

PROPULSION SOLIDE : CONSOLIDER L'AVENIR

**SNPE : UN SAVOIR-FAIRE UNIQUE EN EUROPE
FORGÉ PAR 50 ANS DE VOLONTÉ POLITIQUE CONTINUE**

La Fondation pour la Recherche Stratégique a rédigé, sous la plume de l'expert Bruno Gruselle, une étude sur la propulsion solide. C'est à partir de ce travail que nous nous sommes basés pour étayer nos réflexions.

Aucun missile balistique ou de croisière ne pourrait participer pleinement à la dissuasion sans la maîtrise de la propulsion, clé de voûte du vecteur. Ce qui est vrai pour les missiles l'est également pour la motorisation des lanceurs destinés à des applications spatiales. La France est le deuxième pays au monde à dominer le savoir-faire de la propulsion par propergol solide. La SNPE met tout en œuvre pour préserver soigneusement cette avance technologique, notamment sur d'autres puissances balistiques, comme la Chine et la Russie.

A la SNPE, la propulsion solide est tout autant considérée comme une science que comme un "art". S'appuyant notamment sur le centre de recherches du Bouchet, les chimistes (synthèse, formulation, analyse) développent leurs connaissances autour de toutes les facettes de la propulsion avec les plasturgistes (fabrication du produit), les physiciens (caractérisation sécurité, mécanique, balistique et détonique) et les informaticiens-physiciens (modélisation, simulation numérique). L'extrême rareté de ce savoir-faire le rend fragile et précieux.

Aujourd'hui, l'enjeu réside dans la préservation de cet ensemble unique de compétences pour tous les types de matériaux énergétiques solides (poudre à canon, explosifs, propergols). Une fragilité amplifiée par l'idée reçue selon laquelle une technologie est nécessairement duale. Alors qu'en matière de propulsion solide, le marché est non dual et dépend de financements publics. L'objectif est donc de garantir le cycle "recherche-développement-production". La pérennité de ce savoir-

faire est d'autant plus friable que son enseignement fondamental n'existe pas. Les connaissances se transmettent par compagnonnage. Le savoir-faire repose donc essentiellement sur l'expérience accumulée par la SNPE dans la formulation, la conception et la réalisation de chargements de propergol composite, c'est-à-dire une branche particulière de la chimie. C'est ce métier de "chimiste" qui fait la richesse et la spécificité de la société, lui permettant de mettre au point des processus innovants qui participent à la dissuasion nucléaire et donc au rang de la France sur la scène internationale.

Continuer d'investir dans la filière française de la propulsion solide à vocation stratégique constituée, par ailleurs, le choix de la simplicité dans la mise en œuvre opérationnelle des missiles. Même si la technologie liquide présente toujours des avantages (souplesse de fonctionnement), les propulseurs solides sont estimés, par les experts, comme plus fiables (pas de dispositif d'injection et de contrôle du mélange des ergols, pas de problèmes de corrosion...) et plus faciles de stockage et d'emploi.

Pour que la France conserve son avance en matière de propulsion solide, certaines solutions sont envisagées, dont la mise au point de démonstrateurs d'engins à l'échelle réelle, qui nécessite des investissements importants.

C'est dans la volonté d'investir pour la préservation et le développement de ce pôle de savoir-faire (SNPE et son centre de recherche du Bouchet...) que dépend, aussi, l'indépendance technique et industrielle nationale.

Le groupe SNPE en quelques chiffres

Peu connue du grand public, SNPE contribue dans la Défense et l'Aérospatial à cinq grands ensembles : la propulsion solide (M45, M51, Aster, ASMP-A, Exocet, Mica, Milan, Eryx, Ariane 5...); les poudres propulsives et les douilles combustibles (munitions de 155 mm pour le Caesar, charges pour le mortier de 120 mm, munitions flèche et d'exercices de 120 mm pour chars...); les dispositifs pyrotechniques et pyromécaniques (M45, M51, ASMP-A, Mica, MDCN, Scalp EG, Vega...); les chargements d'explosifs composites (têtes militaires pour Exocet,

Mica, GMLRS, plaques pour blindages réactifs...) et les explosifs granulaires (munitions...); l'aéronautique (préimprégnés à base de fibres de carbone pour voilures de Rafale et nacelles de moteurs Rolls Royce...). Le groupe SNPE est parvenu, depuis trois ans, à redresser, de façon spectaculaire, sa situation financière en réduisant considérablement son endettement (de 460 millions d'euros à 164 millions) et en augmentant massivement ses capitaux propres (de 28 millions à 265 millions d'euros). Un résultat net de 107 millions d'euros en 2007 pour

un chiffre d'affaires de 693 millions d'euros. Et une capacité d'auto-financement sortie du négatif pour atteindre les 20 millions d'euros. Sur le plan des branches d'activités, les matériaux énergétiques dominent avec 51 % du chiffre d'affaires ainsi que la chimie (39 % du CA). Un retour en forme du groupe SNPE qui s'explique notamment par des "recentrages stratégiques" sur la défense et l'espace, comme l'explique son PDG, Jacques Zyss. Un groupe dont le pôle de savoir-faire est bien la chimie stratégique et spatiale.

