

# Bombe : un effet peut en cacher un autre

En attendant les armes à faisceaux de particules, armes du futur, les États-Unis et l'Union soviétique préparent les bombes nucléaires de seconde génération. Pour celles-ci, un effet de l'explosion thermonucléaire est renforcé par rapport aux autres : les radiations, avec la bombe ERW (plus connue sous le nom de bombe à neutrons) ; l'effet de souffle, avec la bombe RRR ; et l'impulsion électromagnétique, avec la bombe EMP. André Gsponer, physicien, fait le point pour *Science & Vie*.

Les armes nucléaires les plus modernes, malgré leur complexité et le secret qui les entoure, reposent sur des principes bien connus des physiciens. Il existe deux moyens pour libérer de l'énergie nucléaire : la fission (de noyaux lourds) et la fusion (de noyaux légers). Mais les radiations émises par une explosion amorcent elles-mêmes d'autres réactions. Ces réactions "secondaires" peuvent être maîtrisées ; on obtient alors des effets militairement intéressants.

Du point de vue scientifique, on sait depuis le début des années cinquante ce qu'il est possible de réaliser. Et, du point de vue technique, la possibilité de construire des bombes concrétisant ces idées remonte aussi à cette époque.

C'est la "configuration" dite de "Teller-Ulam" (du nom de ses inventeurs) qui constitue ce que l'on peut appeler le "secret de la bombe à hydrogène". Ce "secret" n'a été dévoilé qu'en novembre 1979 aux États-Unis, après une bataille juridique avec le Département de la justice, qui tentait d'en empêcher la publication dans une revue de vulgarisation. "Secret" ? Oui, mais "de polichinelle", car ses principes avaient déjà été diffusés dans la littérature scientifique.

L'idée est d'utiliser les rayons X émis lors de l'explosion d'une bombe A (à fission), pour allumer une bombe H (à fusion) : les armes nucléaires perfectionnées seront alors composées de trois parties : le système primaire, qui est une bombe A au plutonium ou à l'uranium et qui sert d'amorce ; le système secondaire, dans lequel diverses réactions de fusion fournissent de l'énergie et des radiations ; et le système tertiaire, qui est une option facultative, permettant d'utiliser aussi bien les radiations que l'énergie nucléaire pour produire des effets particuliers.

Mais le problème est de concrétiser ces idées, c'est-à-dire de fabriquer des armes compactes, fiables et efficaces sur le champ de bataille. Ainsi, la première bombe à neutrons n'a été expérimentée qu'en 1963, aux États-Unis, alors que la première bombe H avait été testée dès 1952. Et il faudra attendre jusqu'en 1979 pour que la bombe N passe du stade expérimental à celui de la production en série. Cette même année, du reste, une autre arme fut expérimentée pour la première fois : la bombe RRR (à radiations résiduelles réduites), dans laquelle l'effet de souffle est augmenté par rapport aux autres effets. En fait, bien d'autres raffinements sont possibles. Ainsi la bombe EMP (voir *Science & Vie* n° 788), dans laquelle les effets d'impulsion électromagnétique sont augmentés, n'est qu'un exemple de ce qu'il est possible de faire avec les ressources investies dans les laboratoires et installations nucléaires, tant civils que militaires.

Si l'on se limite aux armes nucléaires tactiques, destinées à une guerre nucléaire limitée, trois armes nouvelles méritent donc une attention particulière. Dans ces armes, un effet donné est renforcé par rapport aux autres : les radiations (ERW), le souffle (RRR) ou l'impulsion électromagnétique (EMP). Ce sont les armes de seconde génération.

