Zeitschrift: Protar

Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes

Band: 12 (1946)

Heft: 2

Artikel: L'énergie atomique

Autor: Bleuler, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-363149

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

der Hochfrequenztechnik dar. Sender, Empfänger, Antennen, Stromquelle und Schalter nehmen in der englischen 3.7 inches-Granate nur einen Raum von etwa 15 cm Länge und 3 cm Durchmesser ein,

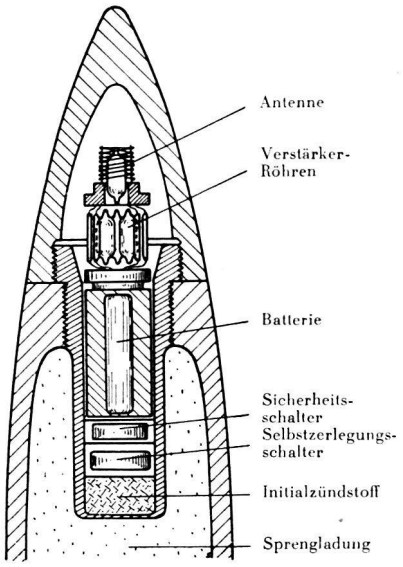


Abb. 7.

die vier Radioröhren sind nur wenig mehr als 2 cm lang und etwa 8 mm dick. Die wohl am schwierigsten zu erfüllende Forderung war, die feine Apparatur mechanisch äusserst solid zu konstruieren, erfährt sie doch beim Abschuss eine Beschleunigung, welche etwa 20'000 mal so gross ist wie die normale Fallbeschleunigung.

Die Ueberlegenheit der Flabgeschosse mit Radar-Zündung zeigte sich — wie bereits erwähnt — besonders in der erfolgreichen Abwehr der V 1-Waffe, dann aber auch ganz allgemein in den Abwehrerfolgen der Engländer.

Die Radar-Granate dürfte die Fliegerabwehrtechnik geradezu umwälzend beeinflussen. Als direkte Wirkung ist die erhöhte Trefferwahrscheinlichkeit zu erwähnen. Diese dürfte aber indirekt vor allem noch dadurch gesteigert werden, dass die Tempierung der Geschosse — welche äusserst kostbare Sekunden beansprucht — vollständig wegfällt.

Auch die Artillerie dürfte die neue Zünderart übernehmen, da auch hier die schwierige Tempierung wegfallen könnte. Die ungenaue Brennzündung mit ihrer Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit würde ebenfalls nicht mehr gebraucht. Mit Hilfe des Radar-Zünders könnten die Geschosse so eingestellt werden, dass sie in einer bestimmten Distanz über dem Ziel krepieren würden. Die Flugzeit müsste — wenigstens beim Schiessen auf feste Ziele — überhaupt nicht mehr berücksichtigt werden; dadurch könnte eine weitere Fehlerquelle ausgeschaltet werden. Aufschlagzünder und Verzögerungszünder behielten selbstverständlich neben dem Radarzünder ihre Bedeutung weiterhin bei.

Einfacher als die Verwendung eines Radar-Zündkopfes für Granaten ist natürlich die Anwendung in Bomben, da hier die Raumverhältnisse wesentlich günstiger liegen und die Ansprüche an die mechanische Festigkeit der Apparatur gering sind, weil ja kein Abschuss erfolgt. Tatsächlich sind auch solche Bomben verwendet worden, sie explodierten in genau festgelegter Höhe über dem Boden, so dass ihre Wirkung maximal war.

L'énergie atomique

Par le Dr E. Bleuler, Zürich

Depuis la publication, dans le numéro d'août de cette revue, d'un exposé sommaire de nos connaissances sur la nature des atomes, les dernières découvertes faites en Amérique ont été communiquées, en partie du moins, dans une brochure publiée sous les auspices du gouvernement des Etats-Unis (H. D. Smith: Atomic Energy). Après une introduction générale dans la matière, nous résumerons les données les plus intéressantes de cette brochure. Nous tâcherons d'en remplir les lacunes voulues par des estimations et hypothèses prudentes, mais naturellement sujettes à caution.

I. — Constitution et transformation des atomes.

a) Constitution des atomes.

