

## **Les voies modernes du développement des armes nucléaires et du renforcement d'un ordre inégal basé sur celles-ci.**

André Gsponer  
ISRI, Case postale 30, 1211 Genève 12  
Séminaire du CEDI, Paris, le 17 novembre 1995

Il n'est pas possible de parler des voies modernes du développement des armes nucléaires sans utiliser quelques mots techniques et sans faire appel à quelques notions de physique nucléaire. Fort heureusement, ces notions sont relativement simples et les mots en question peu nombreux. Pour se les remettre en mémoire, le mieux est de rappeler la manière dont se déroule l'explosion d'une arme thermonucléaire, c'est-à-dire d'une bombe H. (Voir figure en annexe et les références [1] et [2].)

Dans une telle arme, il faut distinguer deux parties principales qu'on appelle systèmes primaire et secondaire. Ces systèmes sont enfermés dans un boîtier commun qui permet de transférer l'énergie du système primaire au secondaire. En fait, l'explosion d'une bombe H est un formidable processus d'amplification d'énergie dans lequel l'énergie d'une bombe A est utilisée pour allumer des réactions de fusion thermonucléaire.

Le système primaire contient de la matière fissile, c'est-à-dire de l'uranium-235 ou du plutonium. Pour faire exploser ce plutonium (par exemple), il faut en assembler très rapidement une quantité suffisante (5 à 10 kg environ), ou alors en comprimer très fortement une quantité moindre (2 à 3 kg). Dans les deux cas, on utilise des explosifs chimiques, lesquels servent de détonateurs. Le système primaire est donc une bombe A. L'énergie d'une telle bombe se mesure en kilotonnes et la plus grande partie de celle-ci se retrouve, à la fin de la réaction en chaîne, sous la forme de rayons X.

Le système secondaire, lui, contient de la matière fusible, c'est-à-dire du deutérium et du tritium qui produisent de l'énergie par fusion. Contrairement aux réactions de fission, qui démarrent "à froid", et même en absence de compression, les réactions de fusion ne se produisent qu'à des températures extrêmement élevées, et ne sont explosives que si la matière fusible est très fortement comprimée. Pour obtenir ces températures et pressions extraordinaires (qui ne se rencontrent même pas au centre du soleil) il n'existe aujourd'hui encore qu'une seule méthode: utiliser le boîtier qui entoure les systèmes primaire et secondaire pour réfléchir les rayons X émis par la bombe A sur la matière fusible afin de la comprimer et de la chauffer. Il en résulte une explosion thermonucléaire dont l'énergie se mesure en centaines de kilotonnes, voire en mégatonnes. En fait, contrairement aux bombes A, la puissance des bombes H est théoriquement illimitée.

Le déroulement d'une explosion thermonucléaire se résume donc à la répétition, dans les systèmes primaire et secondaire, d'une phase de compression suivie par une phase de combustion. La différence essentielle est que si la fission est relativement facile à amorcer, la fusion, elle, est extrêmement difficile à enclencher.

En ce qui concerne les essais, il en résulte une distinction très importante suivant que l'on considère la bombe atomique ou la bombe à hydrogène. En effet, ainsi que cela a été démontré à Hiroshima, aucun essai n'est nécessaire pour mettre au point une bombe atomique. A l'exemple d'Israël (ou de l'Inde), on peut donc très bien concevoir une dissuasion basée sur de telles bombes.

A quoi servent donc les essais? D'abord, à mettre au point la bombe H. Pour cela, au début, il n'existait aucune autre méthode que celle de recourir aux essais nucléaires en vraie grandeur. Toutefois, cette situation est aujourd'hui en train de changer.

Ensuite, les essais permettent de miniaturiser les armes. Ceci a conduit à la démonstration que les meilleurs rapports puissance sur poids étaient obtenus, en fait, avec des bombes H miniatures.

Finalement, les essais permettent de mettre au point des armes spécialisées en fonction d'un effet recherché [1]. Ce travail, qui a notamment débouché sur la bombe à neutrons [2], est motivé par un objectif ultime très ambitieux: celui de réaliser une arme à "fusion pure", c'est-à-dire une arme dont le système primaire serait autre chose qu'une bombe A, ce qui présente de nombreux avantages du point de vue politique et militaire.