**La bombe à neutrons** (ou bombe ERW — arme à radiations renforcées) est en fait une bombe à hydrogène miniaturisée de faible puissance, de l'ordre du kilotonne (kt), au lieu de milliers de kilotonnes. Lorsque l'on diminue la puissance d'une explosion nucléaire, les rayons d'action des effets mécaniques et thermiques (le souffle et le feu) diminuent plus rapidement que le rayon mortel par irradiation. Ainsi, pour une puissance

comprise entre 0,5 et 5 kt, le rayon à l'intérieur duquel les neutrons provoquent la mort quasi immédiate d'un homme à découvert varie de 800 à 1200 m. Pour une utilisation tactique, on considère optimale une puissance de 1 kt. Dans ce cas le rayon de mort immédiate, pour les soldats non abrités ou convoyés dans des transporteurs de troupes, est de 900 m. Par contre, pour les équipages des chars d'assaut lourds, protégés par les blindages modernes, le rayon mortel par irradiation est inférieur à 500 m. La bombe à neutrons est donc principalement une arme anti-personnel, et non anti-char.

Dans une bombe à neutrons, le système primaire est constitué par une bombe A au plutonium. Lorsque ce système primaire explose, et

débris de la bombe A en expansion. La pression de ces rayons X sur le système secondaire est d'une telle force que les conditions nécessaires au démarrage de la réaction de fusion sont atteintes. Si bien que la fusion est accomplie avant que la boule de feu en expansion du système primaire n'atteigne le système secondaire.

La réaction de fusion la plus facile à allumer est la fusion du deutérium et du tritium qui donne un noyau d'hélium et un neutron d'une énergie de 14 MeV ( $D + T \rightarrow \text{He} + n$ ). Cette réaction est celle qui est utilisée dans la bombe à hydrogène et dans la bombe à neutrons. Cependant, en plus de l'énorme différence de puissance qui distingue ces deux types d'armes, il y en a d'autres qui sont liées au but recherché.

EFFETS	ARMES CLASSIQUES	ARMES NUCLÉAIRES										
		1 <sup>re</sup> génération (armes de dissuasion)			2 <sup>e</sup> génération (armes de bataille)			3 <sup>e</sup> génération (armes à faisceaux)				
		A	H	U	ERW	RRR	EMP	Laser	Micro-ondes	Particules		
Mécaniques												
Thermiques												
Électromagnétiques												
Radiologiques												
Retombées radioactives												

**Les effets des armes nucléaires.** Ce tableau regroupe les armes nucléaires des trois générations. Pour les armes de la première et de la seconde génération, les effets de chaque arme sont représentés par un fuselage. Pour montrer l'importance des différents effets d'une même arme, nous avons fait varier la section de ce fuselage ; pour la bombe RRR par exemple, ce sont les effets mécaniques puis thermiques qui sont les plus importants. Mais l'on voit que pour les armes de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> génération, aucun des cinq effets ne peut être totalement éliminé. Par contre les armes de troisième génération auraient des effets sélectifs (représentés par des cercles).

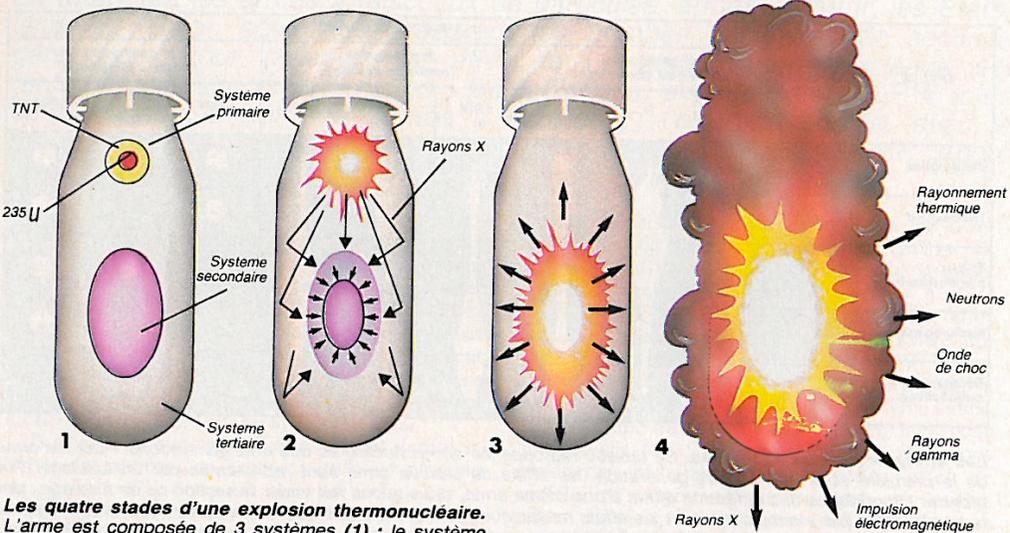
commence à se disloquer, les produits de la fission du plutonium (et ce qu'il en reste) forment un plasma, c'est-à-dire un mélange d'atomes fortement ionisés et d'électrons. Ce plasma contient la quasi-totalité de l'énergie explosive de la bombe. Comme sa température est de l'ordre de 100 millions de degrés, il est la source d'un intense flux de rayons X (en fait, environ 70 % de l'énergie d'une bombe A est émise sous forme de rayons X). Normalement, ces rayons sont absorbés par le matériel de la bombe et par l'air, à proximité immédiate. L'idée de Teller et Ulam est de placer la bombe A à l'un des foyers d'un réflecteur en forme d'œuf, et le système secondaire contenant la matière fusible à allumer, à l'autre foyer. Dans ces conditions, le système primaire et le combustible de fusion étant à une certaine distance l'un de l'autre, les rayons X, qui se propagent à la vitesse de la lumière, parviennent sur le combustible fusible avant les

