

- ARCHÉO
- ASTRONOMIE
- BIOLOGIE/MÉDECINE
- MATHS
- PHYSIQUE
- CERVEAU
- SCIENCES HUMAINES
- TECHNOLOGIE
- TERRE

Cet article a été initialement publié le 1^{er} août 2021 sur [scientificamerican.com](https://www.scientificamerican.com) sous le titre [The Physics and Hype of Hypersonic Weapons](#)

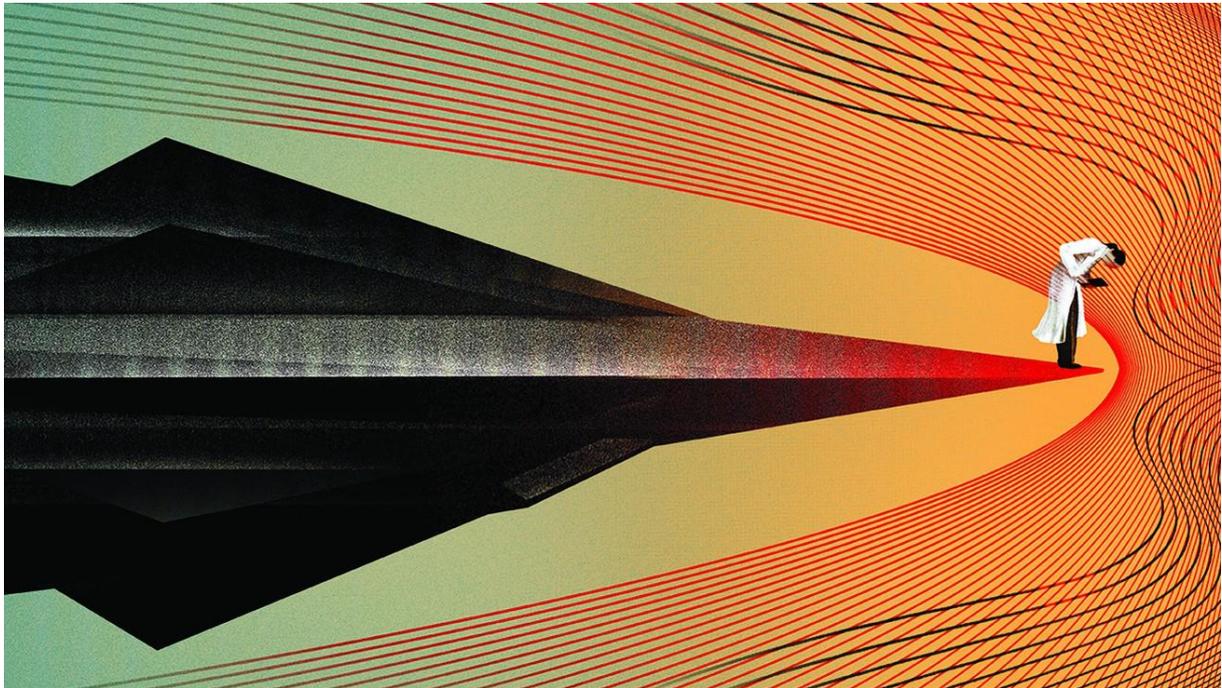
Technologie

Les promesses exagérées des missiles hypersoniques

Les lois de l'aérodynamique limitent les performances de ces nouveaux types de missiles supposés « révolutionner la guerre ».

CAMERON TRACY ET DAVID WRIGHT | 29 mars 2022 | Temps de lecture : 16 mn

Article réservé aux abonnés numériques



Brian Stauffer

En 2002, les États-Unis se retiraient du traité ABM sur les missiles antibalistiques (*Anti-ballistic missile treaty*). En 2018, Vladimir Poutine annonçait devant la Douma que la Russie se réengage dans

la course aux armements. Entre les deux, les États-Unis ont en effet développé et commencé à déployer un système d'interception des missiles balistiques de longue portée, ce qui a réduit les possibilités d'attaque de la Russie. Devant son auditoire de parlementaires, Vladimir Poutine a déclaré avoir prévenu les Américains que la Russie serait obligée de répondre, mais qu'ils n'avaient pas écouté : « Alors, écoutez maintenant ! »

Vladimir Poutine a alors révélé qu'entre autres systèmes, la Russie développait des missiles hypersoniques. Rappelons que les vitesses comprises entre Mach 1 et Mach 5 sont supersoniques, tandis que celles qui dépassent Mach 5 sont hypersoniques. Les missiles hypersoniques sont donc capables de franchir de longues distances à travers l'atmosphère à plus de Mach 5, en d'autres termes à plus de cinq fois la vitesse du son. À en croire Vladimir Poutine, l'un de ces missiles, nommé *Avangard*, est très manœuvrable et peut planer sur des milliers de kilomètres après avoir été lancé à une vitesse initiale supérieure à Mach 20, ce qui le rendrait « absolument invulnérable à tout système de défense aérienne ou antimissile ».

Accompagnée d'intimidantes simulations montrant ces nouvelles armes serpentant à la surface du globe à des vitesses gigantesques, l'annonce de Vladimir Poutine a entamé une dangereuse nouvelle course aux armements. Les missiles impliqués dans cette compétition sont censés être non seulement très rapides, mais aussi furtifs et manœuvrables. Les missiles balistiques intercontinentaux, qui suivent une trajectoire elliptique dans l'espace avant de plonger vers leur cible, atteignent des vitesses supérieures à Mach 20, mais ils ont des trajectoires prévisibles pendant la majeure partie de leur vol et ne peuvent généralement manœuvrer que brièvement une fois réentrés dans l'atmosphère. En revanche, les missiles hypersoniques volent la plupart du temps dans l'atmosphère, exploitant la portance engendrée par le flux d'air pour tenter d'échapper aux intercepteurs ou les contourner. Progressant à basse altitude, ces missiles ne seraient pas détectés par les systèmes radar au sol avant d'être proches de leur cible, ce qui les rendrait plus difficiles à arrêter.

