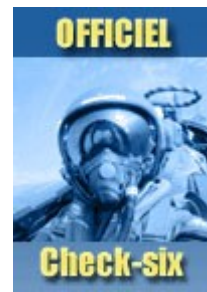




EVITEMENT de MISSILES AIR-AIR

Synthèse de discussions du forum checksix
 source : <http://www.checksix-forums.com/showthread.php?t=135094>



1 – préliminaires : les réglages des modes - combat à vue(DGFT) , Air-Air (AA), Air-Sol (AG), Navigation (Nav).

Le mode Dogfight et le mode MRM sont des modes de *surpassement* (*override modes*, en anglais). Cela signifie que, lorsque nous entrons dans un des ces deux modes, les réglages précédents n'importent plus et toute l'avionique est alors configurée en un seul click pour le combat à vue (mode DGFT) ou BVR (mode MRM).
 Si l'un de ces deux modes est sélectionné alors quand nous chercherons à quitter ou entrer dans l'un des modes A-A, A-G et NAV, il sera normal que cela ne fonctionne pas, puisque les modes MRM et DGFT ont préséance : pour revenir aux réglages avant de passer en mode de surpassement, il faut appuyer sur la touche [C] du clavier (en fait, dans l'avion réel, sur la manette des gaz se trouve un petit commutateurs à trois positions: MRM, DGFT, et le neutre, qui correspond donc à cette touche du clavier).
 Noter bien qu'appuyer sur la touche [C] ne fera pas revenir au mode NAV, mais seulement aux réglages avant le changement de mode : si nous étais en mode A-G, par exemple, presser [C] fera revenir à ce mode.

2 – Vocabulaire

2.1 Angles d'aspect :

L'angle d'aspect est qualifié selon que l'on est l'attaquant (Fighter) ou bien la cible (Target).

Selon l'attaquant (F) (Fighter aspect)	Selon la cible (T) (Target aspect)
<ul style="list-style-type: none"> ● HOT : la cible est en face (12 H) ● CRANK (cranking) : permet une évasive tout en gardant le contact avec la cible ● NOTCH (notching) : Position perpendiculaire à la cible. Dans ce cas la cible devrait perdre le contact radar. ● PUMP(pumping) : fuite « offensive » car cette manoeuvre est effectuée avec l'intention de revenir immédiatement sur la cible. ● COLD : la cible est dans les 6H 	<ul style="list-style-type: none"> ● HOT : la menace est en face (12 H) ● FLANK (flanking) : La menace est en évasive mais garde le contact radar : ou bien elle vient de lancer un missile ou bien elle effectue une manoeuvre offensive. ● BEAM (beaming) : La trajectoire de la menace est perpendiculaire à la cible ● DRAG(dragging) : la menace est en fuite. ● COLD : la menace nous tourne le dos : elle est dans nos 12H

2. Généralités :

HOJ : L'abréviation HOJ signifie « Home On Jammer » que l'on pourrait traduire par « source de l'émission ». Un missile équipé de fonctionnalités « HOJ » détecte les émissions d'ondes d'un avion et se dirige ainsi vers lui.

SLAMMER : surnom donné à l'AIM 120 (cf fiche descriptive en annexe)

BUGOUT : sortie rapide d'un combat

3 – Evitement de missile

Préambule : dans toute manoeuvre qu'elle quelle soit, n'oubliez pas avant tout de considérer le système avion et/ou missile sous l'angle énergétique, c'est à dire que ces deux mobiles, pour se déplacer, ont besoin d'énergie. Cette énergie est fonction de nombreux paramètres tels que la vitesse, l'altitude, la masse. Elle se dégrade et est limitée par la quantité de « carburant » que possède chaque mobile en mouvement. Cette considération vous permettra d'envisager des solutions logiques et parfois originales.

2.1 Solution de base

Pour éviter un missile, il n'y a pas cinquante solutions :

1. « beamer »

la première solution consiste à empêcher le radar de l'avion ennemi de vous « tracer » AVANT que le missile passe actif, en **beamant** le radar de l'avion ennemi et en tâchant de le leurrer. Dès que vous pensez être parvenu à ce que le radar de l'avion-lanceur vous ait perdu, changez brusquement de direction et éventuellement d'altitude, de sorte que lorsque le missile pourra utiliser son propre radar pour vous chercher là où vous n'êtes plus et ainsi il ne pourra pas vous trouver.

2. « Pumper »

La deuxième solution consiste à « **pumper** », vous entamez un virage pour faire demi-tour et vous éloigner afin que le missile **perde son énergie** avant de vous rattraper (si le missile est tiré de vraiment très loin, il n'est pas nécessairement utile de faire un demi-tour complet, mais mieux vaut souvent être prudent).

3. « Le tire-bouchon »

Soit vous vous êtes vraiment mis dans de « très sales draps » : les manoeuvres ont échoué. C'est le cas que l'on tâche de ne surtout pas rencontrer: vous devez éviter directement éviter le missile. Dans cas cas-là, la seule bonne méthode que je¹ connaisse, c'est d'avoir une vitesse de l'ordre de Mach 1- Mach 1,2, de mettre le missile sur son travers, en s'aidant du RWR, et de dessiner une large spirale (une trajectoire en tire-bouchon) sous environ 5G, tout en larguant des paillettes, 5 à 6 secondes avant que le missile n'impacte (donc en gros 8 à 10 secondes après que vous ayez le "bip" du missile sur ton RWR).

Cela se fait bien, après un peu d'entraînement pour acquérir le coup de main, mais il faut tout de même noter que **c'est une manoeuvre difficile à répéter, du fait qu'elle épuise rapidement l'énergie.**

C'est d'ailleurs pour cette dernière raison qu'**il faut oublier contre un adversaire aussi bien armé que soi le tir en face-à-face** : confronté à un tel adversaire on cherche d'abord à acquérir un avantage sur lui afin de mettre toutes les chances de son côté (par exemple, en approchant de côté, ou bien en étant supérieur en nombre au moins localement et temporairement, ou bien en ayant une altitude et une vitesse qui conféreront une réelle meilleure allonge, etc.).

2.2 : Autres solutions

1. Les ciseaux.

Des ciseaux a fort facteur de charge pour basculer rapidement d'une position 3H a 9H. Le missile corrige à droite, à gauche, a droite ...ect. A tous les coups ça marche, même pour un tir a 7Nm.. Mais pour ce faire, faut être à la bonne tranche vitesse et oser ce prendre des G. (dixit Amraam)

2. Le tire-bouchon : (Réponse de [eutoposWildcat](#) à la solution 1 des ciseaux)

Effectivement, ça marche bien. Personnellement, sur le même principe, je préfère cependant le barrel roll (tire-bouchon) , parce qu'il présente l'avantage d'être plus aisé à exécuter, et ne demande pas de prendre beaucoup de G (5 suffisent).