Dans le cas de la bombe à hydrogène, qui est en fait une gigantesque bombe incendiaire destinée à ravager les cités, le réflecteur et le boîtier sont constitués par de l'uranium naturel ou appauvri. Lorsque les neutrons de 14 MeV, abondamment émis par la réaction de fusion, pénètrent dans cet uranium, ils ont suffisamment d'énergie pour en fissionner les noyaux. De la sorte, par l'adjonction d'un système tertiaire, la puissance de la bombe peut être considérablement augmentée : un manteau d'uranium permet de réaliser les bombes les plus puissantes, on parle alors de bombe U. De même, un manteau de cobalt permet de réaliser des bombes "sales" dont les retombées radioactives sont particulièrement importantes.

Dans le cas de la bombe à neutrons, au contraire, on laisse s'échapper les neutrons au maximum, et l'on cherche à minimiser aussi bien les effets mécaniques et thermiques que les

retombées radioactives. À cette fin, on utilise pour le réflecteur et le boîtier des matériaux aussi transparents que possible aux neutrons, par exemple du béryllium ou du fer. De même, pour diminuer les retombées (qui sont dues aux produits de la fission de l'uranium ou du plutonium), on a cherché à perfectionner le réflecteur de radiations, de façon à capter et focaliser plus efficacement l'énergie du système primaire : ainsi, des explosions de fission plus faibles seront néanmoins suffisantes pour amorcer la fusion. Toutefois, en ce qui concerne les effets mécaniques et thermiques, il n'est pas possible de descendre au-dessous de la limite qu'impose la réaction de fusion elle-même.

La bombe à radioactivité résiduelle réduite (RRR) est l'aboutissement de recherches entreprises depuis le début des années 50, notamment dans le



**Les quatre stades d'une explosion thermonucléaire.** L'arme est composée de 3 systèmes (1) : le système primaire, qui est une bombe atomique (uranium 235 et TNT) et sert d'amorce ; le système secondaire contenant la matière fusible (deutérium, tritium, hélium 3) ; et le système tertiaire, qui comprend le réflecteur, le manteau et le boîtier. Quand la fission du système primaire s'opère, les rayons X qu'elle émet sont réfléchis et compriment le système secondaire (2). La fusion du système secondaire va permettre aux neutrons de s'échapper ou d'interagir avec le système tertiaire (3). L'explosion sera alors suivie de ses multiples effets (4)...

cadre des applications pacifiques des explosions nucléaires : excavations, creusement de canaux, prospection pétrolière, ... Sa fabrication tente donc de répondre à une question posée depuis le début de l'âge nucléaire : comment libérer les énergies de fission ou de fusion sans produire des déchets radioactifs et ainsi contaminer l'environnement.