La physique moderne décrit la matière comme composée de particules infiniment petites; 1 gr. d'hydrogène ou 16 gr. d'oxigène ou 238 gr. d'uranium en contiennent $6{,}02 \cdot 10^{23}$, (602 suivi de 21 zéros!). Le diamètre en est de l'ordre d'un dix millionième de millimètre. Ces particules, appelées atomes parce qu'on les crut longtemps indivisibles, forment une sorte de petit système solaire; un certain nombre d'électrons négatifs, variable selon les éléments chimiques, gravite autour du noyau, 10'000 fois plus petit que le tout. Ce noyau se compose lui-même de protons et de neutrons; la charge électrique positive des protons correspond exactement à la somme des électrons, si bien que l'atome lui-même est en équilibre, donc neutre au point de vue électrique; les neutrons ne portent pas de charge électrique. La masse d'un neutron est la même que celle d'un proton et équivaut à l'unité si l'on fixe (arbitrairement) celle de l'atome d'oxygène à 16. Les électrons sont 1840 fois plus légers. La presque totalité de la masse d'un atome se trouve donc dans le noyau. Les réactions chimiques n'engagent que la péripherie de l'atome, le noyau y reste indifférent.

Le poids d'un atome d'oxygène, par exemple, étant de 16, la charge de son noyau (et donc le

nombre de ses électrons) étant de 8, le noyau doit contenir, en plus de 8 protons positifs, 8 neutrons neutres, mais pesants. On note cet atome par le signe conventionnel de $_8O^{16}$. L'atome d'uranium $_{92}U^{238}$ contient donc 92 protons, 238 électrons et 238 moins 92 = 146 neutrons. De nombreux éléments chimiques possèdent des atomes de compositions diverses; le nombre des protons et, partant, des électrons reste constant, ce qui fait que les réactions chimiques de ces différentes sortes d'atomes sont identiques; par contre, le nombre des neutrons et, de ce fait, la masse des atomes varient. Ainsi, le chlore se compose d'atomes $_{17}Cl^{35}$ (17 p + 18 n) et $_{17}Cl^{37}$ (17 p + 20 n), dans la proportion de 3 à 1, ce qui explique son poids atomique moyen de 35,5. Ces différents atomes s'appellent *isotopes* (c'est-à-dire qu'ils se trouvent à même place dans la liste systématique des éléments chimiques). On connaît des éléments ayant jusqu'à 11 isotopes.

b) Transformation des atomes.

Pour transformer un élément en un autre, il suffit de changer la charge de son noyau. Par exemple, Lord Rutherford transforma de l'azote en oxygène en le bombardant avec des noyaux d'hélium; un atome d'hélium $_2He^4$ rencontrant un atome d'azote $_7N^{14}$, leurs noyaux s'entre-pénètrent et en forment un tout nouveau, $_9F^{18}$, qui se trouve être celui du fluor. Or, il est en équilibre instable et se dissocie en perdant un atome d'hydrogène $_1H^1$. Le reste se trouve être un isotope de l'oxygène, $_8O^{17}$. Voici la formule:

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_9F^{18} \longrightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1.$$

La difficulté principale consiste à donner au projectile une vitesse suffisante (30'000 km. à la seconde!), pour lui permettre de vaincre les considérables forces de répulsion qui tendent à séparer deux charges électriques de même nature (en l'occurence, les noyaux positifs qui devraient s'entre-pénétrer). Comme les neutrons n'ont pas cet obstacle à surmonter, ils peuvent déclancher des réactions nucléaires à des vitesses moindres; mais on ne peut les obtenir eux-mêmes qu'à l'aide d'une réaction nucléaire primaire.

c) Radioactivité.

Il arrive que le résultat d'une transformation ne corresponde à aucun atome existant à l'état naturel; ces produits artificiels ne sont pas stables et se décomposent spontanément; ils se transforment en un autre élément de même masse, en émettant des électrons (particules β, rayons β), ou en un élément dont la charge et la masse diffèrent; dans ce cas, ils émettent des noyaux d'hélium $_2He^4$ (particules α).

d) L'énergie atomique.

L'énergie libérée par les réactions nucléaires est d'un million de fois supérieure à celle provenant de réactions chimiques. La combustion d'un kilo de charbon produit une énergie thermique d'environ 9 kWh., tandis que la transformation d'un kilo de lithium en hélium produit 60'000'000 kWh.

Cette énergie ne sort pas du néant. Elle n'est que la transformation d'une certaine quantité de matière qui a disparu comme telle au cours de la réaction; la masse du produit final est inférieure à celle de ses composants. Einstein a établi la relation entre l'énergie et la matière par la formule:

$$E = m\,c^2,$$

E étant l'énergie, m la masse et c la vitesse de la lumière (300'000 km/sec.). Un gramme de masse correspond à une énergie de 25'000'000 kWh. La perte de masse dans la transformation d'un kilo de lithium en hélium n'est que de 2,46 gr. = 60'000'000 kWh.!