A l'inverse, la méthode des ciseaux impose pour ne pas perdre trop d'énergie d'être exécutée à une vitesse relativement précise, ce qui n'est pas forcément toujours évident, tandis que tenir les Mach 1 - Mach 1,2 du barrel roll me paraît plus facile.

Qui plus est, cela permet de continuer à conserver l'ennemi au radar, tandis que c'est parfois franchement

1 « Je » s'appelle [eutoposWildcat](#) sur le forum de C6

4 - Questions/Réponses

Question : J' ai fait un test en pumpant et en descendant comme un malade en PC + les leurres le missile m' a touché. Alors peut être que ma vitesse de rapprochement quand je tire est trop élevée. Mais si j' ai bien tout compris au shmilblik faut prendre un maximum de vitesse partir en cranck ou beamer puis pumper afin d' epuiser au maximum le missile!

Réponse : C'est normal que tu te prennes le missile ennemi si tu continues vers l'ennemi en attendant que ton propre missile passe actif, en particulier si tu vas à bonne vitesse. Dans le cas d'un face-à-face contre un autre appareil armé de Fox 3 il vaut mieux souvent risquer que le missile ne touche pas en s'échappant avant que notre propre missile soit passé actif plutôt que d'attendre. D'ailleurs, pour mémoire, les R-77 ont une portée *supérieure* à celle des AIM-120.

Sinon, toujours pour mémoire, un pump ça doit s'initier en gros lorsque l'ennemi passe à moins de 20 nautiques, lorsque tu te trouves à moyenne altitude. Si tu attends davantage, il est certain que tu risques d'y rester, oui.

Qui plus est, dès que tu as tiré n'omet pas déjà de t'écarter de 50° vis-à-vis de ton adversaire, et de ne pas voler trop vite, de façon à minimiser la vitesse de rapprochement vis-à-vis de l'ennemi, et en particulier du missile qu'il pourrait éventuellement avoir tiré.

Si tu voles très vite vers l'ennemi, et que lui vole tranquillo, il peut se permettre de tirer après toi, même en étant équipé du même missile que toi, et c'est pourtant son missile qui te touchera en premier (dixit [eutoposWildcat](#))

Question : Est ce que tirer un AMRAAM en Bore (sans aucune cible si je me trompe pas) peut être efficace en connaissant l' aspect de la cible avec le radar en TWS ?

Réponse : Tirer en bore, et tirer avec le TWS n'a en fait rien à voir. Je peux me tromper, mais je pense que tu crois qu'il est nécessaire de verrouiller une cible en STT ou SAM pour pouvoir lui tirer un missile dessus. Eh bien, aucunement: reste en TWS, et pour désigner une cible utilise la commande TMS-right (raccourci-clavier: [CONTROL]+[Flèche droite]). Si tu utilises cette commande plusieurs fois, tu verras que tu peux faire défiler la désignation parmi les cibles qui apparaissent en TWS.

Tu auras tous les repères de tir dans le HUD et sur le MFD, et tu pourras tirer comme à l'habitude, tout en continuant de surveiller les autres bandits. Note cependant que dans Falcon 4.0 Allied Force tu ne peux guider qu'un seul missile à la fois. Si jamais tu changes de cible alors qu'un de tes missiles AIM-120 est en vol et que son radar embarqué n'est pas encore actif, ton missile tâchera d'aller sur la seconde cible. (dixit [eutoposWildcat](#))

[..]

Le problème, avec le mode BORE, c'est que le missile va se contenter d'aller tout droit, et attaquera la première cible qu'il trouvera sur son chemin. Ce qui pose deux difficultés: d'abord, si la cible que tu veux avoir en BORE se trouve être proche de la cible que tu désignes en TWS, il va t'être difficile de savoir laquelle des deux cibles ton missile ira toucher, et ensuite le souci est que le radar du missile possède un champ de vision très étroit, de telle sorte qu'il est très possible que ton missile ne trouve pas sa cible. Bref, le taux de succès lorsqu'on tire en BORE n'est pas très élevé. C'est une bonne technique pour mettre la pagaille dans une formation ennemie, mais pas tellement une technique pour détruire effectivement l'adversaire. (dixit [eutoposWildcat](#))

Question : Les ECM, il faut pas les mettre avant (le tir) pour ne pas être vu, ni après pour ne pas être locké : donc a quoi ça sert? Je reste perplexe ...

Réponse : le brouillage produit va empêcher pendant un certain laps de temps tout autre radar de se verrouiller dessus ; ce laps de temps dépendra de l'aspect de présentation , de la distance entre le radar et le brouilleur et également de la puissance du radar. L'ALQ, comme il émet à forte puissance pour brouiller, ses radiations vont permettre à l'adversaire de te repérer très vite sur son radar...de plus, certains missiles à guidage radar ont des capacités "home on jam" (HOJ) qui, dès lors qu'un brouilleur est activé, abandonnent la poursuite radar active pour un suivi passif (c'est-à-dire qu'ils vont remonter à la source des émissions de brouillage, ce qui les rend très dangereux).

Maintenant tu peux l'activer quand tu veux gagner du temps en empêchant l'adversaire de te locker (le temps de le descendre lui), pour gagner un délais plus ou moins conséquent dans une zone bien défendue, le temps de s'en dégager, ou encore pour décrocher un lock adverse (dans ce cas active/éteint pour empêcher l'adversaire d'employer son HOJ, s'il en a un.) (dixit BlackAngel)

Question : Est ce que le fait que le RWR détecte un radar aéroporté signifie qu' il t' a repéré ou qu' il scanne simplement. Sachant que lorsqu' il tire il a cassé tes ECM faut il les brancher au moment ou il te lock? Parce qu'en les branchant bien avant l' engagement tu signales ta présence et d' après « Angel » quand t' es locké faut les éteindre. Bref comment utiliser efficacement les ECM?

Réponse : lorsque l'écran du RWR affiche un symbole de menace, cela signifie uniquement que le radar auquel correspond le symbole émet vers toi, ça ne signifie pas qu'il t'a verrouillé. D'ailleurs, il se peut même que ton RWR affiche ce radar sans que le radar lui-même ne t'ait détecté, si tu trouves de lui à distance vraiment importante.

