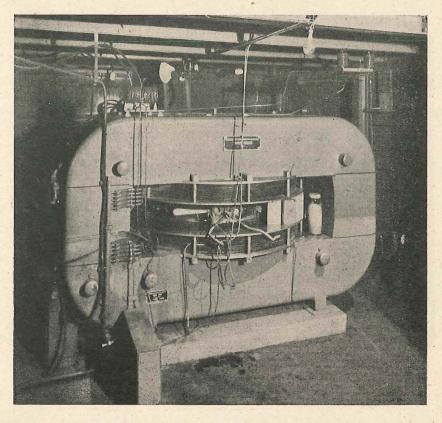
Un chasseur a plus de chances d'abattre un oiseau s'il tire dans un vol serré.

Un neutron a plus de chances d'atteindre le noyau si celui-ci renferme beaucoup de protons et de neutrons.

Or, le noyau d'uranium (métal dont il sera parlé plus loin) comprend 235 particules (92 protons et 143 neutrons).

Tandis que le noyau d'hydrogène comprend un proton seulement.

Découvert par les savants Hahn et Strassmann, vérifié par Joliot-Curie, l'éclatement de l'uranium en deux morceaux ou fission peut être produit par les neutrons issus d'un cyclotron, appareil que nous allons te décrire maintenant.



Cyclotron du Collège de France ; poids, 27 tonnes (Cliché « Archives du Collège de France »)

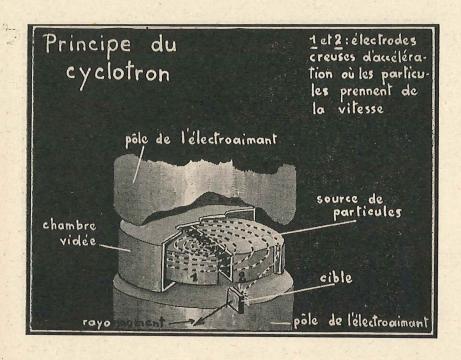
#### LE CYCLOTRON DE LAWRENCE

Le cyclotron permet de donner une vitesse considérable aux particules qui iront ensuite bombarder les corps à étudier.

Il est composé de deux électrodes en forme de « D », logés dans une carapace métallique circulaire où l'on a fait le vide très poussé. A l'extérieur, un énorme électroaimant double (qui peut peser de quelques tonnes à plusieurs milliers de tonnes).

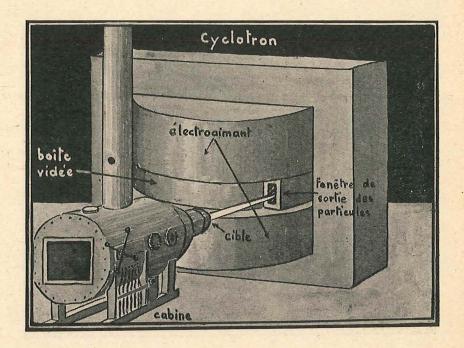
Au centre de l'appareil, dans la boîte vide, le producteur de particules à lancer.

De l'extérieur, on commande à volonté le nombre de particules à lancer et à accélérer.



#### PRINCIPE DU CYCLOTRON

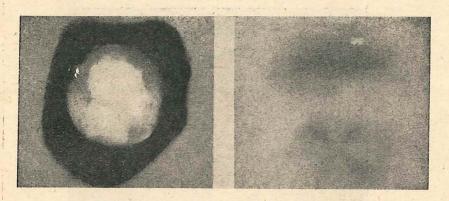
Supposons, pour simplifier, qu'une seule particule soit produite au point de départ. Elle est soumise à l'action du puissant électro-aimant. Supposons qu'elle soit positive, elle sera attirée par l'électrode négative et décrira une trajectoire circulaire. Au moment où elle va sortir de l'électrode 1, le courant changeant de sens, l'électrode 2 devient négative et continue à attirer la particule qui accomplira ainsi un autre demi-cercle avec une vitesse augmentée. Et ainsi de suite... La particule accomplira de cette façon un trajet, non pas circulaire, mais en forme de colimaçon ou de spirale.