Militairement, l'intérêt de la bombe RRR est clair : un explosif nucléaire qui n'aurait ni retombées, ni radiations, et ne se distinguerait des explosifs conventionnels que par une forte puissance pour un faible volume. Elle pourrait donc être utilisée à discrétion. En pratique, les effets radioactifs ne sont pas complètement supprimés, mais cela n'empêche pas une bombe RRR de présenter des avantages.

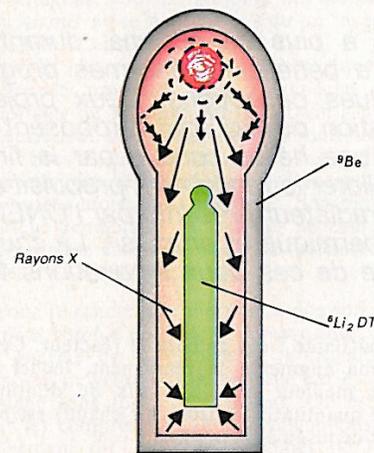
Pour éviter que les retombées radioactives soient trop importantes, on fait généralement exploser les armes nucléaires classiques à une certaine hauteur en dessus du sol. Dans ce cas, pour ce qui est des effets mécaniques, il faut distinguer ce qui se passe dans la région située sous le point d'explosion de ce qui se passe à une certaine distance. Le phénomène s'explique par la réflexion des ondes de choc. Ainsi, à une certaine distance du centre de l'explosion, la superposition de l'onde de choc directe et de l'onde de choc réfléchi par le sol peut produire des effets maximaux, quand la hauteur d'explosion est bien déterminée. Par exemple, pour une énergie mécanique de 1 kt, la hauteur d'explosion optimale sera de 300 m environ, et dans ce cas, le rayon de destruction des bâtiments sera de 1300 m. Par contre, à proximité immédiate du

point d'explosion, les effets mécaniques sont maximaux lorsque la bombe explose au ras du sol : l'onde directe et l'onde réfléchi se superposent exactement, et l'onde résultante est équivalente à celle d'une bombe de puissance double. Toutefois, si l'on s'éloigne du cœur de l'explosion, cette onde de choc provoque des destructions plus faibles que celle d'une explosion à hauteur optimale. Par exemple, le rayon de destruction des bâtiments sera de 750 m seulement, au lieu de 1300 m. Ainsi, pour une puissance donnée, une bombe RRR explosant au ras du sol entraîne des destructions beaucoup plus importantes dans les régions proches du centre, et des dommages collatéraux plus faibles qu'une arme explosant à hauteur optimale.

Il en est de même pour les effets thermiques : pour une explosion au sol, la moitié du rayonnement thermique est directement absorbé par la terre, si bien qu'à distance, les effets thermiques sont réduits de moitié.

En renforçant les effets mécaniques locaux, tout en minimisant les incendies collatéraux et la radioactivité résiduelle qui suit l'explosion, on facilite la progression des troupes en cas d'offensive. Avec l'aide d'un système de pénétration, la bombe RRR pourrait même exploser en dessous de la surface du sol, projetant des masses de débris à des centaines de mètres. Il s'agit donc d'une arme exploitant au maximum l'effet mécanique, décisif sur le champ de bataille.

Si l'on compare maintenant la bombe RRR à la bombe à neutrons, on constate que les effets indésirables (au-delà du rayon d'efficacité militaire maximal) sont plus faibles, en ce qui



**Dans le cas d'une bombe à neutrons, il faut utiliser, pour le réflecteur et le boîtier, des matériaux aussi transparents que possible aux neutrons.** C'est le cas du béryllium ( ${}^9\text{Be}$ ) ou du fer. Le système secondaire sera composé, lui, de lithium, deutérium et tritium ( ${}^6\text{Li}_2\text{DT}$ ). Si le but de cette arme est de minimiser les autres effets de la réaction de fusion, ces derniers ne disparaissent jamais totalement. Il n'y a pas de bombe « propre ».

concerne les civils, pour la première que pour la seconde. Pourquoi ? à cause de l'extrême sensibilité des êtres humains aux radiations nucléaires.