Lorsque tu es verrouillé par un ennemi, il t'arrive dans les oreilles un son intense qui ne trompe pas, en principe. D'autant que s'il s'agit d'un missile semi-actif, tu auras l'avertissement de tir de missile (alerte Launch).

Pour ce qui est du moment auquel activer tes ECM, lorsque l'ennemi est équipé de missiles à guidage radar actif, Black Angel t'a très bien décrit le phénomène : tant que l'ennemi ne t'a pas détecté, il vaut mieux ne pas les allumer afin de ne

pas attirer l'attention, puis lorsqu'il n'est pas encore à portée de tir mais t'a détecté il est valable d'utiliser les ECM pour empêcher qu'il te situe en distance donc te verrouille, et lorsque l'ennemi est à portée de tir il vaut mieux couper les ECM afin d'éviter que ses missiles n'aient qu'à "remonter" les émissions ECM pour te détruire.

Face à un ennemi équipé seulement de missiles à guidage radar semi-actif ou IR, là, ne te gêne pas, par contre: dès lors que tu sais que l'ennemi t'a détecté, laisse tes ECM allumés, ça ne mange pas de pain. (dixit EutoposWildcat)

Pour le jammer (ECM), ça dépend aussi dans quel rôle tu te considères. Défensif ou offensif. C'est très important car si t'es offensif, tu peux jouer la saturation : tout le monde l'allume, on ne voit plus rien de stable sur le radar, et donc on a l'avantage un moment. Par contre, si tu as un rôle défensif, c'est très dangereux car on te repère de loin. On ne sait peut être pas te verrouiller mais on sait où tu es. C'est pour cela que la gestion du jammer doit absolument être à la charge du leader, pas d'initiatives personnelles car le jammer peut aussi, dans certains cas, être un élément d'aide à l'identification. (dixit Amraam).

5 - Remarques à la volée

1. Le défaut des débutant est de vouloir absolument garder, le target (la cible) sur ton radar jusqu'à ce que le missile passe actif. C'est l'idéal dans le meilleur des mondes, mais l'avion en face si il est supérieur (Mig29, Su27....), aura tiré avant, donc il va toucher aussi. Conclusion : il faut mieux gaspiller un missile et rentrer entier en dégageant avant le pitbull. Si tu as tiré en HOJ, tu as de la chance car tu peux dégager bcp plus tôt sans perdre en efficacité pour ton missile. (dixit [Raffy](#))
2. Ce que dit raffy est très juste, mais disons que c'est uniquement quand on n'a pas le choix. Une chose très importante, trop souvent délaissée des simmeurs et pourtant c'est la prio 1 des pilotes réel lors d'un tir BVR: le **crank**. TOUT tir doit toujours suivre la procédure suivante: **aquisition, tir, crank**. C'est une **obligation** pour un tir lointain car ça diminue la vitesse de rapprochement (et donc la zone de tir ennemie) et ça donne une ouverture pour un bugout en cas de soucis. Le crank consistant justement à "coincer" le contact dans un coin pour le garder au monitoring (liaison radar) tout en diminuant la vitesse de rapprochement (vu que la trajectoire est moins directe).
3. le réglage leurre est aussi très important (comme l'espacement des paquets qui te donne le timing pour les breaks, ainsi que l'angle judicieux des évitements, contre un AMRAAM C5 tu peux attendre l'alerte RWR pour tirer en même temps et avoir plus d'impact. (dixit Thrust)

Annexe : Présentation des missiles

(Source : wikipédia)

AIM-7 Sparrow

L'**AIM-7 Sparrow** est un [missile air-air](#) de moyenne portée à guidage radar semi-actif fabriqué par la firme [américaine Raytheon](#). Mis en service dans les années 1950, il est actuellement peu à peu remplacé par le plus performant [AIM-120 AMRAAM](#) après avoir été produit à plus de 60 000 exemplaires. En 1967 est apparue une version pouvant être tirée depuis un navire : le [missile mer-air RIM-7 Sea Sparrow](#). Le AIM-7 est crédité d'au moins 50 avions ennemis abattus pendant la [Guerre du Vietnam](#), auxquels il faut ajouter 26 autres pendant la [Guerre du Koweït \(1990-1991\)](#).

Historique

La conception de ce missile a commencé en 1947, suite à un appel d'offre de l'[US Navy](#). Développé alors par la société Sperry, le premier modèle *Sparrow I* (AIM-7A) à guidage optique est testé à partir de 1948. Des problèmes de mise au point retardent son entrée en service jusqu'en 1952. Peu performante, cette version n'est construite qu'à 2000 exemplaires et rapidement réformée.

Une version *Sparrow II* (AIM-7B) à guidage radar actif est proposée par la société Douglas au milieu des années 1950. L'[US Navy](#) se retire cependant du projet dès 1956, et l'abandon du [Avro CF-105 Arrow](#) (qui devait emporter ce missile) entraîne l'arrêt définitif des développements en 1958.


La société [Raytheon](#), qui a entre temps racheté l'usine produisant le *Sparrow I*, propose en 1955 un *Sparrow III* (AIM-7C) à guidage radar semi-actif. Cette version entre en service en 1958, suivie dès l'année suivante par une version AIM-7D avec une portée et une protection contre le brouillage tous les deux améliorés.

En 1963 apparaît la première produite en masse (25 000 exemplaires) : le AIM-7E qui dispose d'un nouveau système de propulsion augmentant nettement sa portée (jusqu'à 35 km). La première victoire en combat aérien est obtenue le 7 juin 1965 lorsque des [F-4 Phantom II](#) américains abattent deux [MIG-17](#). Dans le contexte de la [Guerre du Vietnam](#), le AIM-7E montre cependant vite ses limites avec une probabilité d'atteinte de la cible estimée d'à peine 10%. Diverses améliorations sont alors apportées à partir de 1969.

La version AIM-7F est produite à partir de 1975. Le système de propulsion est à nouveau changé pour augmenter la portée, tandis que le système de guidage est entièrement modernisé (notamment pour être compatible avec les nouveaux radars) et la charge militaire augmentée. Cette version est remplacée en 1982 par le AIM-7M (avec un système de guidage à nouveau complètement modernisé, notamment pour le tir sur des cibles se trouvant à une altitude inférieure à celle du lanceur) puis par le AIM-7P à partir de 1987.

Une version AIM-7R avec un guidage infrarouge pour la phase finale a été abandonnée en 1996.