#### FONCTIONNEMENT DU CYCLOTRON

Dans le cyclotron, à la fin de son trajet, la particule accélérée frôle la paroi de la boîte à vide ; elle sort alors par une fenêtre spéciale et hermétique (sans cela, adieu le vide!) mais pour ainsi dire sans en casser la « vitre ». Ensuite, exactement comme la balle libérée, elle accomplit un trajet rectiligne et va frapper une cible composée du corps à étudier.

Une cabine éloignée de la cible, et évidemment très bien protégée, permet, avec les appareils de mesure, de surveiller le travail d'une manière très précise.



Premières autoradiographies de minerais d'uranium obtenues par Henri Becquerel, en 1896, au Muséum d'Histoire Naturelle, à Paris (Cliché « Science et Vie »)

#### LA RADIO-ACTIVITÉ

Tu as entendu parler des **rayons** « **X** » qui traversent certains corps. Peut-être as-tu été radiographié et, grâce à ces rayons, le médecin a pu observer l'intérieur de ton corps.

C'est le savant **Roentgen** qui, en 1895, faisant passer un courant électrique dans une ampoule vide d'air, apercut une lueur phosphorescente provoquée par des rayons « X ».

Or, il existe des corps qui émettent naturellement des rayons « X » ; ces corps sont dits radioactifs.

En 1895, le physicien **Becquerel** montre que l'uranium émet des rayons très pénétrants semblables aux rayons « X ».

Le premier corps radioactif découvert est le radium, par les savants Pierre et Marie Curie, en 1898. en traitant de grosses quantités de minerai d'uranium (pechblende).

En 1908, Marie Curie isole le radium.



Emanation de radium (Cliché extrait de la revue scientifique « Atomes »)

#### LE RADIUM

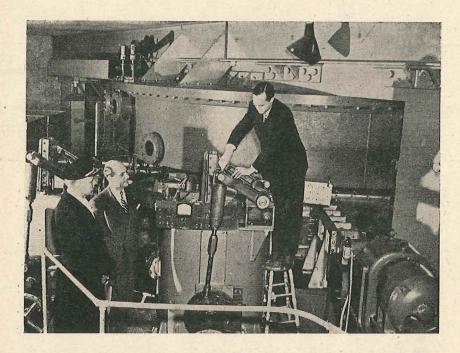
Le radium est infiniment plus radioactif que l'uranium.

Les corps radioactifs expulsent trois sortes de particules ou rayons :

1° Les **rayons** « **alpha** » ou hélions, car ce sont des noyaux d'un gaz rare appelé hélium (2 protons, 2 neutrons), ce sont donc des noyaux de 4 particules. Ces rayons font 10 à 20.000 km. à la seconde mais ne vont pas loin (quelques centimètres) ;

2° Les **rayons** « **béta** » qui font jusqu'à 29.000 km.seconde. Leur vitesse leur permet de traverser des corps métalliques de quelques millimètres d'épaisseur ;

3° Les **rayons** « **gamma** » appelé encore « photons ». Ils se propagent en ligne droite à la vitesse de 300.000 km.-seconde. Ils sont très pénétrants et très dangereux.



Cyclotron

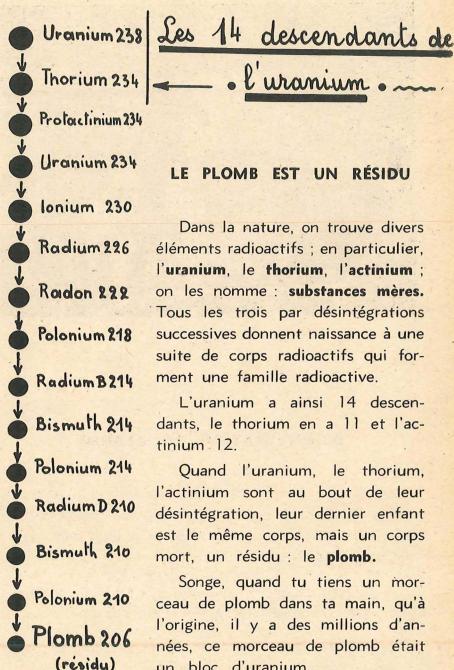
(Photo USIS)

#### DÉSINTÉGRATION DU RADIUM

Le radium perd ainsi des milliards de particules (rayons alpha, béta, gamma, dont on vient de te parler). Il diminue donc sans cesse de poids et doit sans doute finir par disparaître.

Il faudrait cependant des millions d'années pour que disparaisse totalement un gramme de radium.