PROPULSION SOLIDE OU LIQUIDE ?

Lorsque les premiers engins balistiques à propulsion solide sont conçus dans les années 50, les performances des propergols restent insuffisantes (combustion trop rapide...). D'où le choix de la propulsion liquide, plus souple d'emploi, qui permet de réaliser une extinction et un éventuel rallumage du moteur. Une souplesse qui, selon les experts, concerne les étages supérieurs des lanceurs ou des missiles. La propulsion solide étant plus avantageuse aux étages inférieurs, qui nécessitent une forte poussée.

Au fil des ans, la maîtrise de la technologie solide s'est améliorée, permettant des durées de combustion plus longues et une protection plus efficace des parois internes du moteur. La situation a évolué avec davantage de maîtrise de la combustion des propergols solides par l'emploi de revêtements inhibiteurs de combustion, empêchant celle-ci de se propager sur certaines surfaces du chargement. De la même façon, la mise au point de nouvelles techniques de fabrication, associées à des profils de chargement adaptés, rend possible l'élaboration de blocs de grandes dimensions capables de brûler longtemps et d'optimiser la poussée.

Techniquement, la différence entre la propulsion solide et liquide tient non seulement à l'état physique de ses composants (ou ergols) mais

également à la méthode de mélange et de combustion. Ainsi, dans un moteur à propulsion liquide, les deux ergols sont stockés séparément et injectés dans la chambre de combustion pour y brûler. Pour un propergol solide, les constituants sont, au contraire, directement stockés dans la chambre de combustion à l'état prémélangé appelé chargement.

Globalement, l'avantage d'une filière sur l'autre n'est pas décisif. Cependant, l'avantage de la propulsion solide est indiscutable (sécurité) pour les missiles embarqués à bord de sous-marins. L'efficacité des ergols dépend d'une série de facteurs (impulsion spécifique, densité/masse). Alors, quelle option choisir ? Malgré les difficultés et les risques liés à leur conception, les Etats-Unis comme la France préfèrent les propergols solides, vraisemblablement en raison de plusieurs avantages intrinsèques. D'une part, ils permettent, aujourd'hui, de fournir d'importantes accélérations. D'autre part, ils sont stables et peuvent être stockés dans l'engin pendant de nombreuses années sans requérir de maintenance (un atout essentiel pour la dissuasion). On le voit, même si les propergols solides exigent un savoir-faire pointu et, donc, un investissement sur le long terme, leur facilité de stockage et d'utilisation les rend particulièrement intéressants pour

l'équipement des missiles tirés depuis les sous-marins. De plus, les progrès dans le développement de nouveaux composés chimiques (travail sur les performances énergétiques...) leur permet, aujourd'hui, de rivaliser avec les moteurs à propulsion liquide, avec un coût inférieur.

En effet, en termes économiques, du fait de la complexité de leur conception et de leur réalisation, les systèmes liquides sont généralement considérés comme onéreux, en particulier pour l'obtention de systèmes de longue portée où certains composants restent délicats à produire (turbopompe, injecteur, chambre de combustion...). Pour certains, le différentiel économique entre les deux systèmes n'est pas probant puisque la technologie solide implique un investissement sur le long terme, avec une transmission rigoureuse du savoir-faire. C'est sur cette culture accumulée que s'appuie le groupe SNPE, notamment au stade des essais et de la fabrication, le moindre défaut (fissure, décollement) pouvant se solder par la destruction d'un moteur. Dans un souci d'efficacité, la France a choisi le tout solide comme les Etats-Unis. La Russie, de son côté, utilise encore des ergols liquides pour les missiles basés en silo et les SLBM (depuis les sous-marins).

TROIS PRÉCISIONS TECHNIQUES

► La propulsion anaérobie

N'utilisant pas l'oxygène présent dans l'atmosphère pour son fonctionnement, ce mode de propulsion constitue le moyen privilégié pour permettre le vol d'engins évoluant pour une partie de leur trajectoire hors de l'atmosphère terrestre (lanceurs spatiaux, missiles balistiques).