La production totale dépasse 62 000 exemplaires pour le AIM-7, tandis que les différentes versions du RIM-7 *Sea Sparrow* ont été construite à plus 9 000 exemplaires.

<i>AIM-7 Sparrow</i>	
Mission	Missile air-air à moyenne portée
Constructeur	 Raytheon
Mise en service	1958
Retrait	
Investissement	
Coût unitaire	
Nombre construit	plus de 62 000
<i>Propulsion</i>	
Motorisation	
Nombre	1
Type	moteur fusée
Puissance unitaire	
Carburant	carburant solide
<i>Dimensions</i>	
[[Image: 300px]]	
Envergure	1,02 m
Longueur	3,66 m
Diamètre	0,20 m
Masse	de 172 à 231 kg
<i>Performances</i>	
Vitesse maximale	km/h (Mach 4)
Plafond	m
Portée	de 11 à 70 km
Portée	de 6 à 14 Nm
Facteur de charge	
<i>Avionique</i>	
Guidage	radar semi-actif
<i>Charge Militaire</i>	
Charge Militaire	30 à 40 kg d'explosif
Type	
Fusée	

AIM-120 AMRAAM

Mission [modifier]

L'**AIM-120 AMRAAM** (Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile / Missile air-air de moyenne portée avancé) est un [missile air-air](#) de moyenne portée (75-110km) muni d'un système de guidage à [radar](#) actif. Très efficace, il est surnommé *Slammer* par les pilotes américains.

Développement [modifier]

Genèse [modifier]

À la fin des années 1970, déçues par l'[AIM-7 Sparrow](#), les forces aériennes américaine (regroupant l'[US Air Force](#) et les composantes aériennes de l'[US Navy](#) et de l'[US Marine Corps](#)) décident de lancer le développement d'un nouveau missile, cette fois-ci n'exposant pas son lanceur, et donc capable de se guider seul. Par ailleurs, cette indépendance du [missile](#) doit permettre d'engager plus facilement plusieurs cibles. En 1979, [Hughes Aircraft co.](#) et [Raytheon](#) furent sélectionnés pour développer le missile YAIM-120 AMRAAM, en 1981, [Hughes Aircraft co.](#) remporte le contrat. Un an auparavant de nombreuses forces aériennes de l'OTAN s'étaient jointes au programme. En février 1984, le premier AIM-120 est tiré d'un [F-16](#), mais ce n'est qu'en septembre 1987 qu'un premier tir est réalisé à vitesse supersonique. De nombreuses difficulté techniques et politiques ont retardé le programme et causé des dépassements budgétaires. Les premiers exemplaires de pré-production furent livrés en octobre 1988, mais ce n'est qu'en septembre 1991 qu'il fut déclaré opérationnel.

Améliorations [modifier]

En 1994 furent livrés les premiers exemplaires de la version AIM-120B. Celle-ci se distingue de la version initiale AIM-120A par un nouveau système de guidage WGU-41/B contenant des modules [EPROM](#) reprogrammables et un nouveau processeur. En 1996 une nouvelle version voit le jour, l'AIM-120C. La première différence notoire, est le changement des ailerons. Ceux-ci sont raccourcis pour être emportables dans la soute du [F-22](#), il reste néanmoins adapté à tous les autres vecteurs déjà qualifiés pour les versions AIM-120A et AIM-120B. Il est par ailleurs équipé d'un nouveau système de guidage WGU-44/B. L'AIM-120C standard est découpé en plusieurs sous versions dont, notamment les versions C4 et C5. La première est équipée d'une nouvelle charge militaire WDU-41/B, la seconde est encore améliorée par un plus gros moteur-fusée (WPU-16/B) et une section de contrôle plus courte grâce à la miniaturisation de l'électronique embarquée. Les livraisons de ces nouvelles versions ont débuté en juillet 2000. La version suivante, nommée C6, comporte un nouveau détonateur. La version C7, dont le développement a débuté en 1998, a pour objectif de remplacer le missile [AIM-54 Phoenix](#) dont le retrait date du 30 septembre 2004. Le planning ayant légèrement glissé, le C7 est toujours en test, alors que son prédécesseur est à la retraite, entraînant un « trou » dans les capacités des forces armées américaines.

Versions futures [modifier]

Le développement de l'AIM-120D a débuté, et les premières livraisons devraient avoir lieu fin-2007. Cette nouvelle

AIM-120C-5 AMRAAM



Mission	Missile air-air à moyenne portée
Constructeur	Hughes/Raytheon
Mise en service	Septembre 1991

Retrait	
Investissement	
Coût unitaire	386 000 dollar US
Nombre construit	

Propulsion

Motorisation	
Nombre	
Type	Fusée
Puissance unitaire	
Carburant	carburant solide

Dimensions

[[Image:|300px]]

Envergure	0.526 m
Longueur	3.66 m
Diamètre	0.178 m
Masse	152 kg

Performances

Vitesse maximale	km/h (Mach 4)
Plafond	m
Portée	110 km
Portée	65 Nm
Facteur de charge	

Avionique

Guidage	radar actif, guidage inertiel
---------	---

Charge Militaire

Charge Militaire	18kg d'explosif à fragmentation / 23kg AIM-120A/B
Type	WDU-41/B
Fusée	proximité radar

version est équipée d'une liaison de donnée avec l'appareil lanceur, un système de navigation [INS](#) recalé par [GPS](#), et une enveloppe de tir étendue. Toutes versions confondues, environ 12 000 AIM-120 ont été produits à ce jour.

Développement Sol-Air [modifier]

Au vu de la qualité de ce missile, il fut décidé d'en extrapoler une version sol-air de défense aérienne. La désignation MIM-120A est parfois utilisée, mais n'a rien d'officiel. Les premiers à en être équipés furent les Norvégiens, avec le système NASAMS, qui emporte 6 armes. Il est opérationnel depuis 1995. Les [États-Unis](#) développent pour leur part deux versions, le SLAMRAAM, monté sur [Hummer](#) pour l'[US Army](#), et le CLAWS pour l'[US Marine Corps](#), monté sur [Hummer](#) également. Par ailleurs, des tests ont été effectués sur des lanceurs de missiles [MIM-23 Hawk](#) modifiés. Le SLAMRAAM devrait entrer en service en 2008 et remplacer certains des systèmes [Avenger](#), jugés trop « légers », et les vieillissants [MIM-23 Hawk](#).

