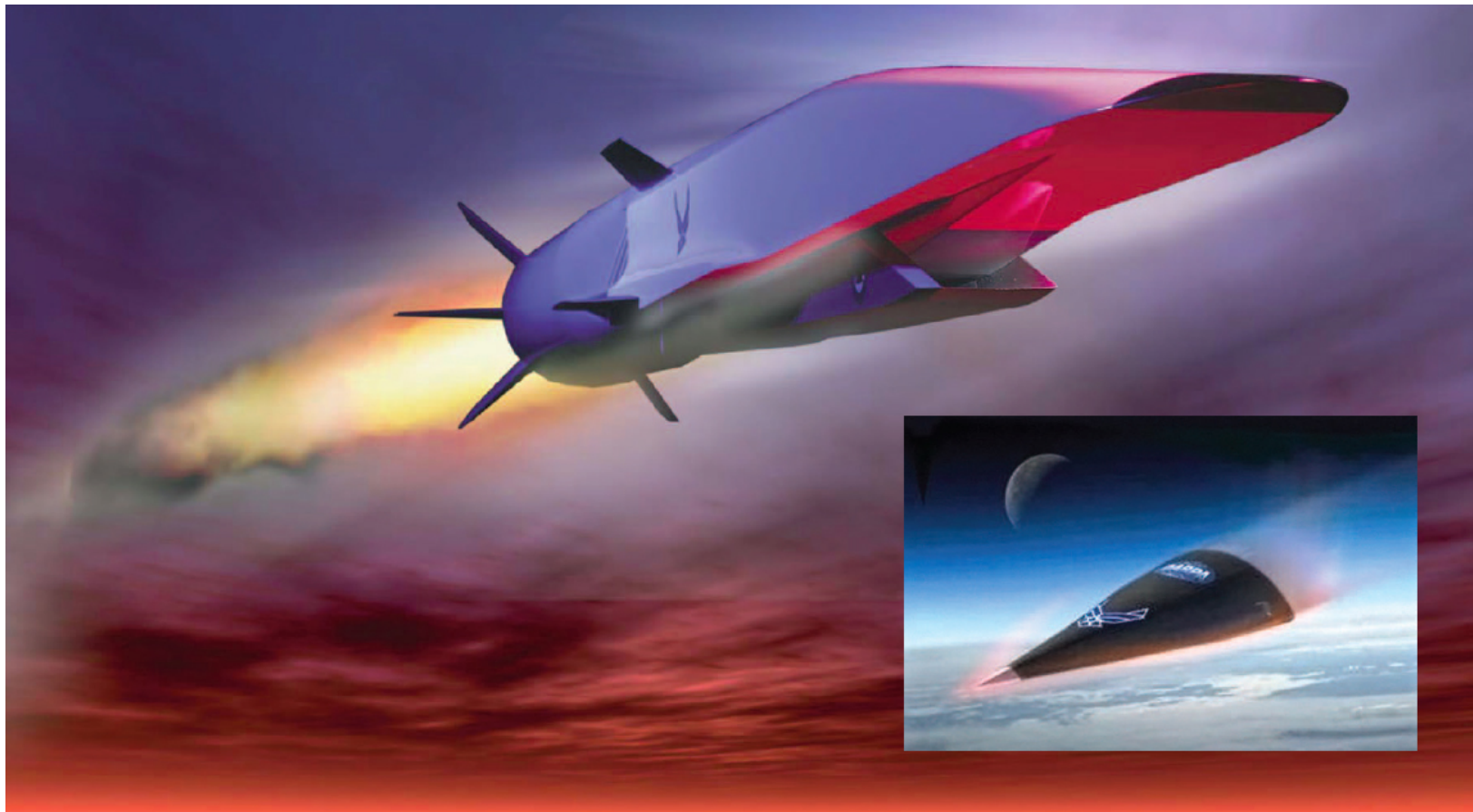




Armi ipersoniche

28 maggio 2019 Alessandro Pascolini

una nuova corsa agli armamenti

Si sta intensificando fra Cina, Russia e Stati Uniti una nuova corsa agli armamenti, questa volta non necessariamente coinvolgente ordigni nucleari, quanto piuttosto di armi “convenzionali”.