Après le discours de Vladimir Poutine, des responsables militaires américains ont déclaré que les armes hypersoniques, que la Chine développe aussi, vont « révolutionner la guerre ». Le Pentagone, qui travaille sur des systèmes similaires depuis une quinzaine d'années, a intensifié ses efforts ; et en 2020, le Congrès a doté la recherche et le développement d'armes offensives et défensives hypersoniques de 3,2 milliards de dollars. La Russie et la Chine affirment avoir déjà déployé au

moins un système d'armes de ce type. Pour leur part, les États-Unis ont six programmes d'armes hypersoniques connus, répartis entre l'armée de l'air, l'armée de terre et la marine. Les partisans de ces armes les disent spectaculairement rapides, agiles et quasi invisibles.

Nous n'y croyons pas ! Nous faisons partie d'une petite communauté dynamique de physiciens et d'ingénieurs du monde entier, qui étudient les nouveaux systèmes d'armes afin de comprendre leur impact potentiel sur la sécurité mondiale. Cette tradition est ancienne, puisqu'elle remonte aux participants du projet *Manhattan* et à des chercheurs russes comme Andreï Sakharov, qui ont cherché à atténuer le danger que représentaient pour le monde les armes nucléaires qu'ils avaient contribué à mettre au point. En tant que physiciens enquêteurs, nous glanons des informations sur les technologies nouvelles, généralement secrètes, nous les analysons, puis nous partageons nos évaluations avec le public.

Nos recherches suggèrent que les armes hypersoniques peuvent être avantageuses dans certains cas, mais ne constituent en aucun cas une révolution. De nombreuses affirmations faites à leur sujet sont exagérées ou fausses. Pour autant, l'idée que les armes hypersoniques changeraient la donne a accru les tensions entre les États-Unis, la Russie et la Chine, et déclenché une nouvelle course aux armements, qui augmente les risques de conflit.

De lents progrès vers les armes hypersoniques

Les armées cherchent à mettre au point des engins hypersoniques depuis près d'un siècle, mais avec un succès limité. À la fin des années 1930, l'ingénieur autrichien Eugen Sänger et la physicienne allemande Irene Bredt ont conçu le premier avion hypersonique : le planeur *Silbervogel* (« oiseau d'argent », en allemand). Lancé d'une fusée, il était conçu pour voler surtout dans l'atmosphère où, comme tout planeur, il devait se maintenir grâce à la portance. Toutefois, les planificateurs nazis décidèrent que la mise au point du *Silbervogel* serait trop difficile et coûteuse.

Pendant la Seconde Guerre mondiale, les ingénieurs allemands mirent au point les moteurs-fusées brûlant du propergol – un mélange de comburant oxydant et de combustible – afin d'engendrer une intense combustion et, par là, de la poussée. Au cours des décennies suivantes, des avions expérimentaux propulsés par ces moteurs ont battu record de vitesse sur record de vitesse. En

octobre 1947, le X-1, propulsé par un moteur-fusée, devint le premier avion piloté à franchir le mur du son (Mach 1). Dans les années 1960, le X-15 atteignit Mach 6,7 lors de tests. Toutefois, les fortes accélérations produites par les moteurs-fusées sont extrêmement contraignantes pour la physiologie humaine, de sorte que les avions pilotés qu'ils propulsent sont restés expérimentaux. Toutefois, grâce aux technologies de propulsion des fusées, les États-Unis et l'Union soviétique ont construit des arsenaux de missiles balistiques à charges nucléaires, capables de se déplacer à plus de Mach 20 d'un continent à l'autre.

LE DOMAINE HYPERSONIQUE

Les armes dites hypersoniques sont celles qui, manœuvrant grâce à la portance, franchissent de grandes distances à une vitesse supérieure ou égale à cinq fois la vitesse du son (Mach 5). Accélérés par des propulseurs externes (boosters), les missiles balistiques peuvent atteindre Mach 20, mais n'entrent pas dans la catégorie des armes hypersoniques. Les armées du monde entier cherchent à mettre au point des armes hypersoniques de deux types : le premier est le missile de croisière, propulsé tout au long de son vol par des moteurs, dont ceux capables de les propulser à une vitesse supérieure à Mach 5 sont encore en développement ; l'autre type d'armes hypersoniques – celui que la Russie et la Chine affirment avoir déployé – sont des planeurs propulsés à des vitesses hypersoniques par des fusées, qui sont censés planer à travers l'atmosphère sur de longues distances, en manœuvrant grâce à la portance.

MISSILES BALISTIQUES

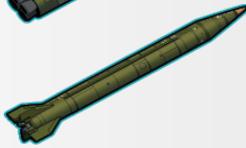
Exemple de missile de longue portée : Le Minuteman II

Les États-Unis ont déployé 400 de ces missiles balistiques à armement nucléaire dans des silos souterrains. Propulsés jusqu'à Mach 20 environ par des moteurs-fusées à propergol solide, ils peuvent atteindre plusieurs continents.



Exemple de missile à courte portée : Le Scud-B

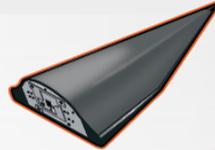
De nombreux pays possèdent aujourd'hui ces missiles balistiques d'une portée de 300 kilomètres mis au point par l'Union soviétique dans les années 1960. Ils sont propulsés par des moteurs-fusées à carburant liquide.