Construction [modifier]

Guidage [modifier]

Le premier tiers du missile est composé du système de guidage. En premier lieu, on trouve l'antenne, sous un dôme conique. Derrière elle sont placées les batteries qui alimentent le système, puis l'électronique de guidage à proprement parler. Le missile est de type "tire et oublie", ce qui signifie qu'une fois le missile tiré, il est totalement autonome. Lors du tir, le système d'arme de l'avion transmet au missile les coordonnées de la cible. Ces coordonnées proviennent généralement du [radar](#) du lanceur, mais peuvent également être fournies par un système de détection [infrarouge](#), d'un autre avion équipé d'une liaison de données, voire même d'un [AWACS](#). Le missile calcule alors une trajectoire d'interception, et se dirige vers le point d'impact grâce à un guidage inertiel ([INS](#)). Cependant si l'avion tireur continue à illuminer la cible à l'aide de son radar, la trajectoire du missile est mise à jour. Certaines forces aériennes n'ont pas émis le souhait d'avoir cette option de mise à jour, ainsi, la [Royal Air Force](#) a constaté que sans cette mise à jour, l'efficacité de l'AIM-120 était inférieure à celle du [BAe Sky Flash](#) qu'il remplace.

Une fois la cible arrivée à portée de son radar, le missile passe en guidage actif. L'autodirecteur passe en action, trouve la cible et se verrouille dessus. Les aviateurs de l'OTAN surnomment ce mode "[Pitbull](#)" car il ne lâche plus sa cible. Si le missile est tiré à courte portée, il passe directement en mode actif et est donc très efficace.

Contrôle [modifier]

Cette partie, est constituée de quatre [servomoteurs](#) électromécaniques actionnant les gouvernes de direction.

Charge militaire [modifier]

La charge militaire est constituée de 23kg d'explosif à fragmentation pour les versions AIM-120A et AIM-120B, appelée WDU-33/B. La version AIM-120C est quant à elle équipée de l'ogive WDU-41/B constituée de 18kg d'explosif à fragmentation.

Propulsion [modifier]

L'AIM-120A et l'AIM-120B sont équipés d'un moteur-fusée à carburant solide leur permettant d'atteindre la portée de 75km et la vitesse de Mach 4. L'AIM-120C quant à lui, possède un moteur plus gros pour atteindre 110km. Peu d'informations sont disponibles sur ce moteur, dont la dénomination officielle est WPU-6/B pour les versions AIM-120A/B et WPU-16/B pour l'AIM-120C.

Versions [modifier]

- YAIM-120A : Programme initial pour un missile de moyenne portée à guidage actif;
- AIM-120A : Première version;
- AIM-120B : Système de guidage WGU-41/B;
- AIM-120C : Ailerons raccourcis, guidage WGU-44/B;
- AIM-120C4 : Charge militaire WDU-41/B;
- AIM-120C5 : Charge militaire WDU-41/B, propulsion WPU-16/B, 110km de portée;
- AIM-120C6 : Nouveau système de déclenchement;
- AIM-120C7 : Amélioration de la portée et du guidage, toujours en développement;
- AIM-120D : Recalage [GPS](#) au cours du vol, liaison de données, enveloppe de tir étendue;
- "MIM-120A" : Version sol-air utilisée dans les systèmes NASAAM norvégiens, CLAWS et SLAMRAAM américains.

Vecteurs [modifier]

- [F-4 Phantom Allemagne](#) uniquement
- [Eurofighter Typhoon](#)
- [F-16 Fighting Falcon](#) toutes versions
- [Panavia Tornado](#)
- [AV-8B et Harrier](#)
- [F/A-18 Hornet](#) toutes versions
- [F-15 Eagle](#) versions C, I et S seulement
- [F-22 Raptor](#)
- [Saab JAS 39 Gripen](#)
- Plateforme terrestre NASAMS

Armes du même type [modifier]

- [France](#)
 - [MBDA MICA EM](#)
- [MBDA Meteor](#)
- [Russie](#)
 - [Vympel R-77](#)

Au combat [modifier]

Étant un missile assez récent, peu d'engagements ont eu lieu. Les premiers AIM-120A entraient juste en service lors de la [guerre du Golfe](#), et aucun ne fut tiré. Cependant, dès l'année suivante, le 12 décembre 1992, un [F-16C](#) américain abattit un [MiG-29](#) irakien lors de l'[opération Southern Watch](#). Le 17 janvier 1993 un [MiG-23](#) de même nationalité fut abattu de la même manière alors que le 18 ce fut un [MiG-25](#) qui subit le couple [F-16](#)/AIM-120. Durant la guerre civile en ex-[Yougoslavie](#) des [F-16C](#) américains abattirent un [G-4 Super Galeb](#) (28 février 1994) et un [MiG-29](#) serbes, alors qu'un [F-16A](#) hollandais abattait un second [MiG-29](#). Au moins un AMRAAM a manqué sa cible, ce qui fait un pourcentage de coup au but de très bonne qualité.

Face à ses concurrents [modifier]

MISSILE	EFICACITÉ	COMMENTAIRE
Vympel R-77	-	Tant que la version AIM-120D n'entre pas en service, un Su-35 équipé de l'excellent Vympel R-77 a toute les chances d'abattre un pourtant très bon F-15 équipé d'AIM-120. Le missile russe étant plus rapide, plus maniable avec une portée supérieure de 50%.
MBDA MICA ER	+	Le MICA ER, bien que très bon en combat rapproché, se révèle plus limité que l'AIM-120 surtout dans sa version C5 en raison de sa portée de 60km seulement. Cependant, à l'heure actuelle, les règles d'engagement exigeant une identification visuelle, la portée maximale est rarement utilisée.
MBDA Meteor	=	Bien qu'encore en développement, le Meteor semble être un bon équivalent des versions longue portée de l'AIM-120, avec l'avantage d'une vitesse supérieure due a sa propulsion par statoréacteur .

Vympel R-77

Mission

Le russe R-77 est un [missile air-air](#) à moyenne/longue portée et guidage radar actif. Il est capable d'abattre tout type d'engin volant à très basse altitude jusqu'à 25000m avec une portée allant jusqu'à 175km pour la version R-77M1. C'est actuellement le missile de [supériorité aérienne](#) le plus évolué au monde. Même s'il surclasse l'[AIM-120 AMRAAM](#) dans plusieurs domaines, il est surnommé *AMRAAMski* pour sa ressemblance plus sur le profil d'utilisation que sur l'esthétique.