La **période** est le temps nécessaire pour que la moitié du corps disparaisse ou se **désintègre**.



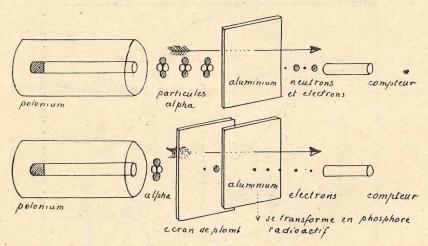
#### PLOMB EST UN RESIDU

Dans la nature, on trouve divers éléments radioactifs; en particulier, l'uranium, le thorium, l'actinium; on les nomme : substances mères. Tous les trois par désintégrations successives donnent naissance à une suite de corps radioactifs qui forment une famille radioactive.

L'uranium a ainsi 14 descendants, le thorium en a 11 et l'actinium 12

Quand l'uranium, le thorium, l'actinium sont au bout de leur désintégration, leur dernier enfant est le même corps, mais un corps mort, un résidu : le plomb.

Songe, quand tu tiens un morceau de plomb dans ta main, qu'à l'origine, il y a des millions d'années, ce morceau de plomb était un bloc d'uranium.



Expérience de l. et F. Joliot-Curie

#### LA RADIOGRAPHIE ARTIFICIELLE

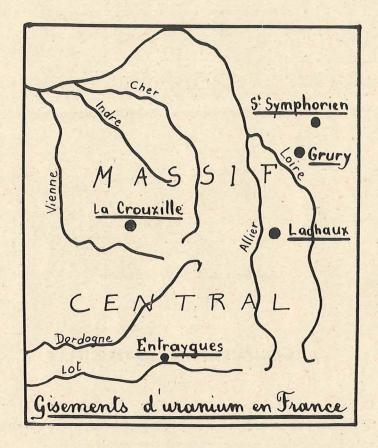
Les corps radioactifs naturels sont donc rares et chers, aussi les savants ont-ils cherché un moyen simple de fabriquer des corps radioactifs artificiels.

Ce sont les physiciens lrène et Frédéric Joliot-Curie qui, en 1934, ont découvert la méthode à suivre.

Après avoir bombardé une feuille d'aluminium avec des particules alpha de **polonium**, les deux savants remarquèrent que la feuille d'aluminium pouvait ensuite, émettre seule, des électrons.

Elle était donc devenue radioactive.

Mais, fait encore plus étonnant, les deux savants constatèrent que la feuille d'aluminium se transformait en un autre corps : le phosphore, qu'ils nommèrent : phosphore radioactif.



#### LES DÉSINTÉGRATIONS

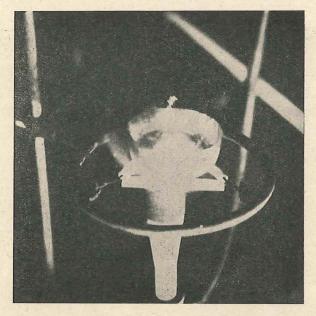
Nous t'avons dit que l'uranium se désintègre en entier pour former une famille de corps nouveaux, et qu'il finit par donner un résidu : le plomb.

Cette transformation s'appelle une transmutation naturelle.

Dans l'expérience des Joliot-Curie, cette transformation est faite par l'homme. C'est une **transmutation artificielle.** 

Les deux savants ont donc réalisé le vieux rêve des alchimistes du moyen âge qui cherchaient à transformer des métaux usuels en or.

Un Américain a réussi à produire un peu d'or avec du mercure, mais la transmutation revient fort cher et il faut s'en tenir à l'or naturel.



Creuset d'uranium métallique (Cliché du Commissariat à l'énergie atomique)

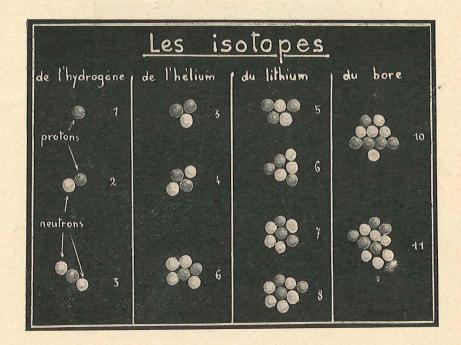
#### L'URANIUM

C'est un corps radioactif, facile à bombarder puisque son noyau possède un grand nombre de particules (235), d'où son nom : uranium 235.