MISSILES HYPERSONIQUES

Exemple de planeur hypersonique : Le HTV-2

Ce planeur hypersonique à longue portée a été testé par les États-Unis au début des années 2010. Il était conçu pour parcourir des milliers de kilomètres après avoir été propulsé par une fusée jusqu'à environ Mach 20. Son développement fut abandonné vers 2014.

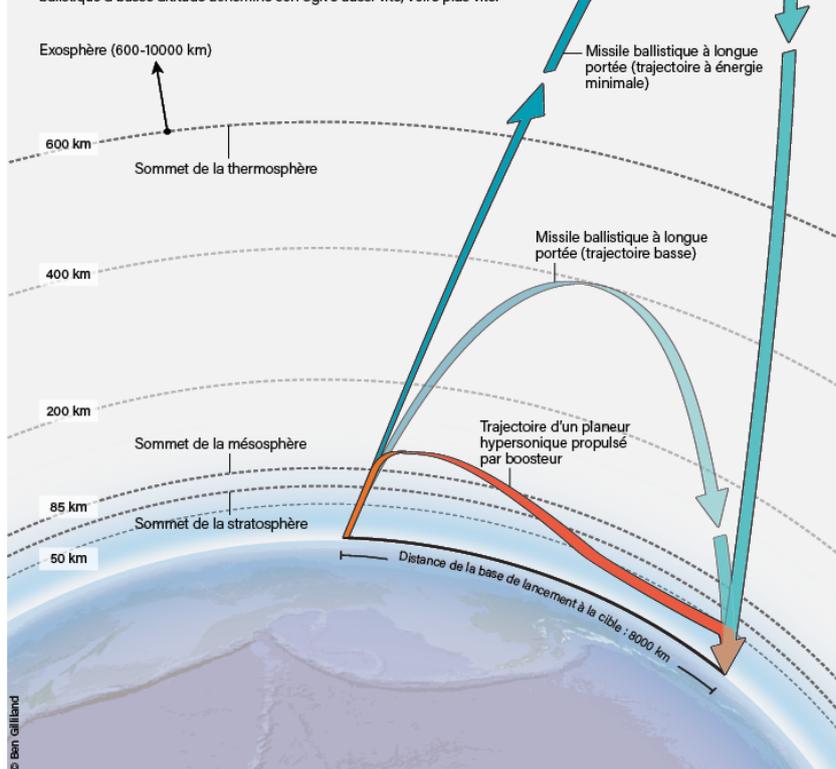


Exemple de missile de croisière : Le Boeing X-51

Ce missile propulsé par un moteur à réaction fut testé par les États-Unis au début des années 2010 à une vitesse de Mach 5. Le programme s'est terminé en 2013.



Un missile balistique intercontinental parcourant une « trajectoire à énergie minimale » décrit un arc au-dessus de la Terre, ce qui lui évite la friction de l'air sur la quasi-totalité de sa trajectoire. Une arme hypersonique à vol plané, en revanche, traverse l'atmosphère, ce qui lui permet de manœuvrer. À haute altitude, elle serait plus rapide qu'un missile balistique, mais un missile balistique à basse altitude achemine son ogive aussi vite, voire plus vite.



Le moteur à réaction, une autre technologie développée à cette époque, est pour sa part à la base de l'aviation militaire et civile. Puisant dans l'oxygène atmosphérique pour brûler continuellement du carburant, un moteur à réaction n'emporte pas le poids supplémentaire du comburant oxydant. Ne produisant pas les accélérations extrêmes des moteurs-fusées, il rend possible les manœuvres en vol et le transport sur de longues distances. Aujourd'hui, la plus grande vitesse d'un avion à réaction piloté est d'environ Mach 3. En juillet 1976, le SR-71 Blackbird de la société Lockheed a atteint une telle vitesse. Les moteurs à réaction propulsent aussi des missiles de croisière – des engins sans pilote manœuvrables, dont les plus rapides atteignent des vitesses supersoniques.

En parallèle de ces développements, les missiles hypersoniques ont continué à s'envoler et à se crasher. En 1963, après avoir dépensé plus de 5 milliards de dollars (dollars actuels) pour développer le planeur hypersonique X-20 Dyna-Soar, les États-Unis ont abandonné le projet. Mais après les attaques d'Al-Qaïda du 11 septembre 2001, le président George W. Bush a ordonné le développement de missiles hypersoniques emportant des ogives conventionnelles et capables de frapper très vite les camps terroristes sur tous les continents. Notons au passage que des missiles balistiques pourraient remplir la même fonction, mais leur emploi aurait l'inconvénient de ressembler à une attaque nucléaire.

Le président George W. Bush a par ailleurs fait sortir les États-Unis du traité sur les missiles antibalistiques, signé avec l'Union soviétique en 1972. Ce traité avait empêché les adversaires de construire des boucliers défensifs contre les missiles balistiques de l'autre partie, mettant ainsi fin à une course aux armements défensifs visant à la mise au point de boucliers antimissiles. À rebours de cette dynamique, l'administration Bush a entrepris de développer et de déployer des intercepteurs pour se protéger des missiles balistiques à longue portée. Craignant que leur capacité à dissuader une attaque nucléaire américaine ne soit compromise, la Russie et, plus récemment, la Chine, ont commencé à développer divers dispositifs capables de surmonter le bouclier américain. Les plus récents d'entre eux sont les missiles hypersoniques, qui volent trop bas pour être bloqués par les intercepteurs américains actuels de missiles balistiques à longue portée. Ainsi les attentats du 11 septembre 2001 ont-ils provoqué une série de décisions hâtives, qui ont amené les trois superpuissances à la situation actuelle : toutes sont lancées dans une course au développement d'armes hypersoniques.