Ainsi, pour ce qui est du développement des armes nucléaires, l'objectif principal des essais est l'étude de tout ce qui touche à la bombe H, sa miniaturisation, son perfectionnement, etc.

A l'origine, ces essais étaient effectués dans l'atmosphère et ce n'est qu'à partir de 1963, date de la signature du Traité d'interdiction des essais nucléaires dans l'atmosphère, que les États-Unis, l'URSS et la Grande-Bretagne y ont renoncé. Cependant, il faut bien comprendre que les grandes puissances avaient à l'époque plusieurs avantages à poursuivre les essais sous terre.

Outre les intérêts politiques et écologiques, il y avait par exemple l'avantage que les autres pays n'étaient plus en mesure d'analyser les retombées radioactives atmosphériques, afin d'en déduire des informations sur le fonctionnement des armes qu'on préférait garder secrètes. Mais il y avait aussi le fait que les grandes puissances s'étaient données des outils de plus en plus perfectionnés. Ces outils leur ont permis de poursuivre le développement en recourant de moins en moins à des essais nucléaires en vraie grandeur, que ce soit dans l'atmosphère ou sous terre.

Dans un premier temps, on construisit des générateurs permettant de simuler en laboratoire les effets directs des armes nucléaires sur du matériel militaire. En France, c'est à Gramat, dans le Lot, que l'on commença à installer ce genre d'appareils, il y a plus de 30 ans déjà. On put ainsi tester la résistance aux souffles, rayons X, neutrons, chocs thermiques et impulsions électromagnétiques dans des conditions tout aussi bonnes, voire meilleures, qu'avec des explosions nucléaires réelles. Dès lors, les essais atmosphériques perdirent l'une de leurs principales raisons d'être.

Dans un deuxième temps, grâce au perfectionnement de la technologie des accélérateurs, on construisit des générateurs de rayons X et de neutrons toujours plus puissants. Il en résulta, notamment, des moyens de radiographie susceptibles d'étudier de façon de plus en plus précise le déroulement de l'assemblage ou de l'implosion des bombes atomiques, qu'elles soient utilisées en tant que telles, ou comme systèmes primaires de bombes à hydrogène. En France, c'est à Moronvilliers, en Champagne, que l'on trouve ces installations. La plus récente, nommée AIRIX (pour "accélérateur inducteur de radiographie aux rayons X"), est en cours de construction. Elle sera, vers l'an 2000, l'une des plus performantes au monde pour la mise au point des bombes A. Pour cette mise au point, on effectue ce qu'on appelle des tirs froids, c'est-à-dire avec des explosifs chimiques mais sans matière nucléaire fissile.

En fait, comme nous l'avons déjà dit, le problème majeur du développement et de la miniaturisation des bombes H réside dans l'allumage des réactions de fusion dans le système secondaire. Une fois le combustible fusible allumé, la puissance de l'explosion n'est limitée que par la quantité de combustible. Ce processus de fusion reste identique quel que soit cette quantité, si bien que l'on peut se contenter d'essais nucléaires de faible puissance. C'est pourquoi les États-Unis et l'URSS ont convenu en 1974 de limiter la puissance de leurs essais à 150 kilotonnes.

Dans un troisième temps, suite à d'importantes avancées théoriques, et à la mise au point du laser, il devint possible d'étudier en laboratoire les processus fondamentaux en oeuvre dans le système secondaire, c'est-à-dire les phénomènes de compression et de fusion qui conduisent à l'allumage puis à l'explosion des bombes H. Ainsi, à partir de 1980, les méthodes empiriques qui nécessitaient un grand nombre d'essais en vraie grandeur cédèrent de plus en plus le pas à des méthodes scientifiques rigoureuses. Alors que les États-Unis procédaient à plus de 30 essais par an durant les années 1960, ce nombre est descendu en dessous de 15 par an à la fin des années 1980.

Finalement, tout au long de cette évolution, la croissance exponentielle des performances des ordinateurs permit de modéliser de façon toujours plus complète et détaillée les phénomènes qui se produisent lors d'une explosion thermonucléaire. Du coup, les puissances nucléaires se trouvent aujourd'hui dans une position qui leur permet de signer un Traité d'interdiction complète et définitive des essais nucléaires, sans pour autant renoncer, ni à la dissuasion nucléaire, ni au développement d'armes nucléaires nouvelles.