Son minerai : l'urane, fut découvert en 1789 dans la pechblende (minerai de zinc), par le chimiste Klaproth.

En 1847, le chimiste **Peligot** parvint à extraire l'uranium.

C'est un métal gris bleuté, inflammable comme le magnésium. Il existe trois variétés d'uranium, portant les numéros : 234, 235, 238. Ces variétés ont même aspect mais une composition atomique différente. Or, un kilo d'uranium naturel renferme 993 gr. d'uranium 238, 7 gr. d'uranium 235 et des traces d'uranium 234. Il y a donc 140 fois moins d'uranium 235 que d'uranium 238, et seul l'uanium 235 est FISSIBLE, c'est-à-dire capable d'exploser et de libérer de l'énergie lorsque le noyau bombardé se divise en deux.



#### LES ISOTOPES

De même qu'il existe plusieurs variétés d'œillets, de roses, de tulipes, il existe plusieurs variétés d'un même corps simple, qu'on nomme isotopes.

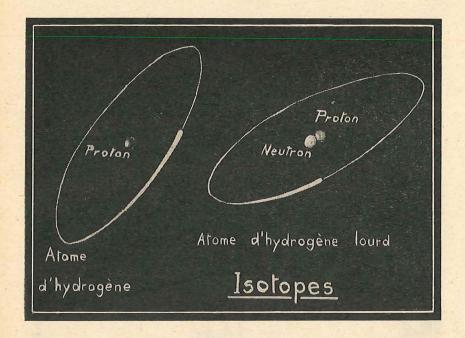
Ainsi, il y a trois espèces d'hydrogène, trois espèces d'uranium, trois espèces de fer, treize espèces d'iode, etc.

Seuls, les savants atomistes peuvent distinguer ces variétés.

Tu sais que l'horticulteur arrive à créer des variétés de roses. Il est possible aussi de créer des variétés d'un même corps simple en modifiant la composition de ses atomes.

Ainsi, l'hydrogène comprend dans son atome un électron et un proton. En ajoutant un neutron au noyau, on obtient l'hydrogène lourd ou deuterium.

On va te parler de ces corps.



#### L'EAU LOURDE

Nous t'avons dit que l'eau ordinaire est formée par l'union d'atomes d'hydrogène ordinaire et d'oxygène (deux fois plus d'atomes d'hydrogène que d'oxygène).

Si on remplace l'hydrogène ordinaire par de l'hydro-

gène lourd, on obtient l'eau lourde.

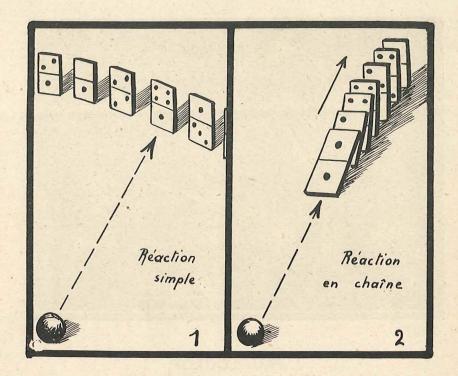
Elle a les mêmes propriétés que l'eau ordinaire : pas de couleur, pas d'odeur, pas de saveur. Cependant, sa densité est 1,2 et elle bout à 102°5.

On la trouve dans l'eau ordinaire dans la proportion de 11 pour 5.000, mais il est très difficile de l'extraire.

La Norvège fabriquait, avant 1939, à l'usine de Rjukan, 300 gr. d'eau lourde par jour. Ce fut sur l'initiative de Joliot-Curie que les 165 litres d'eau lourde que possédait l'usine et qui constituaient à l'époque le stock mondial d'eau lourde, furent acquis par la France et cédés à l'Angleterre.

Cet épisode est le début de la « bataille de l'eau

lourde ».



#### LA RÉACTION EN CHAINE

Veux-tu comprendre comment naît l'énergie nucléaire?