Deux lois classiques de la physique disaient

1° que le total des masses engagées dans un processus chimique est constant,

2° que l'énergie ne se perd ni ne se crée, mais ne fait que changer de forme.

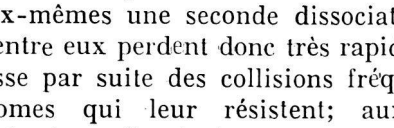
Ces deux lois doivent être fondues en une seule, qui proclame *l'équivalence de la matière et de l'énergie;* elle dit: La somme des masses et des énergies engagées dans un processus physique ou chimique reste constante; une métamorphose de masse en énergie ou vice-versa peut se calculer à l'aide de la formule: $E = m\,c^2$.

II. — La transformation progressive de l'uranium.

Les premières transformations atomiques, effectuées avec des quantités minimes de matière, présentaient un bilan d'énergie déficitaire; l'énergie requise pour provoquer la réaction nucléaire était supérieure à celle libérée au cours de celle-ci. Les noyaux bombardés sont si petits et si bien protégés par les électrons qui les enveloppent et par leurs propres forces de répulsion que sur 1000 projectiles émis, un seul en moyenne provoque une réaction intra-atomique. Pour réaliser un bénéfice d'énergie au cours de la transformation, il faut donc déclancher une *chaîne de réaction.* C'est ce qui se passe par exemple dans l'uranium bombardé à l'aide de neutrons. Le noyau de l'atome atteint, déséquilibré dans sa structure par la présence du neutron intrus, se dissocie spontanément; il se produit une sorte d'explosion, les deux fragments étant chargés d'électricité positive et se repoussent avec violence. Par radioactivité, les fragments se transforment en éléments stabiles. L'explosion du noyau projette également 2—3 neutrons à une certaine distance, avec une violence telle que ces neutrons provoquent eux-mêmes des réactions nucléaires dans les atomes qu'ils rencontrent sur leur trajectoire. Le processus gagne ainsi en intensité et s'étend à un nombre toujours croissant d'atomes. Il a suffi, pour mettre en mouvement cette avalanche, d'une seule réaction initiale (voir fig. 1)!

Pour l'uranium, une difficulté spéciale se présente du fait que ce métal se compose normalement de trois isotopes: 99,3 % de $_{92}U^{238}$, 0,7 % de

$_{92}U^{235}$ et 0,006 % de $_{92}U^{234}$. (Ce dernier se comportant comme l'U^{235}, nous le négligerons dans la suite.) Or, l'isotope 238 ne peut être dissocié que par des neutrons très rapides, tandis qu'il absorbe les neutrons dont la vitesse s'est abaissée aux environs de 70 km/sec. Il se transforme alors en U^{239}, élément instable qui se transforme spontanément, en perdant une particule β (électron), en un nouvel élément appelé neptunium, qui se transforme lui-même en plutonium:



$$_{92}U^{238} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{92}U^{239} \longrightarrow {}_{93}Np^{239} + {}_{-1}\beta^{0}$$
$$_{93}Np^{239} \longrightarrow {}_{94}Pn^{239} + {}_{-1}\beta^{0}.$$

Ce plutonium devient, par une transformation spontanée très lente, l'U^{235}; le plutonium et l'uranium 235 présentent les deux cette particularité, par rapport à l'U^{238}, qu'ils réagissent surtout aux neutrons lents, d'une vitesse de moins d'un km/sec.

Le caractère différent de ces isotopes explique pourquoi une réaction en chaîne n'est pas possible dans un simple bloc d'uranium: les neutrons émis par une réaction initiale n'ont, comme nous l'avons dit, qu'une chance sur mille de déclancher eux-mêmes une seconde dissociation. La plupart d'entre eux perdent donc très rapidement de la vitesse par suite des collisions fréquentes avec des atomes qui leur résistent; aux environs de 70 km/sec., ils deviennent une proie facile des atomes 238 et sont absorbés par ceux-ci. Ceux qui échappent à ce sort continuent à être freinés jusqu'à la vitesse critique pour les atomes 235. Mais le nombre des réactions qui se produisent alors est insuffisant pour se propager en augmentant.

