

## *Les vigies de la guerre froide*

### **Un traité sous haute surveillance**

Le 10 octobre 1963, les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Union soviétique ratifiaient le traité portant interdiction des essais nucléaires dans l'atmosphère et dans l'espace. Les gouvernements qui avaient conclu ce traité à Moscou au mois d'août de la même année prenaient l'engagement de ne procéder à aucun essai d'arme nucléaire dans l'atmosphère, l'espace cosmique, ou sous l'eau. Le traité n'interdisait pas les tests menés sous terre. Il spécifiait néanmoins que les essais souterrains ne devaient pas entraîner la chute de débris radioactifs en dehors des limites territoriales de l'État qui les conduirait.

En prenant l'initiative d'un tel traité, les États-Unis, l'Union soviétique, et accessoirement, le Royaume-Uni, signifiaient ainsi mettre un terme « à la contamination de l'habitat humain par les substances radioactives ». Une bien hypocrite proclamation, s'agissant d'états qui à eux trois avaient déjà procédé à plusieurs centaines d'essais nucléaires dans l'atmosphère ! Était-ce quand même un premier pas vers la réduction de l'arsenal nucléaire des deux superpuissances ? Certes, un an plus tôt, au plus fort de la crise des missiles de Cuba, les États-Unis et l'Union soviétique avaient été à deux doigts de se lancer dans une confrontation armée qui aurait fatalement débouché sur de désastreuses frappes nucléaires. Mais pour autant, le désarmement mutuel et les accords Salt (*Strategic Arms Limitation Talks*<sup>1</sup>) n'étaient pas encore d'actualité. Il faudra attendre 1972 pour qu'aboutissent les tractations entre les États-Unis

---

1. Négociations sur la limitation des armes stratégiques.

et l'Union soviétique avec, à la clé, une série d'accords sur le déploiement, la diffusion et la croissance des arsenaux nucléaires des deux pays.

Avec le recul du temps, il apparaît aujourd'hui que le traité de 1963 traduisait d'abord la volonté des seules grandes puissances de l'époque, déjà dotées d'un bon arsenal nucléaire, de juguler la prolifération incontrôlée de ce type d'armes. Le traité visait donc la France, qui avait déjà procédé à quelques essais, mais surtout la Chine, qui s'appêtait à le faire. Ces deux nations qui partageaient les mêmes ambitions stratégiques, entendaient bien continuer sans entraves le développement de leurs arsenaux nucléaires. Et de fait, à l'encontre de la plupart des états de la planète, la France, comme la Chine, a refusé de ratifier le traité. Des années durant, les deux puissances ont poursuivi leurs essais dans l'atmosphère.

Six jours après la signature du traité, le 16 octobre 1963, l'armée de l'air des États-Unis procédait à la mise en orbite des deux premiers satellites Vela, un nom venant de l'espagnol où il désigne un gardien, un veilleur. Il s'agissait des premiers exemplaires d'un programme lancé dès 1959 pour mettre au point une technologie propre à détecter à bord d'un satellite en orbite terrestre, les effets d'éventuels essais d'armes nucléaires menés dans l'espace. Il est vrai qu'à l'époque les Soviétiques détenaient une avance manifeste dans le domaine spatial. Les stratèges américains avaient sérieusement envisagé que l'Union soviétique procède à des essais de bombes nucléaires loin dans l'espace.

Avec tous leurs beaux avions espions, les services de renseignement des États-Unis avaient suivi sans trop de mal le développement fulgurant de l'arsenal nucléaire soviétique. Mais ils étaient terrifiés à l'idée que les spécialistes soviétiques procèdent dans l'espace à des essais d'armes nucléaires nouvelles dont ils ne pourraient pas mesurer les effets. Figurez-vous que certains analystes américains avaient même envisagé que les

Soviétiques fassent exploser des bombes nucléaires sur la face cachée de la Lune ! Voilà pourquoi, aux États-Unis, les militaires étaient si pressés d'avoir à leur disposition un procédé pour contrôler que l'Union soviétique ne viole pas impunément le traité que la Maison-Blanche s'apprêtait à conclure. Mais au fait, pourquoi était-il si compliqué de détecter un essai nucléaire dans l'espace et d'en étudier les caractéristiques ?