Traînée et portance

Les systèmes hypersoniques sur le point d'être déployés seront des planeurs lancés par un booster de fusée, puis planant sur de grandes distances sans propulsion. Les États-Unis et d'autres pays travaillent aussi à la mise au point de moteurs afin d'obtenir des missiles de croisière hypersoniques. Quels que soient les progrès déjà effectués, nos recherches montrent que les planeurs hypersoniques rencontrent de sérieux problèmes physiques.

Les concepteurs d'engins hypersoniques sont en effet confrontés à un adversaire de taille : la traînée, c'est-à-dire la résistance qu'oppose tout fluide au déplacement d'un objet en son sein. La résistance du fluide sur un objet augmente proportionnellement au carré de la vitesse de ce dernier, ce qui la rend particulièrement handicapante à des valeurs hypersoniques. Ainsi, un planeur volant à Mach 5 sera soumis à une traînée 25 fois plus importante que s'il vole à Mach 1, par exemple, et un planeur à Mach 20 subit une traînée 400 fois plus importante que lorsqu'il est à Mach 1.

Plus limitante encore est la déperdition d'énergie que subit un engin qui repousse des molécules d'air vers l'avant et sur le côté : elle augmente comme le cube de la vitesse. Ainsi, un planeur volant à Mach 5 perdra de l'énergie 125 fois plus vite qu'à Mach 1 ; un planeur volant à Mach 20 en perdra 8 000 fois plus. Tout aussi problématique, l'énergie cinétique qui passe du planeur à l'air environnant se transforme en énergie thermique et en ondes de choc. Transformée en chaleur, une partie de cette énergie revient vers le véhicule : la température des bords d'attaque des planeurs hypersoniques volant à Mach 10 ou plus peut dépasser les 2 000 kelvins pendant des périodes prolongées. La protection d'un engin contre cette chaleur intense est l'un des plus grands problèmes auxquels sont confrontés les ingénieurs.

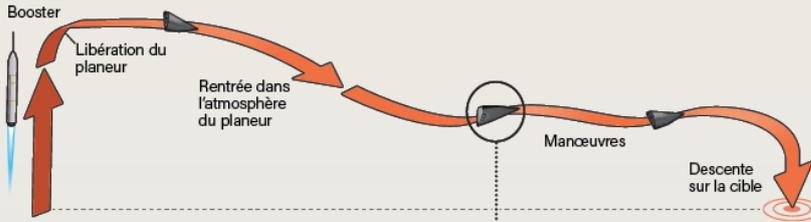
Autre aspect : comme tout planeur, un engin hypersonique doit se maintenir en l'air, et donc engendrer de la portance, une force perpendiculaire à la direction de son mouvement. Pour virer, il doit s'incliner ou induire une composante horizontale de la portance. Or la portance est aussi proportionnelle au carré de la vitesse et les processus aérodynamiques qui la créent produisent inévitablement de la traînée. La finesse L/D , c'est-à-dire le rapport entre la force de portance, L (*lift*, en anglais), et la force de traînée, D (*drag*, en anglais), est un indicateur clé des performances d'un planeur. Or les valeurs réalisables de L/D pour les véhicules hypersoniques sont beaucoup plus faibles que celles qui le sont pour les avions conventionnels. Pour les avions subsoniques, le rapport

peut être de 15 ou plus. Pourtant, après des décennies de recherche et de développement, les armes hypersoniques américaines testées au cours de la dernière décennie semblent avoir des valeurs de L/D inférieures à trois. Des rapports L/D aussi faibles signifient une faible portance et une forte traînée – ce qui limite la vitesse et la portée d'un planeur hypersonique, réduit sa manœuvrabilité et augmente l'échauffement de sa surface.

Comme si cela ne suffisait pas, la physique et la chimie de l'air qui passe devant un objet sont radicalement différentes à des vitesses hypersoniques de ce qu'elles sont aux basses vitesses. Chauffées à des milliers de degrés, les molécules d'air se dissocient, transformant l'oxygène moléculaire en atomes libres qui peuvent ioniser et décaper la surface du véhicule. Même si le missile survit à cette « cuisson », le réchauffement produit un signal infrarouge brillant visible par les satellites.

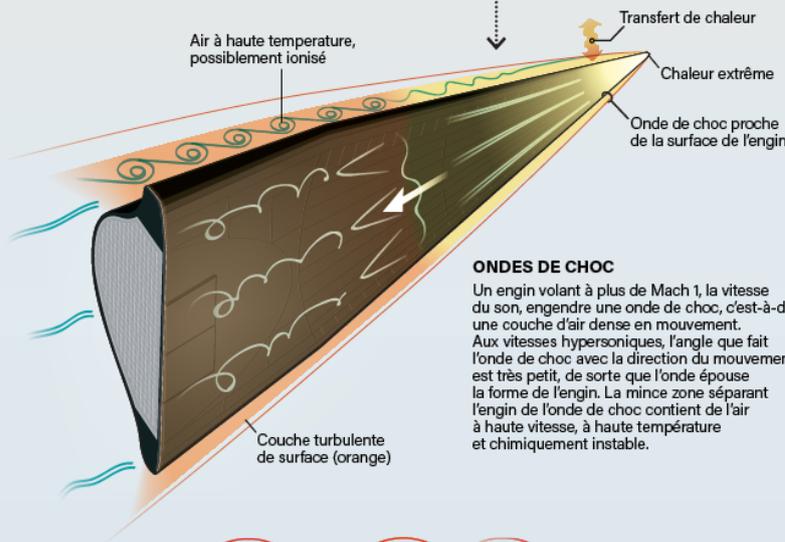
LE PROBLÈME DE LA TRAÎNÉE

La traînée, c'est-à-dire la résistance à laquelle est confronté un objet se déplaçant dans un fluide, augmente proportionnellement au carré de sa vitesse. Elle constitue donc un énorme obstacle au vol hypersonique, puisqu'elle ralentit les planeurs et les rend plus difficiles à manœuvrer. Pour aggraver les choses, la traînée convertit l'énergie cinétique de l'engin en des ondes de choc et en chaleur. L'intense chaleur dégagée porte pendant de longues périodes les bords d'attaque des engins propulsés par boosteurs à des milliers de kelvins, ce qui menace l'intégrité du véhicule. À ces températures, les molécules d'air se dissocient en ions, qui réagissent chimiquement et attaquent la surface du véhicule.