III. — La machine à uranium.

Il semblerait donc qu'on ne puisse réaliser la réaction en chaîne que dans de l'uranium 235 pur, très coûteux à séparer de ses isotopes. Mais l'artifice suivant résoud le problème très simplement: Comme il s'agit d'éviter que les neutrons ne soient absorbés par l'U^{238} ensuite de leur perte de vitesse, il suffit de les freiner dans un autre milieu non absorbant, servant de modérateur, à la sortie duquel leur vitesse est tombée au-dessous des 70 km/sec. critiques.

La machine à uranium est donc construite de la manière suivante: Dans un bloc de graphite pur de quelques mètres cubes sont placés à intervalles réguliers des barres d'uranium, munies d'une enveloppe (en aluminium?) les protégeant contre la corrosion. La meilleure disposition des barres et la fabrication des enveloppes font partie du *secret*. Un pourcentage suffisant de neutrons passent le point critique des 70 km/sec. dans le graphite et évitent ainsi l'absorption par l'U^{238}; rentrant dans des barres d'uranium voisines, ils provoquent la dissociation de l'U^{235}. Si le nombre des neutrons résultant des réactions secondaires est égal à celui des neutrons servant à déclancher les premières transformations, le processus continue spontanément; si leur nombre est supérieur, la réaction s'intensifie selon une progression géométrique; si leur nombre est inférieur, la chaîne se rompt.

Des pertes de neutrons se produisent:

1° dans des impuretés de l'uranium ou du graphite (par absorption);

2° dans les barres d'uranium, par absorption à la vitesse critique de 70 km/sec.;

3° à la surface de la machine, des neutrons sortant du bloc.

Si les substances employées sont suffisamment pures et les barres disposées judicieusement, il suffit que le bloc soit assez grand pour que la réaction en chaîne s'ensuive, amorcée par des neutrons tels qu'il en pleut constamment de l'univers sur la terre. L'intensité croissante de la chaîne se règle à l'aide de barres d'acier contenant du cadmium ou du bore, substances qui absorbent les neutrons. Un servo-moteur accouplé à un compteur déplace automatiquement les barres d'acier dans le bloc.

L'énergie libérée par la dissociation des noyaux (25'000'000 kWh. par kilo d'U^{235}!) échauffe les barres d'uranium; cette chaleur est dérivée à l'aide d'un liquide ou d'un gaz et peut être utilisée directement (pour le chauffage) ou indirectement (pour la production d'énergie électrique ou mécanique). Il paraît impossible de construire actuellement des machines d'un poids assez restreint pour servir à la propulsion de véhicules routiers; de plus, les émanations intenses de neutrons ont les mêmes effets nocifs que les Rayons X.

La première machine à uranium fonctionne à Chicago depuis le 2 décembre 1942; la plus puissante à Pasco-Hanford (Washington), produit actuellement plus de 600'000 kW. (la moitié de la production des usines électriques de Suisse!).

IV. — La bombe atomique.

Le lent progressement de la chaîne des réactions dans la machine que nous avons décrite, due à la présence de l'U^{238}, doit être remplacé dans la bombe par une extension pour ainsi dire subite de la réaction, afin d'obtenir la libération simultanée d'une énergie considérable. Il faut donc ou séparer les isotopes 235 et 238, ou se servir du plutonium au lieu de l'U^{235}.

La séparation des isotopes.

Elle ne peut avoir lieu par des méthodes chimiques, les réactions chimiques des isotopes étant identiques. Il faut avoir recours à des méthodes physiques, dont on connaît une dizaine. Les trois méthodes employées avec succès pour l'obtention de l'U^{235} exigent des appareils très coûteux, dont nous connaissons le principe, mais dont plusieurs détails restent secrets. Ces méthodes sont basées sur la diffusion intégrale de gaz ou de liquides de masse différente, sur la thermodiffusion (fig. 2) et sur la dérivation inégale d'ions passant un champ magnétique (principe du spectrographe, fig. 3).

La production de plutonium

La machine de Pasco-Hanford sert à la production de plutonium; celui-ci n'étant plus un isotope de l'uranium, mais un nouvel élément, peut en être séparé par des méthodes chimiques. A des intervalles réguliers, il faut donc extraire de l'uranium le plutonium et les substances radioactives qui s'y sont accumulés. En été 1945, la production totale d'U^{235} et de Pn^{239} doit avoir été de quelques kilogrammes par jour.

La bombe à l'uranium.