Vous connaissez bien sûr les formidables effets d'une explosion nucléaire dans l'atmosphère. À l'instant même de la détonation, c'est d'abord un dégagement de radiations dont la première conséquence tangible est de surchauffer l'air alentour. Il apparaît alors une gigantesque boule de feu (une masse de gaz porté à très haute température) d'un diamètre pouvant dépasser quelques kilomètres dans le cas des explosions les plus puissantes. La brutale surpression de l'air qui s'ensuit déclenche une onde de choc dévastatrice dont le souffle brûlant balaye la région avoisinante où elle consume tout sur son passage. Dans les minutes qui suivent, l'explosion nourrit un énorme nuage de vapeurs et de poussières qui s'élève jusqu'à la stratosphère. Il s'étale alors en un monstrueux champignon qui déploie ses volutes vénéneuses.

Toutes ces manifestations, les plus spectaculaires comme les plus dévastatrices, tiennent au seul fait que l'explosion s'est produite dans l'atmosphère. À grand renfort d'effets spéciaux et de gros moyens pyrotechniques, les films de science-fiction ont fini par nous faire croire que des échanges nucléaires entre vaisseaux spatiaux déchaîneraient des ouragans d'incandescence. Or il n'en est rien ! Si d'aventure une bombe nucléaire explose dans le vide spatial, aucune boule de feu, pas le moindre souffle, pas le plus petit champignon. Reste malgré tout une énorme salve de radiations, des rayons X et  $\gamma$  pour l'essentiel. Il suffit donc de placer sur des orbites judicieusement choisies quelques satellites porteurs de détecteurs de rayons X et  $\gamma$  pour repérer à coup sûr tout essai nucléaire

mené loin dans l'espace. Quel processus est à l'origine de ces radiations ? Pour remonter à leur source, rien de mieux qu'une petite séance de travaux pratiques nucléaires. À vous de jouer...

### **Si vous voulez faire la bombe**

Le processus physique à l'origine d'une explosion nucléaire est la réaction de fission en chaîne. Ce n'est vraiment plus dévoiler un secret militaire de rappeler que pour amorcer une telle réaction en chaîne, il suffit de réunir deux demi-coquilles d'uranium ou de plutonium afin de former une sphère dont la masse est supérieure à une certaine valeur critique. De nos jours, il suffit d'ailleurs de balayer Internet pour réunir tous les trucs et astuces permettant à tout un chacun de fabriquer une bombe atomique dans son garage. Voici les grandes lignes de la recette.

Il faut d'abord vous procurer de l'uranium, une bonne cinquantaine de kilos. Attention ! Il vous faut de l'uranium 235, un nucléide dont le noyau est fait de 92 protons et de 143 neutrons. Un tel nucléide est dit fissile car sous l'impact d'un neutron d'énergie cinétique négligeable, son noyau se fissure en deux noyaux distincts. L'uranium naturel, celui qui se trouve au sein de la croûte terrestre, ne contient que des pincées de ce nucléide fissile. Dans une proportion de plus de 99 %, l'uranium extrait des mines, déjà pas facile à trouver sur le marché, renferme un nucléide non fissile, l'uranium 238. Mais ne vous découragez pas pour si peu ! Depuis les années 1940, quelques états de la planète ont pratiqué la séparation des isotopes de l'uranium à une échelle industrielle. Aujourd'hui, les puissances nucléaires détiennent des centaines de tonnes d'uranium enrichi. Les réserves d'uranium 235 abondent, mais il n'est pas si simple pour un particulier de réunir les quantités qu'il faut pour faire la bombe. Seule solution, le marché noir, que l'on dit florissant. Il est en effet plus difficile qu'il n'y paraît

de gérer les énormes quantités de matière fissile dispersées dans tous les arsenaux de la planète. En l'absence d'un état précis des stocks, comment savoir ce qui manque ?