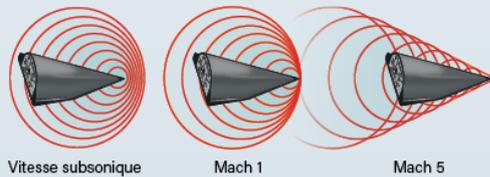
PRINCIPES DE BASE DU PLANEUR HYPERSONIQUE

Les planeurs hypersoniques sont propulsés par des fusées jusqu'à environ Mach 20, puis planent vers leur cible. Ils exploitent la portance engendrée par l'écoulement de l'air pour se maintenir en l'air et manœuvrer. Aux vitesses hypersoniques cependant, changer de direction coûte énormément en vitesse et en portée.



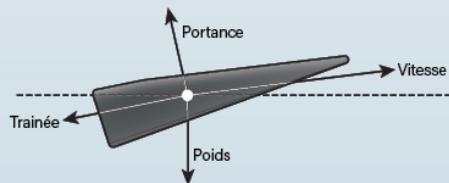
ONDES DE CHOC

Un engin volant à plus de Mach 1, la vitesse du son, engendre une onde de choc, c'est-à-dire une couche d'air dense en mouvement. Aux vitesses hypersoniques, l'angle que fait l'onde de choc avec la direction du mouvement est très petit, de sorte que l'onde épouse la forme de l'engin. La mince zone séparant l'engin de l'onde de choc contient de l'air à haute vitesse, à haute température et chimiquement instable.



PORTANCE ET TRAÎNÉE

Un engin volant, un avion par exemple, se maintient en l'air et manœuvre grâce à la portance (L), une force perpendiculaire à sa vitesse par rapport à l'air. La portance augmente avec le carré de la vitesse, mais la traînée (D) aussi. Le rapport L/D est donc un indicateur clé des performances d'un engin volant. Il est toutefois extrêmement difficile de concevoir des engins volants ayant un rapport L/D élevé à des vitesses hypersoniques. Les avions commerciaux, qui volent à des vitesses subsoniques, ont un rapport L/D d'environ 20. Pour sa part, le HTV-2, un planeur hypersonique expérimental testé par les États-Unis au début des années 2010, a un rapport L/D de seulement 2,6.



Source: "Supersonic Combustion in Air-Breathing Propulsion Systems for Hypersonic Flight" by Javier Urzay, in Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 50; January 2018 (boost-glide weapon flow physics reference)

Pas de solution miracle

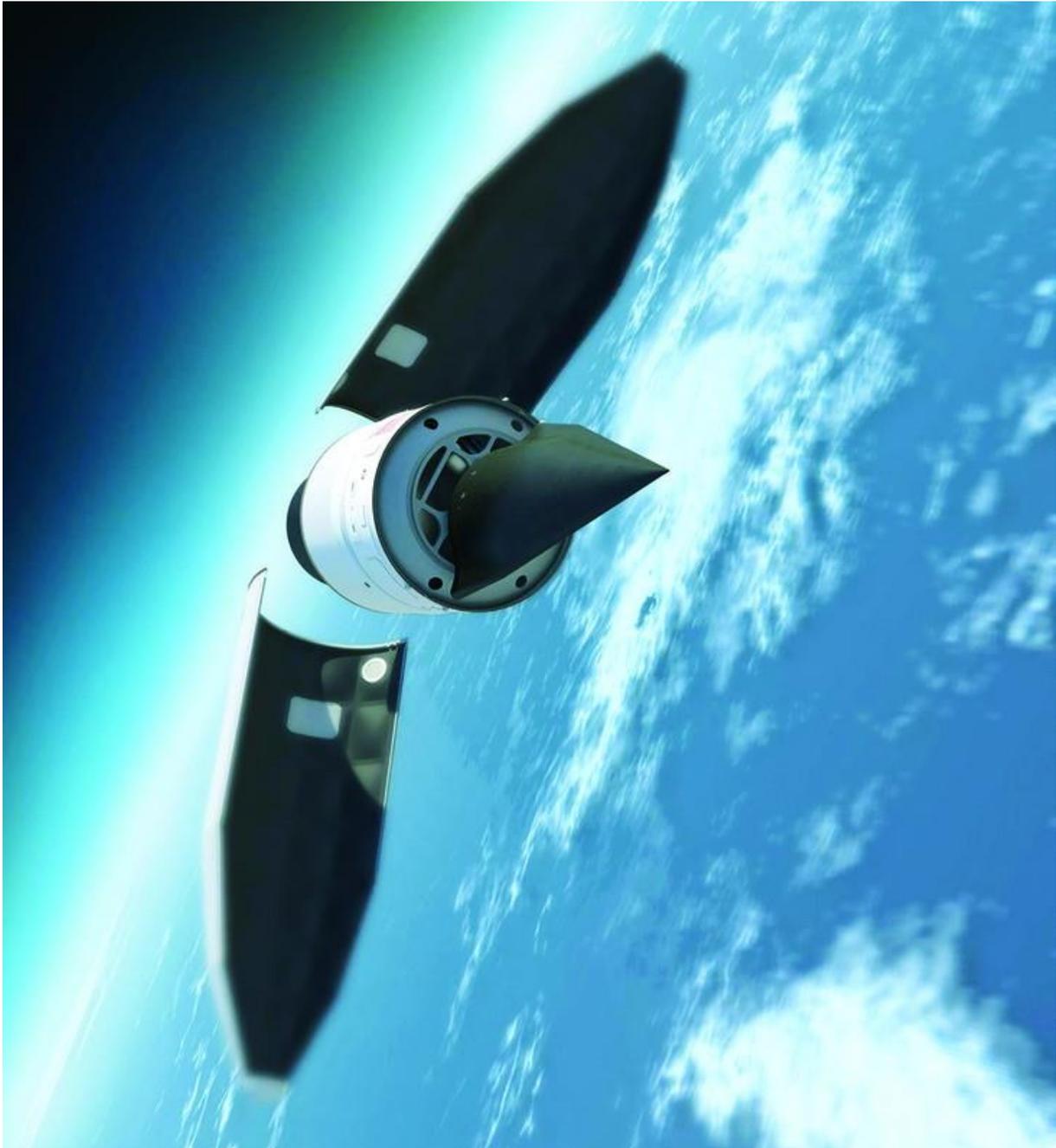
Au début des années 2010, les États-Unis ont testé en vol un planeur à longue portée, le HTV-2 (*Hypersonic technology vehicle 2*). Il était conçu pour planer jusqu'à 7 600 kilomètres après avoir été propulsé à une vitesse initiale de Mach 20 par une fusée. Après avoir combiné les données de ces tests avec d'autres informations sur cet engin, nous avons simulé numériquement son vol hypersonique. Nous avons aussi comparé les délais avant l'atteinte de la cible, la manœuvrabilité et la furtivité, soit les performances clés revendiquées pour les planeurs hypersoniques, à celles des missiles balistiques ou de croisière aux technologies éprouvées.