Cette situation, qui viole aussi bien l'esprit que la lettre du Traité de non-prolifération (par lequel les cinq puissances nucléaires se sont engagées à oeuvrer en faveur d'une élimination rapide et définitive des armes nucléaires) est la conséquence d'une double réalité technique:

- D'une part, la maîtrise d'une technologie fondée sur 50 années de recherches et plusieurs centaines d'essais est aujourd'hui telle que l'on sait qu'il n'y a plus aucun progrès majeur à attendre en ce qui concerne les bombes A et H.

Pour le maintien d'une dissuasion fondée sur les armes nucléaires de ce type, les essais ne sont donc plus une nécessité.

- D'autre part, cette maîtrise permet de concevoir de nouvelles générations d'armes nucléaires, beaucoup plus satisfaisantes du point de vue politique et militaire. En effet, certains défauts des armes actuelles seront éliminés. En comparaison avec les bombes A ou H, la mise au point et la fabrication de ces armes seront beaucoup plus difficiles pour les petits pays. Le statut privilégié des grandes puissances s'en trouvera renforcé.

Analysons les conséquences de ces deux réalités dans l'optique du désarmement, c'est-à-dire dans la perspective d'une élimination définitive des armes nucléaires. Dans ce cas, le but d'un traité d'interdiction totale et définitive des essais n'est pas simplement de prendre acte du fait que les puissances nucléaires n'ont plus grand-chose à gagner en poursuivant leurs essais en vraie grandeur. Le but véritable de ce traité est de figer la technologie dans l'état actuel, afin de permettre des négociations sur l'élimination de la dissuasion nucléaire, seule condition réellement efficace pour éviter une prolifération et une conflagration nucléaires générales.

Bien évidemment, une telle analyse nécessiterait beaucoup de temps et la prise en compte de nombreux détails. C'est pourquoi je me restreindrai à quelques aspects techniques importants, et que je limiterai les considérations politiques à une seule remarque, liée à la démarche singulière de la France.

En effet, c'est en 1960, c'est-à-dire au moment où les Etats-Unis, l'URSS et la Grande-Bretagne observaient un moratoire, que la France a procédé à son premier essai nucléaire. Plus récemment, suite à l'effondrement de l'URSS, les Etats-Unis et la Russie ont accepté d'importantes réductions de leurs arsenaux nucléaires, et convenu d'un nouveau moratoire suivi par la Grande-Bretagne et la France. Cependant, peu après la prorogation définitive du Traité de non-prolifération à New York en juillet 1995, la France décidait d'emboîter le pas à la Chine, et de rompre elle aussi le moratoire.

Toutefois, en elle-même, cette décision n'explique pas le tollé soulevé par la France dans la communauté internationale. Celui-ci provient de la manière très peu diplomatique dont le gouvernement français a exprimé son mépris pour la cause du désarmement. En justifiant la reprise de ses essais par sa volonté explicite de maintenir la dissuasion nucléaire, et même de la perfectionner en se donnant des moyens de simulation très perfectionnés et coûteux, la France a démontré que dans les faits, elle ne faisait rien pour décourager ceux qui pensent que l'arme nucléaire est le seul moyen crédible de s'affirmer en tant qu'état.

En fait, compte tenu de l'effondrement de l'URSS, tout porte à croire que la France vise la deuxième place mondiale au palmarès des super-grands de l'armement nucléaire, juste derrière les Etats-Unis. En prenant cette place, la France devient le partenaire/concurrent privilégié des Etats-Unis dans la course au développement qualitatif des armes nucléaires. C'est pour cette raison qu'une collaboration de plus en plus active s'est développée entre les laboratoires militaires français et américains, et que, par exemple, les nouvelles infrastructures laser prévues à Livermore (près de San Francisco) et à Le Barp (près de Bordeaux) auront toutes deux une énergie de 1.8 mégajoules.

Revenons aux questions techniques proprement dites. Si la France, comme d'autres grandes puissances, veut maintenir la dissuasion sans procéder à des essais réels, elle doit se donner les moyens d'entretenir son armement nucléaire, et la possibilité de reconstruire à l'identique les armes vieillies, lorsqu'il s'agira de les remplacer.