Supposons donc le problème résolu. Une mystérieuse officine vous a livré vos cinquante kilos d'uranium 235. Comme l'uranium est très dense, le tout tient dans deux petites caisses. Le livreur vous a bien recommandé de les entreposer suffisamment éloignées l'une de l'autre, sinon... Tout en veillant soigneusement à ne jamais rassembler trop d'uranium au même endroit, façonnez sur votre établi deux demi-coquilles d'uranium 235, chacune d'une masse de l'ordre de vingt-cinq kilos. Puis introduisez-les dans un tube solide, façon tube de canon, fermé à l'une de ses extrémités. Maintenez un bon écartement entre les deux demi-coquilles. Bouchez ensuite l'autre extrémité du tube d'un couvercle renforcé, sans oublier d'introduire auparavant un explosif avec détonateur. Et voilà ! La bombe est prête à l'emploi...

Mettez à feu le détonateur. L'explosion qui s'ensuit repousse violemment la demi-coquille d'uranium. Projetées l'une contre l'autre, les deux demi-coquilles forment alors une sphère d'une masse de cinquante kilos, de l'ordre de la valeur critique. Astuce : si vous prenez la précaution d'envelopper les deux demi-coquilles d'un matériau apte à réfléchir les neutrons, la valeur critique peut être atteinte avec des masses d'uranium 235 bien inférieure. Si vous voulez réduire votre facture d'uranium enrichi, je vous conseille donc d'enrober la matière fissile d'une bonne couche de béryllium. Attention quand même, le béryllium est hautement toxique...

Quelque part au sein de la sphère, un neutron d'origine quelconque, provenant par exemple de la fission spontanée d'un noyau fissile, provoque la fission d'un noyau d'uranium 235. Comme elle libère au moins deux neutrons, cette première fission provoque aussitôt la fission d'au moins deux nouveaux noyaux d'uranium 235, et ainsi de suite... La réaction

en chaîne qui s'amorce alors ne dure qu'un millionième de seconde, mais elle produit quand même la fission de plus de  $10^{24}$  noyaux ! Et si je vous précise que chaque fission s'accompagne d'une émission gamma, vous ne doutez plus que la meilleure manière de détecter une explosion nucléaire, même dans l'espace, est de se tenir à l'affût de toute apparition d'une bouffée de rayonnement gamma.

### Des rayons uraniques aux rayons $\gamma$

Le vieil astronome gamma que je suis est parfaitement conscient que le terme rayonnement gamma est aujourd'hui perçu comme des plus maléfiques. C'était pourtant loin d'être le cas durant les quatre premières décennies du vingtième siècle, avant Hiroshima et Nagasaki. Peu à peu, les savants s'étaient persuadés que le rayonnement gamma n'est qu'une sorte de lumière, totalement imperceptible à nos sens. Sa particularité la plus remarquable n'était alors que son extrême pouvoir de pénétration. Mais on n'en avait pas encore mesuré toute la nocivité. À vrai dire, la saga des rayons  $\gamma$  n'est que l'un des multiples épisodes de la révolution qui avait bouleversé les sciences au tournant du dix-neuvième siècle. En voici la chronologie succincte, ourlée d'une guirlande de prix Nobel.

1895 : En étudiant les rayons cathodiques, qui intriguaient fortement les savants à cette époque, le physicien allemand Wilhelm Röntgen découvrait un rayonnement de nature inconnue, les rayons X. Pour la circonstance, il recevait en 1901 le premier des prix Nobel de physique.

1896 : Voulant faire pièce à l'arrogance des savants allemands avec un rayonnement bien de chez nous, le physicien français Henri Becquerel mettait en évidence les rayons uraniques, et partant, la radioactivité de l'uranium. D'où l'attribution en 1903 du prix Nobel de physique.