Ainsi, on lit souvent que les armes hypersoniques réduisent le temps nécessaire pour transporter une ogive sur la cible, mais cette affirmation repose en grande partie sur une comparaison trompeuse avec les missiles de croisière subsoniques ou avec les missiles balistiques aux trajectoires plus longues. La trajectoire la plus efficace sur le plan énergétique pour un missile balistique – la trajectoire à énergie minimale – fait en effet parcourir à l'engin un arc au-dessus de la Terre avant qu'il ne retombe sur sa cible. Il réduit ainsi la traînée pendant la plus grande partie de son vol, mais parcourt une trajectoire bien plus longue que celle d'un planeur hypersonique, ce qui signifie un temps plus long avant atteinte de la cible.

Cependant, un missile balistique peut aussi voler à basse altitude. De fait, on considère depuis longtemps que la meilleure façon de lancer une attaque nucléaire rapide à partir d'un sous-marin serait de lui choisir une trajectoire basse bien plus courte qu'un long parcours à énergie minimale, même si la traînée ne pourra être évitée. En comparaison, un planeur hypersonique reste plus longtemps dans l'atmosphère, où la traînée réduit sa vitesse. Au final, nos calculs montrent qu'à portée égale, un missile balistique suivant une trajectoire basse acheminera une ogive après un temps de vol égal, voire plus court que celui d'une arme hypersonique.

Autre avantage vanté des armes hypersoniques : la manœuvrabilité. Là encore, la réalité est plus nuancée que les annonces. Les États-Unis développent et testent depuis des décennies des têtes de missile manœuvrables ou MARV (*maneuverable re-entry vehicle*). Ces engins exploitent les forces

aérodynamiques pour changer de direction à l'approche de la cible, ce qui permet d'accroître la précision et d'échapper aux défenses antimissiles. Certes, parce qu'il s'agit de missiles balistiques, ils ne virent et ne zigzaguent qu'en fin de vol et ne peuvent serpenter pendant toute leur course comme sont censés le faire les planeurs hypersoniques. La manœuvrabilité, en tout cas, n'est pas un trait propre aux armes hypersoniques. Reste que celle des planeurs hypersoniques est, elle aussi, limitée, en raison des grandes forces nécessaires pour faire tourner un véhicule volant à des vitesses aussi élevées.



Le planeur HTV-2 est représenté ici au moment de son lancement par une fusée à très haute altitude. En forme de flèche, ce planeur fut testé par l'armée américaine au début des années 2010, mais n'eut pas les performances escomptées.



Un boosteur de fusée lance un planeur hypersonique doté de la forme conique proposée dans les années 1970.

Oscar Sosa/Marine américaine

Pour changer de direction, un planeur hypersonique doit utiliser des forces de portance lui conférant une vitesse horizontale, qui doit aussi être hypersonique. Pour virer de 30 degrés par exemple, un planeur volant à Mach 15, ou 4,5 kilomètres par seconde, doit créer une vitesse horizontale de Mach 7,5, ou 2,3 kilomètres par seconde. Pour bien saisir ces ordres de grandeur, rappelons que, comme la vitesse du son varie en fonction de la densité et de l'altitude, les ingénieurs de vol considèrent que Mach 1 correspond à environ 300 mètres par seconde. Dans le même temps, le planeur doit conserver une portance verticale suffisante pour rester en l'air. De telles manœuvres coûtent beaucoup en vitesse et en portée !