Développement [modifier]

Le développement du **R-77** débuta en 1982. Il était considéré comme très secret, puisque c'était le premier missile "tire et oublie" d'emploi général, aussi bien pour lutter contre des chasseurs tactiques que des bombardiers stratégiques ou même des hélicoptères volant à très basse altitude. D'après Gennadiy Sokolovski, Design Bureau General Designer de la société [Vympel](#), il aurait aussi des capacités antimissiles. Le développement s'est passé assez vite et bien, mais l'écroulement de l'[Union soviétique](#) retarda son entrée en service jusqu'en 1994. Depuis, c'est le missile air-air moyenne portée standard pour les [MiG-29](#) et [Su-27](#). Il est également offert à l'export puisque la [République populaire de Chine](#) et le [Pérou](#) viennent de s'en équiper.

En 2000, est lancé le développement de la version **R-77M1** au capacités très supérieures. Quittant le moteur fusée classique pour ce type de missile, il reçoit un [statoréacteur](#) augmentant légèrement sa vitesse et son accélération, et doublant pratiquement sa portée (175km)!

Dans les projets d'évolution, on trouve une version **R-77E**, qui serait équipé d'un accélérateur à poudre afin de lui donner encore plus d'allonge, mais également afin d'en faire un [missile sol-air](#) de défense aérienne.

Construction

Guidage

Le R-77 est équipé d'un système de guidage autonome. Comme son concurrent principal [AIM-120 AMRAAM](#), il est tiré en direction d'une cible éclairée par le [radar](#) de l'avion tireur. Une fois tiré, il continue sa trajectoire en [navigation inertielle](#) avec mise à jour par le [radar](#) du lanceur, puis une fois à portée il active son propre radar et se dirige sur sa cible. Le système serait très résistant au brouillage, cependant en cas de brouillage, il passe en mode passif et se guide sur l'origine de l'émission. Une version a guidage [infrarouge](#) serait également en développement.

Contrôle

C'est une des grandes forces du R-77. Son système de guidage est révolutionnaire. Il abandonne les classiques ailerons de son homologue [AIM-120 AMRAAM](#) et adopte à la place 4 dérives fixe au milieu du fuselage et des "grilles" repliables et orientables en lieu et place des ailerons arrières. La maniabilité obtenue grâce au couplage de ces grilles et de la [tuyère vectorielle](#) de son moteur le rende très difficile à éviter. Mais ce système présente toutefois un inconvénient. Les grilles étant de très bon réflecteurs [radar](#), il serait aisément repérable. Les versions R-77M1 R-77E troquent les dérives de mi-fuselage contre 4 entrées d'air pour alimenter le [statoréacteur](#).

Charge militaire

La charge militaire du R-77 est composée de 30kg d'explosif à fragmentation. C'est un gros avantage sur l'[AIM-120 AMRAAM](#) qui dans ses versions C et D n'en emporte que 18kg. Cette forte charge le rends très efficace contre les cible de grosse taille (Avions de transport, de ravitaillement, AWACS...) mais aussi très dangereux, de part le souffle créé, envers les appareils plus petits, type hélicoptères. La mise à feu a lieu grâce à une fusée à détection de proximité par [Laser](#).

Propulsion

La propulsion de la version de base R-77 est confiée à un moteur fusée à carburant classique. La version R-77M1 troque ce moteur fusée contre un [statoréacteur](#) lui offrant un portée beaucoup plus grande. La future version R-77E combinera ces deux modes de propulsion afin d'aller encore plus loin.

Versions

- R-77: version initiale
- R-77M1: version très améliorée, propulsion par [statoréacteur](#), portée 175km
- R-77E: version en développement, accélérateur à poudre, portée supérieure à 200km, possible version Sol-Air.

Vecteurs

- [Russie](#)
 - [MiG-21](#)
- [MiG-23](#)
- [Su-27](#) et dérivés Su-33, Su-34, Su-35, Su-37
- [MiG-29](#) et dérivé MiG-33
- [MiG-31M](#)
- [Tu-160](#) pour l'autodéfense. Notez qu'un projet de développement d'une version du [Tu-160](#) devait servir de plateforme de lancement d'un grand nombre de R-77 pour intercepter les avions cargo reliant les [USA](#) et l'[Europe](#).
- [Yak-141](#)

Armes du même type

- [États-Unis](#)
 - [AIM-120 AMRAAM](#)
- [AIM-54 Phoenix](#)
- [France](#)
 - [MBDA MICA EM](#)
- [MBDA Meteor](#)

Au combat

Aucune information disponible.

Face à ses concurrents

Face à un appareil équipé d'[AIM-120 AMRAAM](#), un [Su-35](#) a toutes les chances d'emporter le combat. Le R-77, surtout dans sa version M1 étant plus maniable, plus rapide et disposant d'une portée supérieure. Contre un appareil équipé de [MICA ER](#), l'avantage serait encore plus flagrant étant donné la différence de portée. Il est trop tôt pour pouvoir le comparer au [Meteor](#).

R-77 / AA-12 Adder

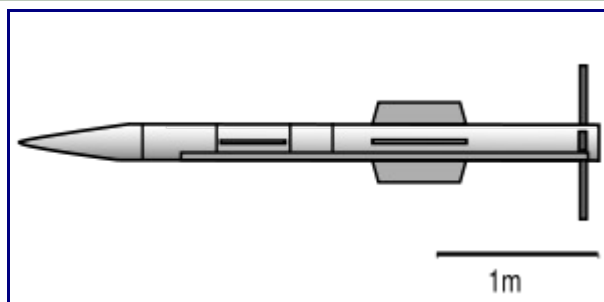


Mission	Missile air-air à longue portée
Constructeur	Vypel
Mise en service	1994
Retrait	
Investissement	
Coût unitaire	environ 100 000 US Dollar
Nombre construit	

Propulsion

Motorisation	
Nombre	
Type	Fusée (R-77) / Statoréacteur (R-77M1)
Puissance unitaire	
Carburant	carburant solide (R-77)

Dimensions



Envergure	(R-77) 0.35 m
Longueur	(R-77) 3.60 m
Diamètre	(R-77) 0.2 m
Masse	(R-77) 175kg /(R-77M1) 226 kg

Performances

Vitesse maximale	km/h (Mach 4+)
Plafond	25000 m
Portée	(R-77) 90 /(R-77M1) 175 km
Portée	Nm
Facteur de charge	60g

Avionique

MICA

MICA (missile d'interception, de combat et d'auto-défense)



Fonction	Missile air-air à moyenne portée
Constructeur	MBDA
Coût à l'unité	
Déploiement	1996 (MICA radar) et 2000 (MICA infrarouge)