1897 : À grand coup d'aimants et de plaques électrisées, le physicien anglais Joseph John Thomson démontrait que les rayons cathodiques étaient faits d'électrons, une particule élémentaire porteuse d'une charge électrique négative. Encore un prix Nobel de physique, décerné en 1906.

1898 : Ayant tout juste soutenu sa thèse à Cambridge, le jeune chimiste et physicien néo-zélandais Ernest Rutherford, en étudiant le pouvoir de pénétration des rayons uraniques, démontrait qu'ils contenaient au moins deux types de rayonnements. Il donnait au moins pénétrant des deux le nom de rayon  $\alpha$  et au plus pénétrant, celui de rayon  $\beta$ . Et un prix Nobel de plus, mais de chimie cette fois, attribué en 1908 au futur Lord Rutherford of Nelson.

1898 : Marie Curie, physicienne française d'origine polonaise, isolait un nouvel élément radioactif, le radium. Récompense de son éblouissante carrière, deux prix Nobel ! En 1903, celui de physique, suivi en 1911 de celui de chimie...

1899 : Avec Pierre, son physicien de mari, Marie Curie établissait que le radium produisait lui aussi des rayons  $\alpha$  et  $\beta$ . Pour Pierre, la joie de partager le prix Nobel de physique 1903 avec Becquerel et sa jeune épouse.

1900 : En tentant d'infléchir la trajectoire du rayonnement uranique au moyen d'un aimant, Becquerel démontrait qu'un de ses composants, celui-là même que Rutherford avait trouvé de type  $\beta$ , était identique aux électrons tels qu'ils avaient été identifiés grâce aux expériences menées sur les rayons cathodiques.

1900 : Le physicien français Paul Villard décelait dans le rayonnement du radium un troisième composant ultra-pénétrant.

1903 : Parti à l'université McGill de Montréal, Rutherford publiait avec le physicien anglais Frederick Soddy deux articles

portant le même titre, *The Cause and Nature of Radioactivity*<sup>1</sup>, où les deux physiciens proposaient que la radioactivité était le résultat de la désintégration d'atomes d'un type donné en atomes d'un autre type, un processus qui serait apte à produire tous les rayonnements que fabriquaient les corps radioactifs.

1903 : Rutherford donnait le nom de rayons  $\gamma$  au troisième type de rayons que produit la radioactivité, celui-là même que Villard avait isolé.

1903 : Disposant d'un aimant assez puissant pour infléchir la trajectoire des rayons  $\alpha$ , Rutherford concluait qu'il s'agissait de particules électrisées, chargées positivement.

1908 : Devenu professeur à l'université de Manchester, Rutherford, avec Thomas Royds, l'un de ses étudiants, prouvait que les rayons  $\alpha$  sont des atomes d'hélium deux fois ionisés, ou plutôt des noyaux d'hélium, comme on le dit depuis.

1914 : Rutherford et le physicien anglais Edward Neville Da Costa Andrade parvenaient à mesurer la longueur d'onde du rayonnement gamma que produit le radium.

Plus le moindre doute ! Les rayons  $\gamma$  étaient un rayonnement de nature électromagnétique, comme la lumière, mais de la plus petite longueur d'onde qui soit. Déchiffrer le rayonnement électromagnétique avait été l'une des plus grandes avancées de la physique au dix-neuvième siècle. Dans un traité daté de 1864, le physicien écossais James Clerk Maxwell avait énoncé sous sa forme définitive la fameuse série d'équations qui portent aujourd'hui son nom. Les équations de Maxwell conduisaient à la prédiction de l'existence d'ondes électromagnétiques, perturbations périodiques dans le temps et dans l'espace d'une entité connue sous le nom de champ électromagnétique. Par des raisonnements théoriques, Maxwell avait estimé la célérité de son onde. Il l'avait trouvée égale à celle

---

1. La cause et la nature de la radioactivité.