Pour créer la portance supplémentaire nécessaire au changement de direction, le véhicule pourrait plonger à une altitude plus basse afin d'utiliser la poussée plus grande de la basse atmosphère, plus dense. Il effectuerait son virage avant de revenir à une altitude plus élevée, avec moins de traînée, pour reprendre son vol. Le fait d'aller à des altitudes plus basses réduirait le temps nécessaire pour

tourner, mais augmenterait aussi la traînée subie par le véhicule. À Mach 15, un planeur comme le HTV-2 volerait par exemple à une altitude d'environ 40 kilomètres. S'il descend d'environ 2,5 kilomètres, un virage de 30 degrés prendra environ sept minutes, au cours desquelles il se déplacera sur un vaste arc de cercle, d'un rayon de quelque 4 000 kilomètres. La traînée supplémentaire résultant d'un déplacement dans un air plus dense, même pendant un temps aussi court, réduira la vitesse du planeur d'environ Mach 1,3, lui faisant perdre environ 450 kilomètres de portée sur les 3 000 kilomètres qu'il aurait pu parcourir autrement.

Une certaine quantité de manœuvres à mi-parcours, par exemple pour sélectionner une nouvelle cible, peut être utile, et les planeurs pourront sans doute manœuvrer davantage que les têtes de missiles balistiques. Néanmoins, les MARV peuvent déjà accomplir des mouvements de plusieurs centaines de kilomètres pendant la rentrée, de sorte qu'il est difficile de voir en quoi la manœuvrabilité des engins hypersoniques serait révolutionnaire.

Une autre allégation courante est que, parce que les planeurs se déplacent à des altitudes plus basses qu'un engin balistique, ils seraient « quasi invisibles » pour les systèmes d'alerte précoce. Un système radar basé au sol peut repérer un engin à une altitude de 1 000 kilomètres à une distance d'environ 3 500 kilomètres, mais en raison de la courbure de la Terre, il ne verra pas un planeur s'approchant à une altitude de 40 kilomètres avant que celui-ci ne se trouve à 500 kilomètres environ. Les États-Unis et la Russie disposent de satellites d'alerte précoce dotés de capteurs infrarouges sensibles, qui peuvent repérer la lumière intense que les planeurs émettent en raison de la température extrême de leur surface. Selon nos estimations, les satellites américains déployés aujourd'hui seraient capables de détecter et de suivre des planeurs se déplaçant dans l'atmosphère à des vitesses couvrant la majeure partie du régime hypersonique.

Les planeurs déployés dans un avenir prévisible pourraient éviter d'être vus par les satellites américains s'ils volent à l'extrémité inférieure de la gamme hypersonique, soit sous Mach 6. Cette préoccupation semble motiver les recherches américaines sur les nouvelles constellations de capteurs satellites. Toutefois, un planeur similaire au HTV-2 doté d'une vitesse initiale de Mach 5,5 parcourrait moins de 500 kilomètres. Voler dans cette gamme de vitesses limiterait considérablement sa portée. Il est concevable que les missiles de croisière hypersoniques puissent maintenir ces faibles vitesses sur de plus longues distances. Ces vitesses lentes pourraient toutefois

réduire à néant un autre argument clé en faveur des armes hypersoniques : leur capacité à éviter les défenses antimissiles terminales.

Il semble en effet que la Russie et la Chine développent des armes hypersoniques surtout en raison de leur capacité à échapper aux systèmes de défense antimissile américains. Les systèmes américains GMD (*Ground-based midcourse defense*) et Aegis SM-3, qui sont destinés à défendre les États-Unis, le Japon et d'autres pays, interceptent au-dessus de l'atmosphère et sont incapables d'engager des armes hypersoniques volant à des altitudes plus basses. Les planeurs hypersoniques dotés d'une vitesse et d'une manœuvrabilité suffisantes pourraient également échapper aux défenses de plus courte portée qui fonctionnent dans l'atmosphère, comme les systèmes américains Patriot, SM-2 et THAAD. Ces intercepteurs protègent de petites régions, de quelques dizaines de kilomètres de large, autour des sites militaires et des navires, en utilisant des forces portantes pour virer et intercepter les armes entrantes. Leur efficacité dépend du fait qu'ils sont plus maniables que le missile qu'ils tentent de frapper, ce qui dépend fortement de la vitesse de vol. Les intercepteurs Patriot, par exemple, utilisent des boosteurs de fusée pour atteindre des vitesses allant jusqu'à Mach 6. Une arme hypersonique pourrait sans doute déjouer ces intercepteurs si elle maintenait une vitesse élevée, mais si elle vole au-dessous de Mach 6, elle pourra devenir vulnérable. Ainsi, presque dès qu'un planeur hypersonique devient invisible pour les satellites – mais possiblement visibles pour les radars au sol –, il devient susceptible d'être intercepté.

En outre, la capacité de pénétrer les boucliers défensifs n'est pas propre aux planeurs hypersoniques. Les intercepteurs qui opèrent en dehors de l'atmosphère sont particulièrement susceptibles d'être trompés par des leurre et autres contre-mesures, que la Russie et la Chine ont développés et probablement déployés. Les missiles balistiques de courte et moyenne portée, lancés à partir d'un avion, pourraient voler à des altitudes assez basses pour éviter ces défenses « exoatmosphériques ». De même, équiper les missiles balistiques, y compris les missiles de courte et moyenne portée, de MARV pourrait leur permettre de déjouer et de pénétrer les défenses qui fonctionnent dans l'atmosphère.