Caractéristiques

Moteur	moteur fusée à carburant solide
Masse au lancement	112 kg
Longueur	3,1 m
Diamètre	0,160 m
Envergure	0,560 m
Vitesse	Mach 4
Portée	de 500 m à 100 km (plutôt entre 60 et 80km)
Altitude de croisière	jusqu'à 11 000 m
Charge	12 kg d'explosif
Guidage	Inertiel, radar actif ou infrarouge passif suivant les versions
Précision	
Fusée	Fusée de proximité, impact
Plateforme de lancement	Dassault Mirage 2000 , Dassault Rafale

Le missile **MICA** (abréviation de « missile d'interception, de combat et d'auto-défense ») a été conçu pour remplacer à la fois le [Super 530D](#) (moyenne portée) et le [Matra R550 Magic II](#) (courte portée) équipant les [Mirage 2000](#) et pour équiper le futur [Rafale](#). Il est fabriqué par la société [Matra](#), aujourd'hui fusionné dans [MBDA](#), filiale d'[EADS](#) spécialisée dans les [missiles](#).

Il est caractérisé par une très grande maniabilité grâce à son système de poussée dirigée et à ses gouvernes aérodynamiques. Il est de type [tire et oublie](#) qui, comme son nom l'indique, permet au pilote de se concentrer sur d'autres menaces, au contraire des missiles de précédentes générations qui nécessitaient un guidage de l'avion tireur. Il est étudié pour générer une faible traînée aérodynamique.

Le MICA existe en deux versions : à guidage électromagnétique actif ([radar](#)) (**Mica EM**) et à guidage infrarouge (**MICA IR**).

MBDA a en projet une version navale et terrestre du MICA dénommée VL-MICA (*Vertical Launch MICA*) destinée à la défense de zone.

AIM-132 ASRAAM

L'AIM-132 ASRAAM (Advanced Short-Range Air-to-Air Missile)



Fonction	missile air-air
Constructeur	MATRA-BAe Dynamics
Coût à l'unité	> 262000 £
Déploiement	1998

Caractéristiques

Moteur	fusée à carburant solide
Masse au lancement	88 kg
Longueur	2,90 m
Diamètre	160 mm
Envergure	450 mm
Vitesse	mach 3,5
Portée	de 0,3 à 18 kms
Altitude de croisière	
Charge	10 kg d'explosifs à fragmentation
Guidage	guidage inertiel et infrarouge , 128×128 element focal plane array, with lock-on after launch (LOAL)
Précision	
Fusée	laser de proximité ou impact
Plateforme de lancement	avions de combat

L'**AIM-132 ASRAAM** (*Advanced Short-Range Air-to-Air Missile*) est un [missile air-air britannique](#) avancé à courte portée (0,3 km - 18 km) muni d'un système de guidage à infrarouge. Sa désignation courante est *ASRAAM*.

C'est un missile fiable et économique ne nécessitant aucune maintenance.

Il est fabriqué par la société européenne [MATRA-BAe Dynamics](#) et est équipé d'un autodirecteur conçu par la firme américaine [Hugues](#) qui équipe aussi le dernier modèle du missile [AIM-9 Sidewinder](#), l'AIM-9X.

Son montage est identique à celui du [Sidewinder](#), ce qui lui permet d'armer tous les avions occidentaux. L'ASRAAM est entré en service auprès de la [RAF](#) en [1998](#) à bord du [Panavia Tornado](#) et, ultérieurement, sur le [Harrier GR.7](#). Il a également été choisi pour armer l'[Eurofighter Typhoon](#), et par l'[Australie](#) pour ses [F/A-18 Hornet](#)

Meteor (missile)

Meteor BVRAAM	
Fonction	Missile air-air à longue portée
Constructeur	MBDA
Coût à l'unité	N/A
Déploiement	2012
Caractéristiques	
Moteur	Bayern-Chemie fusée + statoréacteur
Masse au lancement	185 kg
Longueur	3,657 m
Diamètre	0,178 m
Envergure	N/A
Vitesse	Mach 4+
Portée	100+ km
Altitude de croisière	N/A
Charge	Explosif brisant/fragmentation
Guidage	Inertiel avec liaison de données en rapprochement, radar actif Alenia-Marconi en guidage terminal
Précision	
Fusée	Proximité et contact
Plateforme de lancement	Typhoon , Rafale , Gripen

Le **METEOR (BVRAAM)** est un [missile air-air](#) longue portée. Ce missile est en cours de développement conjoint entre la [France](#), le [Royaume-Uni](#), l'[Allemagne](#), l'[Italie](#), l'[Espagne](#) et la [Suède](#). Il sera doté d'une zone de non échappatoire nettement supérieure à celle des missiles de même gamme actuellement en service (2004)(Environ trois fois supérieure aux missiles actuellement en service). Il correspond à un besoin de missiles à longue portée pour assurer la suprématie aérienne. À terme, il équipera le [Rafale](#), l'[Eurofighter Typhoon](#) et le [Gripen](#). Les premières livraisons sont prévues en 2010. Il sera propulsé par un [statoréacteur](#) et guidé par [radar](#). Il pèsera 185 kg pour une longueur de 3,657 m et son autoguidage est pratiquement identique à celui du Mica NT.

Le concept du METEOR

Le tir de cibles à très longue distance en guidage radar actif, et avec une NEZ (No escape Zone ou Zone non échappatoire) relativement faible.

La problématique : ce missile doit pouvoir assurer une efficacité de destruction à des distances aujourd'hui encore importantes, de l'ordre de 50NM (entre la cible et l'avion tireur au moment de l'impact). Afin de pouvoir profiter de distances de tir très importantes (de par les performances du missile et notamment du propulseur), le système d'arme doit afficher une grande cohérence d'ensemble :

1. un radar de bord qui doit fournir des informations extrêmement précises afin de guider le missile, dans sa phase guidée tout du moins,
2. des systèmes d'identification des cibles à des distances compatibles avec la portée du missile,
3. une manoeuvrabilité suffisante du missile dans toutes les phases de vol, pour toutes les distances de tir, qui devra lui assurer une probabilité de destruction des cibles réaliste.

La propulsion de ce missile est également un défi technologique important du fait du concept retenu: celui d'un statoréacteur dans sa phase de croisière. Ceci demande une énergie initiale importante et donc la plupart du temps une vitesse minimale de tir importante et proche du Mach. Ceci pourrait être une contrainte d'emploi pour un missile qui se veut un missile tactique de champ de bataille.