Depuis que la bombe à neutrons est relativement au point, les deux grandes puissances semblent s'intéresser en priorité à la bombe RRR. Certaines sources indiquent par exemple que l'Union soviétique travaillerait sur une RRR de 500 kt. Par contre, on sait avec certitude que les États-Unis ont expérimenté cette arme en 1979. L'année suivante, ils ont même réussi à faire sauter suffisamment d'explosifs chimiques simultanément pour simuler une bombe de 1 kt. Voilà qui permet d'étudier les effets d'une bombe RRR sans enfreindre le traité interdisant les essais nucléaires dans l'atmosphère.

Pour réaliser une bombe RRR, il y a en principe deux possibilités, suivant que l'on agit sur le système secondaire ou sur le système tertiaire. On peut d'abord partir d'une bombe à neutrons et l'entourer d'un manteau dans lequel les neutrons sont freinés et déposent leur énergie. Le manteau idéal serait un manteau d'hydrogène, mais un solide comme le polyéthylène, riche en hydrogène, peut faire l'affaire. Il reste un problème cependant : avec ce procédé, il faut un manteau de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur, si bien que la bombe devient lourde et volumineuse.

La seconde possibilité consiste à utiliser une réaction de fusion autre que la réaction D-T (deutérium-tritium). Par exemple, les réactions deutérium-hélium-3 ( $\text{D} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{H}$ ) et proton-bore-11 ( $\text{H} + {}^{11}\text{B} \rightarrow {}^3\text{He}$ ) ont l'avantage de n'avoir à l'état final que des particules chargées. Leur énergie contribue donc directement aux effets thermiques et mécaniques de la bombe. De plus, contrairement aux neutrons de la réaction D-T d'une bombe ERW, ces particules ne peuvent ni interagir avec le plutonium du système primaire, ni induire de la radioactivité dans l'environnement. Malheureusement, même dans les conditions optimales, les réactions  $\text{D}^3\text{He}$  et  $\text{H}^11\text{B}$  ont des températures d'allumage respectivement 4 et 8 fois plus élevées que la réaction D-T. La réalisation d'une bombe RRR selon ce principe est donc beaucoup plus difficile que celle de la bombe à neutrons.

Le bore existe en abondance dans la nature. Les militaires se sont donc d'abord intéressés à la réaction comportant ce noyau, mais sans succès, semble-t-il. L'isotope  ${}^3\text{He}$ , lui, bien qu'il soit stable, est par contre pratiquement inexistant dans la nature. Aujourd'hui, sa source principale est probablement le tritium contenu dans les bombes H, lequel est instable et se désintègre en donnant de l'hélium-3. On recueille donc cet isotope lorsque l'on procède à l'entretien périodique des bombes thermonucléaires. On pense que l'hélium-3 est l'isotope utilisé dans la bombe RRR. Toutefois, la seule information que l'on possède à ce sujet est une déclaration faite à une commission de la Chambre des Représentants, qui précise qu'un succès « significatif » a été remporté avec « une » des approches possibles de l'arme RRR. Par contre, on est sûr que cette approche n'a pas encore permis de diminuer la radioactivité résiduelle (elle est cependant dix fois plus faible que dans une arme à fission pure). On reste très loin du but recherché, l'arme nucléaire « propre ».

**La bombe EMP.** La guerre moderne utilise de plus en plus de moyens électroniques, que ce soit pour la communication, la reconnaissance ou le guidage. On a donc recours à toutes sortes de mesures et contre-mesures pour détruire l'électronique adverse ou s'en protéger. Une technique consiste à utiliser l'effet d'impulsion électromagnétique, particulièrement important dans le cas des explosions nucléaires.

(suite du texte page 187)

## BOMBES

(suite de la page 91)

Lorsqu'une bombe atomique explose, environ 70 % de l'énergie est émise sous forme de rayons X et moins de 1 % sous forme de rayons gamma<sup>(1)</sup>. Dans l'air, ces rayons X sont absorbés immédiatement, et constituent la source d'énergie principale des effets mécaniques et thermiques. Les rayons gamma, par contre, peuvent aller beaucoup plus loin, et sont à l'origine des effets électromagnétiques.