Elle a été construite en grand secret à Los Alamos (Nouveau-Mexique) sous la direction de J. R. Oppenheimer. Nous n'en connaissons naturellement pas les détails de construction. Mais nous sommes à même de la décrire sommairement: La charge proprement dite est représentée par deux ou plusieurs blocs d'U^{235} et de Pn^{239} d'un poids total d'une vingtaine à une cinquantaine de kilogrammes. Ces blocs, trop petits pour qu'une chaîne de réactions puisse s'y produire, forment, une fois réunis, une masse suffisante pour que la réaction s'y propage. Celle-ci est amorcée soit par les neutrons venant de l'univers, soit par une source artificielle de neutrons. La dissociation d'une minime partie du tout produit déjà une chaleur si considérable que le reste est gazéifié instantanément et perdu pour la réaction nucléaire; pour retarder de si peu que ce soit cette explosion prématurée du bloc d'uranium, celui-ci doit être enveloppé dans un manteau très lourd (peut-être de quelques tonnes de plomb?). La transformation d'un kilo d'uranium produit une énergie équivalant à celle de 20'000 tonnes de TNT. Il suffit que quelques pourcents de la charge se dissocient pour produire une température et une pression énorme. Il paraît que les substances radioactives sont volatilisées et entraînées vers la stratosphère sans qu'elles aient d'effets nocifs.

V. — Conclusion.

La machine atomique ne peut guère faire actuellement de concurrence aux usines électriques hydrauliques; en effet, l'eau nous est fournie gratuitement (à part les frais de construction des barrages, etc.), tandis que l'uranium reviendrait à 1 ct. par kWh. (prix de revient de la matière première, sans les installations électriques). Cette nouvelle source d'énergie se prêterait mieux au chauffage à distance. Mais nous n'avons pas d'uranium. Des gisements ne se trouvent qu'aux Etats-Unis, au Canada, en Tchécoslovaquie et au Congo belge.

Le meilleur producteur de substances utilisables pour la bombe atomique paraît certainement être la machine à l'uranium. C'est la raison pour laquelle les Américains hésitent à livrer le secret de cette dernière.

Il est probable qu'il sera possible à l'avenir d'utiliser encore d'autres éléments chimiques et d'autres méthodes pour libérer l'énergie atomique.

(Compte-rendu de l'article paru dans le numéro 1)

Les effets des bombardements aériens sur quelques villes de l'Allemagne méridionale

Par le lt-colonel M. Koenig, chef ad int. du S + PA

En juin 1945, l'auteur visita, à la tête d'une mission spéciale du D.M.F., les régions dévastées de l'Allemagne du Sud pour s'y renseigner à bonne source sur la nature et les effets des bombardements subis ainsi que sur l'efficacité des mesures de protection qui avaient été prises.

Friedrichshafen

a subi notamment deux lourdes attaques. Lors de la première, le centre de la ville fut presque anéanti, les quartiers extérieurs touchés surtout le long des voies de communication. La deuxième visait les usines produisant du matériel de guerre; elles furent détruites par des bombes incendiaires et des bombes explosives de 50 et 100 kg. (calibres réduits, contre lesquels les abris formèrent une protection suffisante). Les monceaux de débris n'étaient pas assez volumineux pour empêcher le sauvetage. Le service du feu par maisons fonctionna bien lors des premières attaques, mais la population se laissa gagner par la hantise que les abris ne suffiraient plus lors d'attaques encore plus massives et, prise de panique, se mit à se réfugier dans les forêts avoisinnantes dès le signal d'alerte. Ce n'est que grâce à la faible densité des bâtiments que les incendies qui n'étaient plus combattus ne s'étendirent pas à toute la ville.

A Stuttgart,

dont les abris publics et privés avaient une capacité de 575'000 personnes (pour 500'000 habitants et les réfugiés), l'intensité croissante des bombardements produisit le même effet démoralisant sur la population; celle-ci se mit à creuser des galeries dans la molasse des hauteurs environnantes, craignant que des moyens d'attaques toujours plus puissants ne rendent les caves-abris inefficaces. — Au cours de la guerre, on construisit 140 petits, 340 moyens et 12 grands réservoirs d'eau en plus des 62 du service municipal des eaux.

En 4 ans, la ville subit 53 attaques (sans compter les 343 fausses alertes) qui se répartissent en proportion égale sur le jour et la nuit. Les moyens d'attaque étaient des bombes incendiaires dans 2 cas, des bombes explosives dans 35 cas, et une combinaison des deux dans 16 cas; les attaques se produisirent à intervalles irréguliers