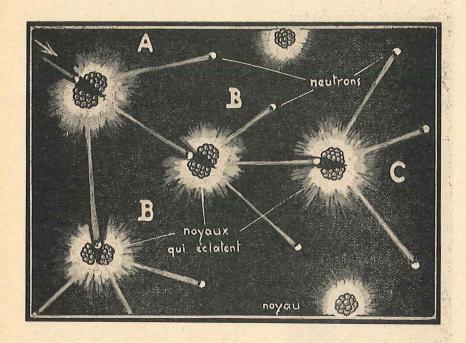
Place dix dominos, d'abord de front, c'est-à-dire l'un à côté de l'eautre, face à toi, et essaie d'en abattre le plus possible avec une bille. Tu en renverseras au plus un ou deux.

Dispose ensuite les dominos en file indienne et recommence l'expérience ; tous les dominos tombent l'un à la suite de l'autre.

Or, le physicien Joliot-Curie a prouvé que si un neutron frappe un noyau d'uranium 235, le neutron fait éclater le noyau qui libère trois neutrons. Ces trois neutrons, à leur tour, frappent trois autres noyaux qui libèrent chacun trois neutrons, ce qui fait neuf neutrons, et ainsi de suite...

C'est ce qu'on appelle réaction en chaîne.

C'est une source prodigieuse d'énergie et de chaleur.



#### EFFETS DE LA RÉACTION EN CHAINE

L'explosion d'un noyau d'uranium 235 provoque donc l'éclatement de 3 noyaux, puis de 9, 27, 81, 243... et ceci à une vitesse extraordinaire puisque l'éclatement en chaîne de un million de milliards de milliards de noyaux se fait en un millionnième de seconde!

Un gramme d'uranium peut dégager par explosion 20 milliards de calories, de quoi faire bouillir 20.000 tonnes d'eau!



### EXPLOSION DE L'URANIUM 235

La matière renfermant toujours des neutrons libres, un bloc d'uranium devrait exploser tout seul!

Mais l'uranium se trouve sous forme de minerai impur et les neutrons sont absorbés par les impuretés.

Nous t'avons dit que l'uranium est composé de trois variétés (isotopes) : 234, 235,
238. Après plusieurs zig-zag,
certains neutrons résultant de
la fission de l'uranium 235 sont
absorbés par l'uranium 238 qui
se transforme en un corps nouveau : le neptunium, lequel, à
son tour, devient du plutonium
(poison très violent et dont les
radiations sont très dangereuses).

Le plutonium est un explosif atomique.

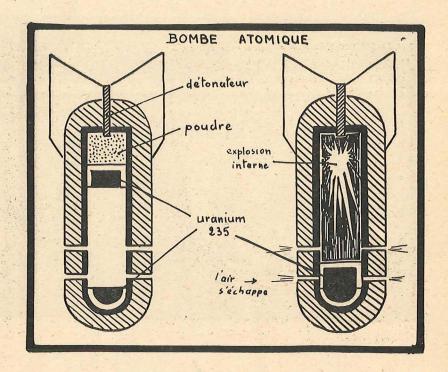


#### LE VOLUME CRITIQUE

De plus, si le bloc d'uranium 235 est trop petit, les neutrons le traversent sans rencontrer de noyau et s'échappent au dehors.

On appelle **volume critique**, le volume nécessaire pour que le bloc d'uranium puisse exploser. Si le bloc d'uranium 235 est plus gros que le volume critique, l'explosion se produira instantanément.

Il paraît que le volume critique de l'uranium est voisin de celui d'une balle de tennis.



#### L'EXPLOSION

A l'intérieur d'un cylindre d'acier, se trouvent deux demi-sphères d'uranium 235.

Chaque demi-sphère n'atteignant pas le volume critique, n'explosera pas.

Si on rapproche brutalement, par une décharge de poudre, les deux demi-sphères, le volume critique étant atteint, l'uranium explose.

C'est la bombe atomique.

Mais on peut obtenir une libération lente de l'énergie, dans la **pile atomique**, à l'intérieur de laquelle l'uranium 235 et l'uranium 238 restent mélangés.

Nos très vifs remerciements vont à :

M. le D<sup>r</sup> CHASTEL, attaché de recherches ;

M<sup>me</sup> Hélène LANGEVIN-JOLIOT,

qui ont contrôlé et vérifié ce travail ;

Les Services américains d'information ;

La revue scientifique « Science et Vie »,

qui ont fourni la documentation photographique.



Le gérant : FREINET

IMPRIMERIE « ÆGITNA » 27, RUE JEAN-JAURÈS, 27 CANNES (ALPES-MARITIMES)