Si l'explosion a lieu à basse altitude, les rayons gamma sont absorbés par l'air dans un rayon de quelques centaines de mètres. Par contre, si l'explosion a lieu à haute altitude, ces rayons se propagent jusqu'à des dizaines de kilomètres du centre de l'explosion. En interagissant avec l'air, ils arrachent des électrons qui sont projetés loin du centre de l'explosion. Comme l'air ainsi ionisé (les atomes composant les molécules d'azote ou d'oxygène ont perdu un électron) reste pratiquement sur place, il en résulte une séparation entre les charges positives (les atomes ionisés) et les électrons (négatifs) qui s'éloignent du centre. Si l'explosion a lieu dans un milieu homogène, et si l'émission de rayons gamma est parfaitement symétrique, le champ électrique reste confiné à la région de séparation des charges. Dans ce cas, l'énergie des rayons gamma, déposée dans l'air par ionisation, se dégrade en énergie thermique, notamment à la suite du freinage des électrons et de la recombinaison progressive des atomes ionisés et des électrons. Ainsi, bien que le très fort champ électrique puisse endommager des appareils électroniques situés dans la région touchée par des rayons gamma, aucune énergie électromagnétique n'est rayonnée au loin.

Par contre, si les électrons arrachés par les rayons gamma sont distribués dans l'air d'une façon non symétrique (par exemple, à cause de la proximité du sol ou de la différence de densité de l'atmosphère avec l'altitude — qui rendent le milieu non homogène — ou encore des effets du champ magnétique terrestre, ou encore en raison d'une construction particulière de la bombe), la somme de tous les courants dus au déplacement des électrons ne sera plus nulle. L'apparition de ce courant électrique résultant engendre alors un champ magnétique, et une partie de l'énergie des rayons gamma est convertie en rayonnement électromagnétique. Du coup, on obtient un gigantesque émetteur de signaux radio sur une vaste gamme de fréquences. Cette impulsion d'ondes électromagnétiques est capable de saturer, voire de détruire, toutes sortes d'équipements électroniques : radios, radars, ordinateurs...

L'arme EMP est donc une bombe dans laquelle les effets électromagnétiques sont considérablement augmentés par rapport aux autres.

(suite du texte page 188)

(1) Les photons associés à ces ondes ont une énergie supérieure à celle des rayons X, et pouvant varier de quelques dixièmes de MeV à 12 MeV (mégaélectronvolt).

## BOMBES

(suite de la page 187)

Idéalement, elle peut être utilisée sans infliger de dommages aux constructions ou aux personnes, par exemple, pour neutraliser l'électronique d'un porte-avion, ou les radars d'un ensemble de batteries anti-aériennes. Mais, il faut ajouter que, pour utiliser l'effet EMP au niveau stratégique, il suffit de faire exploser une bombe H conventionnelle à une altitude suffisamment élevée. On peut de la sorte endommager l'électronique à l'échelle d'un pays ou d'un continent (voir *Science & Vie*, n° 788).

Pour obtenir une bombe EMP, il faut donc produire le maximum de rayons gamma au moment de l'explosion. Diverses méthodes sont envisageables ; elles consistent généralement dans l'élaboration du système tertiaire. Mais, puisqu'il faut éviter les retombées radioactives, il faut aussi baisser la puissance de l'amorce fissile. Quant au système secondaire, l'idéal serait une réaction riche en rayons gamma et facilement déclenchable. En pratique, une telle réaction n'existe pas.

Une première méthode consiste à entourer une bombe à neutrons d'un manteau contenant une substance dont les noyaux, après interaction avec les neutrons, ont la propriété d'émettre dans des délais très brefs des rayons gamma de haute énergie. Cette technique est relativement simple, mais conduit à une arme assez volumineuse. De plus, comme il est difficile de créer une forte asymétrie dans la bombe même, il faut la faire exploser à faible hauteur, si bien que l'on risque les dommages et les retombées indésirables.