Par ailleurs, la taille du missile sera une contrainte quant au nombre de missile que pourra emporter un chasseur. Les probabilités de destruction d'un missile de ce type sont de l'ordre de 50% sur un chasseur classique (de taille et de SER moyenne). Ceci implique qu'un nombre important de points d'emports de missile air/air doit être assuré sur les avions qui devront assurer une mission de défense aérienne.

Le prix du missile en fait un armement peu compatible avec une utilisation "quotidienne".

La solution de missiles plus petits, plus polyvalents, chargeables en plus grand nombre sur un chasseur, plus agiles, mais pour autant aux portées moins importantes, semble mieux convenir au besoin actuel en terme de défense aérienne.

Références : *Air Actualité* n°570 - Avril 2004

Statoréacteur

Le **statoréacteur** (en anglais *ramjet*) est le plus simple des moteurs à réaction, il ne comporte aucune pièce mobile. Il fut inventé par [René Lorin](#) en [1912](#).

Fonctionnement

Le statoréacteur est constitué d'un tube ouvert aux deux extrémités, dans lequel on injecte un [carburant](#) qui se mélange à l'[air](#). Il s'enflamme grâce à un système d'allumage puis la combustion est ensuite entretenue à l'aide de dispositifs appelés "accroches flammes". Le résultat de cette [combustion](#) est la production de gaz chauds en grande quantité, qui s'accélèrent en se détendant dans la [tuyère](#) terminant le réacteur, provoquant une [poussée](#) significative.

Malgré l'apparente simplicité du concept, l'efficacité d'un tel moteur dépend grandement des formes intérieures du « tube ». La première partie, dite entrée d'air, permet de comprimer l'air ([Théorème de Bernoulli](#)) en abaissant sa vitesse. Cette baisse de vitesse s'accompagne également d'un échauffement de l'air. L'air arrive donc dans la chambre de combustion avec une pression et une [température](#) élevées et une [vitesse](#) réduite. Cette zone est dotée en général de plusieurs couronnes d'[injecteurs](#) qui pulvérisent le [carburant](#) et entretiennent la [flamme](#). La forme de cette chambre et la disposition des injecteurs doit assurer la stabilité de la flamme et la qualité de la combustion et constitue la partie la plus complexe à mettre au point. Enfin, comme pour tout autre moteur à réaction, la forme de la tuyère génère la poussée par [détente](#) des gaz brûlés. L'énergie thermique est transformée en énergie cinétique.

Ce moteur a l'avantage de ne comporter aucune pièce mécanique en mouvement. Il a par contre l'inconvénient de ne pas pouvoir fonctionner à vitesse nulle. Il doit donc être couplé à un autre système de propulsion pour atteindre sa vitesse minimale de fonctionnement, ce qui limite considérablement son champ d'application.

Le terme « statoréacteur » désigne usuellement le statoréacteur classique, ou statoréacteur à combustion subsonique. Dans ce type de statoréacteur, la vitesse de l'air dans la chambre de combustion est largement subsonique, de l'ordre de [Mach](#) 0,5. Mais au-delà d'une certaine vitesse extérieure, l'abaissement de vitesse nécessaire devient trop important et l'efficacité du moteur décroît. Cette limite se situe entre mach 5 et 6. Pour résoudre ce problème, la combustion doit s'effectuer en régime [supersonique](#). On parle alors de statoréacteur à combustion supersonique ou [superstatoréacteur](#) ou encore scramjet. Entre mach 3 et mach 6 environ, le statoréacteur classique est le moteur le plus efficace. En dessous de [Mach](#) 3, il devient moins efficace que le [turboréacteur](#) à simple flux.

Domaine d'application

projet américain utilisant un statoréacteur en 1947

Les grandes nations étudient ce système de propulsion avec des succès divers.

Au lendemain de la [Seconde Guerre mondiale](#), on a cru, notamment en [France](#), à l'avenir du statoréacteur. [René Leduc](#) construisait ses avions « [Leduc](#) » qui ne brillèrent guère par leurs performances et se révélèrent difficile à piloter, le statoréacteur supportant mal les changements de taux d'injection. Plus réussi, l'intercepteur à propulsion mixte turbo/stato Nord Aviation 1500 « [Griffon](#) » dépassa mach 2 entre [1957](#) et [1959](#). Mais le développement des turboréacteurs, beaucoup moins contraignants, a mis fin à la carrière du statoréacteur. En 1960, l'Armée de l'Air et l'Us Air Force ont testé

la cible volante française CT41 qui était équipée de deux statoréacteurs et qui pouvait atteindre mach 3,1. Trop rapide pour son temps, aucun avions ne pouvant l'intercepter, ce pour quoi elle avait été conçue, elle fut donc abandonné en 1965. Aujourd'hui, on trouve des statoréacteurs avec accélérateurs à poudre intégrés dans des [missiles](#) supersoniques comme les ASMP.

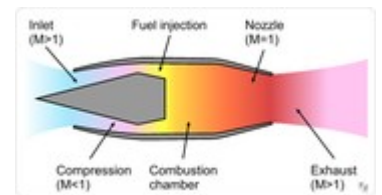
Aux [États-Unis](#), la [NASA](#) et l'[US Air Force](#) ont fabriqué plusieurs appareils fonctionnant avec un statoréacteur dont un [drone](#) de reconnaissance trisonique dans les années 1960. Le [Blackbird](#) utilise des moteurs particulier, qui comprend un turboréacteur entouré d'un statoréacteur, lequel assure une part croissante de la poussée en grande vitesse, un peu comme dans le griffon.

Un moteur du futur ?

Les recherches sur les [superstatoréacteurs](#), qui sont des statoréacteurs à combustion supersonique qui utilisent l'oxygène contenu dans l'air pour la combustion, et non pas dans des réservoirs, comme les fusées, sont prometteuses. Malgré des défauts majeurs (les problèmes thermiques, rendement à hautes vitesses) on espère pouvoir atteindre des nombre de Mach très élevé, de l'ordre de 10. Des concepts proposant d'utiliser successivement un moteur fusée pour une accélération initiale, puis un statoréacteur (combustion subsonique), un superstatoréacteur (combustion supersonique) et



modèle de statoréacteur



enfin à nouveau une fusée pour sortir de l'atmosphère sont étudiés. L'idée générale est d'utiliser l'oxygène contenu dans l'air pendant l'accélération dans l'atmosphère, jusqu'à Mach 10 à 12, pour économiser sur la masse d'oxygène classiquement embarquée par une fusée et donc gagner en masse utile (satellite) que pourrait transporter le système. La validité du concept n'est pas encore démontrée.