De l'avis de tous les spécialistes, une telle "reconstruction" ne poserait aucun problème si l'on avait affaire à un arsenal de bombes A. En effet, comme nous l'avons déjà souligné, les essais ne sont pas nécessaires dans ce contexte. Ainsi, la France pourrait parfaitement abandonner ses armes thermonucléaires, et retourner à des bombes atomiques, dont la simplicité intrinsèque garantit une fiabilité absolue, et dont le pouvoir destructeur (vu la précision des missiles actuels) est largement suffisant pour assurer une dissuasion efficace.

La situation est peut-être différente pour les bombes H. D'après la Direction des Applications Militaires du CEA, une telle reconstruction ne serait possible que si l'on réalise, en plus des nouvelles installations de radiographie de Moronvilliers, le grand laser de Bordeaux. Cette affirmation est hautement contestable. Tout porte à croire en effet que la reconstruction des armes thermonucléaires est parfaitement possible, même dans un avenir lointain, à condition que l'on prenne les mesures nécessaires pour conserver la technologie. D'ailleurs, un des buts explicites

pour la série d'essais actuels est précisément de tester un concept "robuste", c'est-à-dire un type d'arme qui ne devrait pas poser de problème en cas de reconstruction future.

Le deuxième aspect technique qu'il faut maintenant analyser est le fait que les armes nucléaires actuelles, c'est-à-dire en gros les bombes A, et les bombes H allumées par une bombe A, sont vouées à l'obsolescence. Ce que les nouvelles générations de militaires veulent, ce sont des armes nucléaires militairement utilisables, avec des puissances et des effets précisément ajustables, et surtout avec des effets radioactifs résiduels (retombées, activation du sol) réduits. Pour cela, la voie royale est la suppression de l'amorce fissile, ce qui est maintenant théoriquement possible vu les progrès considérables réalisés ces dernières années dans l'étude de l'allumage des explosifs thermonucléaires à l'aide de lasers. De plus, de nouvelles générations d'armes nucléaires sont maintenant en vue, par exemple des armes de fusion pure dont l'allumage serait assuré par de très petites quantités d'antimatière [3].

Dans son interprétation actuelle, le projet de Traité d'interdiction totale des essais n'interdirait que les expériences de fission, et non celles qui impliquent la fusion. Ainsi, un tel traité ne serait finalement guère plus qu'une mesure renforçant le statut privilégié des cinq puissances nucléaires. Une telle évolution ne pourra qu'exacerber les tensions internationales, aussi bien entre les pays industrialisés qu'entre le Nord et le Sud.

Il est donc essentiel de prendre conscience que derrière la série d'essais que la France vient de commencer (\*\*\*) à Mururoa se profile un danger encore plus grand: celui de la construction à Bordeaux d'une installation de micro-explosions thermonucléaires, dont la simple mise en fonctionnement annulera tous les espoirs de ralentissement de la course aux armements nucléaires.

Bien sûr, on pourra dire que la France ne pouvait pas laisser les Etats-Unis seuls dans la poursuite du perfectionnement qualitatif des armes nucléaires. A cela, maintenant que l'URSS s'est effondrée, on peut répondre que la communauté internationale avait tout à gagner à isoler (sur ce plan) les Etats-Unis, et à profiter de la conjoncture pour aller de l'avant dans la direction d'un véritable désarmement.

Malheureusement, la tendance qui se dessine va dans une autre direction, celle du renforcement des discriminations nucléaires. En effet, par le renoncement à toute explosion nucléaire, ainsi qu'à toute réaction explosive impliquant la fission, il devient possible d'augmenter considérablement l'efficacité des méthodes permettant de contrer ceux qui voudraient également se doter de l'arme nucléaire.

Sur le plan technique, l'application du Traité d'interdiction impliquera non seulement la mise en place d'un réseau global de télédétection par sismographes et satellites, mais encore la mise au point d'un ensemble de moyens de détection physico-chimiques ultrasensibles, aujourd'hui testés en Irak, qui permettront de détecter toute activité illicite liée à l'usage de la radioactivité artificielle.