La deuxième technique consiste à produire un jet de plasma thermonucléaire. Dans ce cas, l'idée est en quelque sorte de transposer aux explosifs nucléaires la technique dite des "charges creuses", utilisée depuis longtemps avec les explosifs classiques. Une charge creuse est un cône de métal : une explosion chimique comprime ce cône et le projette en avant à une vitesse qui peut atteindre 10 kilomètres à la seconde. De manière analogue, l'explosion thermonucléaire peut projeter une partie du système secondaire ou tertiaire dans la direction souhaitée ; le jet de plasma extrêmement puissant pourrait atteindre la vitesse de 1000 km/s. Cette technique peut évidemment servir à percer des cibles particulièrement résistantes (comme par exemple les silos des missiles intercontinentaux), ou même à réaliser une arme à faisceau de plasma. Dans le cas de la bombe EMP, l'énergie d'un tel jet peut être transformée en énergie électromagnétique de plusieurs façons. Notamment, en faisant passer le jet à travers un système de cavités contenant un champ magnétique ou un gaz ionisé. On obtient alors un puissant générateur dont les ondes électromagnétiques peuvent être dirigées directement sur la cible.

Une troisième technique s'apparente au laser gamma. Dans ce cas, une bombe à neutrons

"pompe" une réaction nucléaire, c'est-à-dire place un ensemble de noyaux dans un état métastable<sup>(2)</sup>. Lorsque ces noyaux retombent simultanément à l'état initial, ils produisent un faisceau cohérent de rayons gamma. En dirigeant convenablement ce faisceau, on obtient un effet d'impulsion électromagnétique maximum dans la direction de la cible. Cependant, on doute de pouvoir jamais mettre cette méthode en pratique. Il semble même que l'on n'ait pas encore réussi à produire des jets de plasma thermonucléaire. La bombe EMP tactique nécessite donc des études importantes, et il est difficile de la mettre au point sans des essais en vraie grandeur, or, cela n'est pas possible, compte tenu du traité interdisant les essais nucléaires dans l'atmosphère.

**Armes de dissuasion ou armes de bataille ?** Ainsi que l'on peut le voir sur le tableau p. 89, ces trois types d'armes de seconde génération diminuent les effets thermiques et les retombées radioactives, en augmentant l'effet souhaité. Elles ont chacune un objectif précis (anti-personnel, anti-matériel, anti-électronique) et leurs utilisations permettent de nouvelles tactiques de combat nucléaire. De plus, elles amorcent une évolution vers la mise au point des armes à énergie dirigée, ou armes à faisceaux de haute énergie (armes dites de 3<sup>e</sup> génération).

Rien qu'en Europe, il y aurait quelque 7 000 armes tactiques du côté de l'OTAN et 3 500 du côté du pacte de Varsovie, chacune d'entre elles datant généralement de 15 à 20 ans, parfois plus. La tendance actuelle est de diminuer le nombre de ces armes, et de les remplacer par des armes plus modernes, c'est-à-dire plus efficaces, plus faibles, plus "propres". En d'autres termes : susceptibles d'être utilisées au tout début d'un conflit. Pour chaque type de lanceur (canon, avion, fusée), toutes sortes d'options sont envisagées. Il faut savoir qu'à l'heure où l'on parle des "euro-missiles", ces armes se modernisent : les versions Y-4 et Y-5 de l'ogive W50 destinée au missile Pershing 2 sont des bombes RRR et EMP ; les versions Y-3 et Y-4 de l'obus W79 (tiré par le canon de 8 pouces) sont des bombes à neutrons, et la version Y-5, une bombe EMP. Sait-on, enfin, que l'Union soviétique travaille sur une bombe EMP de 50 kilotonnes ?

Le développement de ces nouvelles armes exige des ressources considérables, et les recherches sur la fusion thermonucléaire sont liées au développement des programmes militaires. Il serait souhaitable que le public connaisse l'existence et la nature de ces programmes. Il pourrait ainsi participer, les yeux ouverts, à des décisions qui n'ont qu'un but : assurer sa sécurité, sinon sa survie.

**André GSPONER** ■  
Physicien, docteur ès sciences,  
directeur de l'ISR (Genève)

(2) Un système est dit "métastable" si, revenant à son état initial après avoir subi une perturbation, il le quitte à nouveau sous l'action d'une perturbation suffisante.