Aujourd'hui, les États-Unis ont abandonné le développement de planeurs à longue portée comme le HTV-2 au profit de systèmes hypersoniques de plus courte portée : jusqu'à quelques milliers de kilomètres. Ce changement de stratégie est motivé non seulement par les lacunes que les essais du planeur HTV-2 ont révélées, mais aussi par la nécessité d'un nouveau type de mission : utiliser les

armes dans un théâtre de conflit local pour pénétrer et détruire les systèmes défensifs. En matière de capacités, cependant, ces planeurs hypersoniques à plus courte portée ne se distinguent pratiquement pas des missiles balistiques à MARV volant sur des trajectoires basses. Cette similitude est devenue évidente en 2018, lorsque le ministère américain de la Défense a annoncé son choix d'un véhicule hypersonique destiné à être utilisé conjointement par l'armée de terre, la marine et l'armée de l'air. Plutôt que d'opter pour une forme de coin comme celle du HTV-2, qui augmenterait la valeur du L/D, le Pentagone a choisi une conception conique inspirée d'un MARV expérimental développé dans les années 1970. Selon le Pentagone, cette arme aura une portée plus faible et une moins bonne manœuvrabilité, mais sa mise au point technique est moins risquée.

Une conception datant des années 1970 n'est guère révolutionnaire. Il nous semble que le Pentagone utilise le battage médiatique autour des armes hypersoniques pour obtenir des fonds du Congrès tout en revenant à une technologie développée il y a un demi-siècle pour son système principal. Si le Pentagone consacre des fonds à d'autres conceptions, il ne se concentre pas sur les systèmes révolutionnaires annoncés.

La conception « surfeur »

Une amélioration significative du rapport L/D, si elle est possible, réduirait les obstacles techniques au vol hypersonique à longue portée. En théorie, les conceptions de type « surfeur » (*waverider*, en anglais) augmentent les valeurs de L/D des véhicules hypersoniques à 6 ou plus. Ils ont une forme en coin correspondant à celle de l'onde de choc dans le flux d'air entourant le planeur à vitesse et altitude données. Cette correspondance entre la forme du planeur et celle de l'onde de choc en dirige une partie sous l'engin, ce qui engendre une portance supplémentaire.

Ce concept date de la fin des années 1950, mais s'est avéré difficile à transformer en missiles fonctionnels. La conception du HTV-2 l'exploitait, mais n'a atteint qu'un L/D de 2,6. Malgré cela, en 2020, l'armée de l'air américaine s'est retirée du programme hypersonique conjoint du Pentagone, annonçant qu'elle adopterait la conception en coin du HTV-2 pour un planeur à courte portée. L'augmentation du rapport L/D à 4 ou 6 permettrait de réduire les problèmes thermiques

et d'accroître la portée du planeur. De telles améliorations ouvrent-elles de nouvelles possibilités pour des utilisations militaires ?

Nous ne le croyons pas. L'échauffement du planeur reste un défi majeur, car la température de sa surface diminue plutôt lentement à mesure que le rapport L/D augmente. Nos calculs montrent, par exemple, qu'une augmentation du rapport L/D de 2,6 – la valeur atteinte par le HTV-2 – à 6 réduirait la température de surface d'un planeur à une vitesse donnée d'au plus 15 %. Il serait donc toujours difficile de prévenir les dommages matériels lors des vols à longue distance. Une telle augmentation du L/D réduirait également la signature infrarouge d'un missile et augmenterait potentiellement la vitesse à laquelle il pourrait voler sans être détecté (par les satellites actuels) jusqu'à Mach 7. L'augmentation du rapport L/D pourrait en outre permettre d'accroître quelque peu la manœuvrabilité, mais il serait plus facile de la renforcer en augmentant relativement peu la vitesse initiale du planeur (rappelons que la manœuvrabilité dépend de la portance, qui augmente comme le carré de la vitesse). Pour ces raisons, il ne semble pas que les progrès prévisibles dans les planeurs hypersoniques, comme l'augmentation du L/D, donneront aux armes hypersoniques des capacités révolutionnaires.

Malgré cette réalité, le battage médiatique autour de ces armes a entraîné une forte augmentation des dépenses faites pour mettre au point de tels systèmes et renforcé la peur, la méfiance et le risque de conflit entre les États-Unis, la Russie et la Chine. La perspective d'attaques rapides et potentiellement non détectées, même si elle est exagérée, pourrait inciter ces pays à réagir de façon rapide et irréfléchie aux avertissements, réels ou erronés, augmentant ainsi les risques de conflit.

Par leurs analyses techniques des nouveaux systèmes militaires, les chercheurs indépendants que nous sommes veulent aider le public et les décideurs à prendre les bonnes décisions. Les fonds destinés à la conception et à la construction d'armes nouvelles semblent inépuisables, mais ceux qui soutiennent nos recherches indépendantes diminuent. Elles sont pourtant importantes, notamment pour tempérer le battage médiatique fait autour des armes hypersoniques par une estimation réaliste de leurs capacités et avantages, avant qu'une nouvelle course aux armements ne mette trop les équilibres mondiaux en danger.

Auteurs

Cameron Tracy

Cameron Tracy est chargé de la question de la sécurité mondiale à L'UCS. Ingénieur et spécialiste des matériaux, il mène des recherches sur les armes hypersoniques et la gestion des déchets nucléaires

David Wright

David Wright est chercheur au laboratoire pour la sécurité et la politique nucléaire de l'Institut de technologie du Massachusetts. Il a codirigé le programme de sécurité mondiale de l'UCS (*Union of Concerned Scientists*).

En savoir plus

Laura Grego et David Wright, [We can't count on missile defense to defeat incoming nukes](#), *Scientific American*, juin 2019.

Gérald Bronner, [Le raisonnement qui sauva le monde](#), *Pour la science*, n° 492, octobre 2018.

Thomas Jackson, Avion spatial : [la piste des réacteurs hypersoniques](#), *Pour la Science*, n° 348, octobre 2006.

- [Aérodynamique](#)

- [Armes](#)

- [Hypersonique](#)

- [Missile](#)

Sur le même sujet