► Quid du propergol solide ?

Dans un moteur anaérobie, la poussée est obtenue grâce à la combustion d'un agent propulsif, également appelé propergol, stocké à l'intérieur de l'engin. Le propergol est composé de deux éléments de base (combustible et comburant, souvent du perchlorate d'ammonium), dont l'association est capable de produire la combustion souhaitée.

► Un alliage de savoir-faire

Outre la chimie, au cœur de la conception et de la fabrication des propergols solides, c'est un alliage de savoir-faire allant de la mécanique des milieux continus jusqu'à "l'aérothermochimie" multiphasique qui permet leur réalisation. L'élaboration et la production des chargements de propergol sont des étapes cruciales car elles requièrent un grand nombre d'essais.

LA PROPULSION SOLIDE HORS DE FRANCE

Les Etats-Unis ont le plus d'avance dans la réalisation et dans la recherche. L'une n'allant pas sans l'autre. Depuis la mise au point des premières compositions jusqu'à l'emploi de Nitalane™ pour les systèmes Trident-II D5, les laboratoires américains ont poursuivi le développement de nouveaux composés. Notamment dans le domaine des liants avec l'utilisation de polymères énergétiques (polyazoture de glycidyle ou PAG), dans celui des charges oxydantes avec l'emploi de matériaux très énergétiques (hexanitrohexaaza-isowurtzitane ou CL20). Les Etats-Unis recherchent l'amélioration de leurs engins stratégiques tout en se positionnant sur le marché des lanceurs spatiaux. Ainsi, les trois étages du Trident II-D5 utilisent un propergol solide principalement à base d'octogène (HMX).

En Russie, le premier missile à propergol solide, le SS-13, entre en service opérationnel à la fin des années 60. Le SS-13 est issu des travaux de l'institut d'ingénierie thermique de Moscou sur la mise au point de propergols composites à base de perchlorate d'ammonium. Ce n'est que bien

plus tard que cette technologie porte ses fruits pour les sous-marins avec le SS-N-17, en 1980. Sa portée est alors de 3 900 km pour une charge de 450 kg. En 1984, avec le SS-N-20, le propergol composite s'invite chez les missiles intercontinentaux. Les chercheurs russes poursuivent leurs recherches avec, dans le terrestre, le développement de deux missiles (RS-24 et Topol-M) et, dans le naval, le SS-NX-30 Bulava annoncé pour une portée de 8 000 km.

Pour la Chine, l'intérêt des propergols solides semble avoir débuté dans les années 70. Mais ce n'est qu'à la fin des années 80 que les premiers missiles tactiques mobiles (entre 300 et 600 km de portée) sont déployés au sein des forces stratégiques. Le premier essai du missile stratégique, le DF-21, qui existe en version navale (JL-1) n'intervient qu'en 1985. La mise au point, engagée durant la même période, d'un système d'une portée de 8 000 km (DF-31 / JL-2) aboutit aux premiers essais en vol en 1992. Une série d'échecs retardent les développements et la mise en service. Le DF-31 ne serait opérationnel que depuis 2006, le

JL-2 n'ayant, quant à lui, pas été déployé à bord de sous-marins. En Italie, le lanceur Vega permet à Avio de se positionner en partenaire, notamment de la France, dans les lanceurs. Le Japon et Israël sont également présents. Surtout Israël, qui a acquis un bon degré d'autonomie en ce qui concerne les chargements solides composites au travers des programmes Shavit et Jericho. De récents essais (Jericho-III) confirmeraient la poursuite des recherches israéliennes, avec l'amélioration de la portée du système par l'ajout d'un étage propulsif. Par ailleurs, les travaux menés pour le développement de l'intercepteur Arrow-2 peuvent favoriser des transferts de technologie entre les Etats-Unis et Israël.

L'Inde s'investit depuis une trentaine d'années dans le domaine. Son niveau de savoir-faire atteindrait celui de la Chine avec l'AGNI-III. Au Pakistan, la technologie solide existe aussi au travers de la gamme Shaheen avec une forte dépendance chinoise.

Enfin, l'Iran possède vraisemblablement un niveau suffisant pour réaliser des engins de courte portée à propergol solide.

QUATRE ÉTAPES POUR LA FABRICATION DE PROPERGOLS

► 1. Enduction de la structure

Il faut d'abord commencer par enduire la protection thermique à l'intérieur du corps du propulseur avec une résine, le lieur, qui assurera la liaison entre la structure et le chargement en propergol solide.

► 2. Malaxage du propergol

Les divers éléments (oxydant, réducteur, liant et additifs) sont mélangés sous forme de pâte. Une préparation qui varie selon la taille des chargements à réaliser. Le but étant de permettre l'homogénéisation et la polymérisation de l'ensemble.