Sur le plan politique, tout démontre que l'on est en train d'assister au passage d'un régime de non-prolifération à un régime de contre-prolifération. Le bombardement par Israël en 1981 d'un réacteur fourni par la France à l'Irak, puis la Guerre du Golfe (dix ans après) en ont été les préludes. Cette évolution est le résultat d'une interprétation dure du Traité de non-prolifération, une interprétation qui autorise l'utilisation de la force afin d'empêcher les pays du Tiers Monde de défier les grandes puissances avec des bombes atomiques. Cette autorisation, votée par l'ONU au début de 1992, ne sanctionne en effet pas la possession des armes de destructions massives en tant que telle, mais seulement leur dissémination, ce qui permet aux cinq membres du "club de la bombe" de conserver leur monopole exclusif par la force.

En conclusion, pour que le Traité d'interdiction complète des essais devienne un traité réellement efficace en vue d'une élimination définitive des armes nucléaires, il est indispensable que sa portée soit étendue à l'interdiction de toute expérimentation, fondamentale ou appliquée, qui mette en jeu des réactions de fission nucléaire ainsi que de fusion thermonucléaire, à quelque niveau de puissance que ce soit. Dans ces conditions, les installations telles que le laser mégajoule prévu à Bordeaux ne devront pas être construites, pas plus que les nouvelles installations de production de tritium prévues aux Etats-Unis et ailleurs [4].

Une telle extension n'est possible que dans une formulation englobant aussi bien les aspects militaires que civils de la recherche nucléaire, ce qui nécessite une action qui se situe au niveau le plus élevé des politiques de la science, de la juridiction internationale, et de la diplomatie. Pour cette extension, les Etats-Unis et la France auront une

responsabilité particulière, car ils sont de loin aujourd'hui les deux pays les plus avancés en ce qui concerne la qualité de l'armement nucléaire.

Note (\*\*): le cas échéant "vient de terminer"

## Références

[1] A. Gsponer, "Bombe: un effet peut en cacher un autre", Science et vie, No 783) 88-91, 187-188.

[2] A. Gsponer, "La bombe à neutrons", La Recherche, No 158 (septembre 1984) 1128-1138.

[3] A. Gsponer et J.P. Hurni, "Les armes à antimatière", La Recherche, No 182 (novembre 1986) 1440-1443; idem, Nature, (26 February 1987) 754.

[4] A. Gsponer, "Les accélérateurs remplaceront-ils les surrégénérateurs?", La Recherche, No 124 (juillet/août 1981) 866-868.

## Figure: schéma de principe d'une arme thermonucléaire (bombe H)

Au sommet de l'engin, au foyer supérieur du réflecteur de rayons X, se trouve le système primaire: la bombe A d'amorçage.

Le corps du système secondaire est constitué par un long cylindre de combustible fusible qui se termine, au foyer inférieur du réflecteur de rayons X, par une amorce fusible qui contient un peu de tritium.

L'explosion de l'engin démarre par l'explosion de la bombe A d'amorçage, laquelle produit des rayons X qui compriment et chauffent l'amorce fusible. Dès que les conditions de fusion sont atteintes, l'amorce fusible explose et la réaction thermonucléaire commence à se propager vers le bas.

A ce moment, le combustible fusible (du deutériure de lithium-6) ne contient pas de tritium. Celui-ci est produit durant l'explosion par l'interaction des neutrons de fusion avec le lithium-6. Pour que cela soit possible, il faut entourer le combustible fusible avec un manteau d'uranium-238. Pour les neutrons de basse énergie, ce manteau agit comme un réflecteur; pour les neutrons d'énergie suffisante pour fissionner l'uranium-238, comme un multiplicateur de neutrons; et pour les rayons X comme un réflecteur qui permet de comprimer la matière fusible. Dans certains cas, pour augmenter la production du tritium et faciliter l'allumage des réactions de fusion, une barre d'uranium fortement enrichi est placée au centre du système secondaire.

L'explosion se propageant le long du cylindre à partir de l'amorce, on peut concevoir des bombes H de puissance illimitée. En raison des nombreuses fissions que provoquent les neutrons de fusion en interagissant avec le manteau, environ la moitié de la puissance d'une bombe H provient de la fission, ce qui implique d'importantes retombées radioactives