► 3. Coulée et réticulation

Le propergol à l'état pâteux est versé dans le corps du propulseur. Une fois la polymérisation obtenue, le noyau central, qui donnera in fine la forme du canal interne du propergol, est retiré. Une opération particulièrement délicate.

► 4. Assemblage et formation moteur

La tuyère, qui permet l'écoulement, la détente et l'éjection du gaz provenant de la combustion, est assemblée, de même que l'allumeur, avec le chargement constitué pour la formation du moteur propulseur.

LE BEL AVENIR DE LA PROPULSION SOLIDE

Le dynamisme de la recherche américaine et la mise en place de la nouvelle triade comprenant, outre les capacités de la dissuasion nucléaire, des moyens conventionnels offensifs et un système de défense antimissiles, génèrent la mise au point et la production de nouveaux moteurs à propergol solide composite. Pour la capacité de frappes rapides globales, le Pentagone envisage la conversion d'une partie de ses missiles stratégiques. Dans le domaine de la défense antimissiles, outre des systèmes entrés en phase de production, qui s'appuient sur le propergol composite (Patriot, SM-3), la propulsion de nouveaux intercepteurs devrait reposer sur des solutions solides. Ce qui permettra aux deux motoristes ATK et Aerojet de développer leurs compétences dans les propergols solides.

On peut, toutefois, s'interroger, dans le cadre des coopérations, sur l'avenir de ces projets et leur éventuelle influence sur les capacités techniques et industrielles françaises. Parmi les interrogations, figure celle des orientations de la prochaine administration américaine.

Pour la France, la filière des propergols solides à caractère stratégique doit continuer à progresser. C'est aussi dans cette optique qu'il convient d'interpréter le discours présidentiel de Cherbouurg, où le contexte géopolitique est présenté comme incertain, avec le risque permanent de la surprise stratégique. Au-delà de la décennie 2030, il faudra tenir compte du renforcement des capacités nucléaires russes autour d'un arsenal modernisé, de la montée en puissance du potentiel nucléaire

de la Chine et de l'Inde et de la pression des nouvelles puissances balistiques (Pakistan, Iran...).

Ce contexte traduit la nécessité de mettre au point des missiles toujours plus élaborés et à portée accrue. La conservation et l'amélioration des compétences françaises en la matière, notamment sur la propulsion solide, constituent la clé de notre avenir stratégique, participant à l'assurance-vie appelée de ses vœux par le Président de la République.

L'avenir stratégique se construit "au fil de l'épée" et non sous le parapluie. Il est donc essentiel que nos réalisations restent indépendantes, afin de ne pas devenir tributaire de telle ou telle grande puissance (ne pas suivre l'exemple britannique, en s'abritant derrière les Etats-Unis).

ET APRÈS ?

Plus de performances en termes de portée et de précision, sauvegarde du pôle de compétence nationale... La poursuite des efforts passe par des mesures spécifiques. Elles devront permettre à la fois de conduire des activités de recherche et de développement et des travaux de production, à minima sur des démonstrateurs en grandeur réelle pour garantir la synergie entre le développement et la fabrication. Deux pistes sont envisageables. D'une part, le lancement d'un projet de démonstrateur d'intercepteur exoatmosphérique ou haut endo-atmosphérique, dans le cadre d'un programme euro-atlantique. D'autre part, engager le développement

d'un démonstrateur de propulseur de nouvelle génération. Deux solutions qui exigent un effort budgétaire soutenu jusqu'à l'horizon 2020, afin d'être en mesure, à cette échéance, de pouvoir remplacer, si nécessaire, les étages propulsifs des missiles entrant actuellement en service.

La piste européenne aurait l'avantage de pouvoir théoriquement entretenir un niveau de savoir-faire suffisant sans perdre l'autonomie de la compétence nationale. A condition que la France conserve la maîtrise propre de son développement et de la production des chargements de propergol, ce qui est loin d'être assuré, en raison des

ambitions italiennes dans le spatial.

La filière de la propulsion solide en France est à la croisée des chemins. Avec l'apparition d'un risque de rupture du cycle de développement-production qui avait, jusqu'ici, permis d'améliorer les performances des systèmes stratégiques en conformité avec les besoins exprimés par les autorités politiques. La fin de la période de développement des moteurs du missile M51 pourrait conduire à l'attrition puis à la disparition de compétences uniques, qui ne pourront réapparaître qu'au prix de lourds investissements. Eviter ce scénario passe par de nouvelles perspectives en termes de programmes.