Si tratta della militarizzazione della tecnologia dei veicoli ipersonici, sviluppo “naturale” dell’aeronautica superpersonica e necessario per il rientro del veicolo spaziali.



regimi di velocità

- **subsonico: con velocità inferiori a quella del suono nell'atmosfera (Mach 1)**
- **supersonico: velocità fra Mach 1 e Mach 3**
- **ipersonico: velocità superiori a Mach 5 fino a Mach 28 per il rientro da stazioni orbitanti e Mach 36 per rientri da missioni lunari**

Ogni regime ha proprietà fisiche differenti

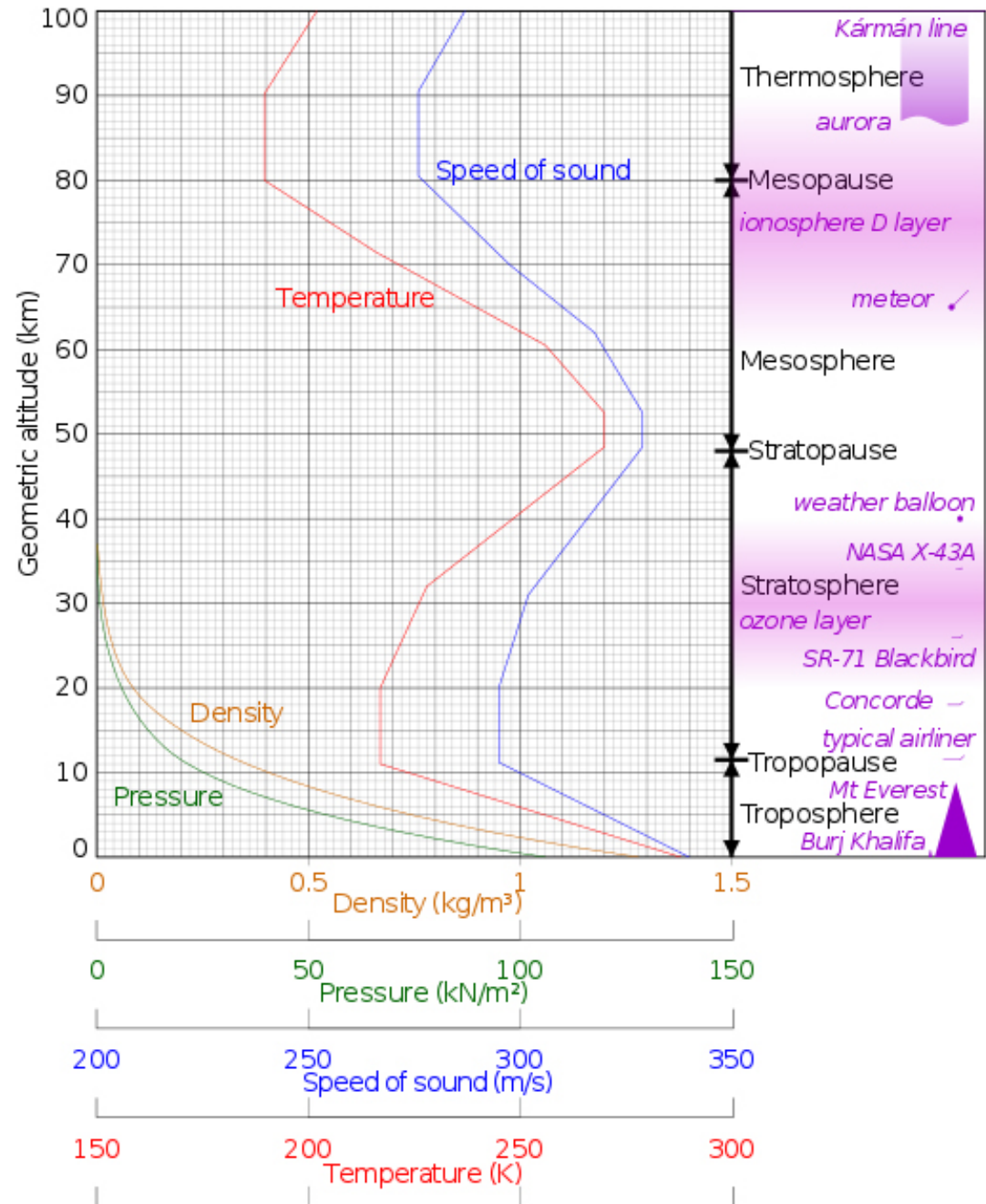
Il regime ipersonico propone problematiche crescenti al crescere della velocità, riguardanti aspetti sia fluidodinamici altamente non lineari, che termici lontani dall'equilibrio con importanti gradienti d'entropia, incluse alterazioni chimiche dell'atmosfera e l'innesco di processi di ionizzazione. Tutti questi fenomeni si acuiscono col quadrato della velocità.

numero di Mach

rapporto fra la velocità del mobile e quella del suono nel gas

c varia come la radice quadrata della temperatura del gas

al di sopra dei 90 km la lunghezza d'onda sonora è analoga al cammino libero medio delle molecole e il numero di Mach non ha senso



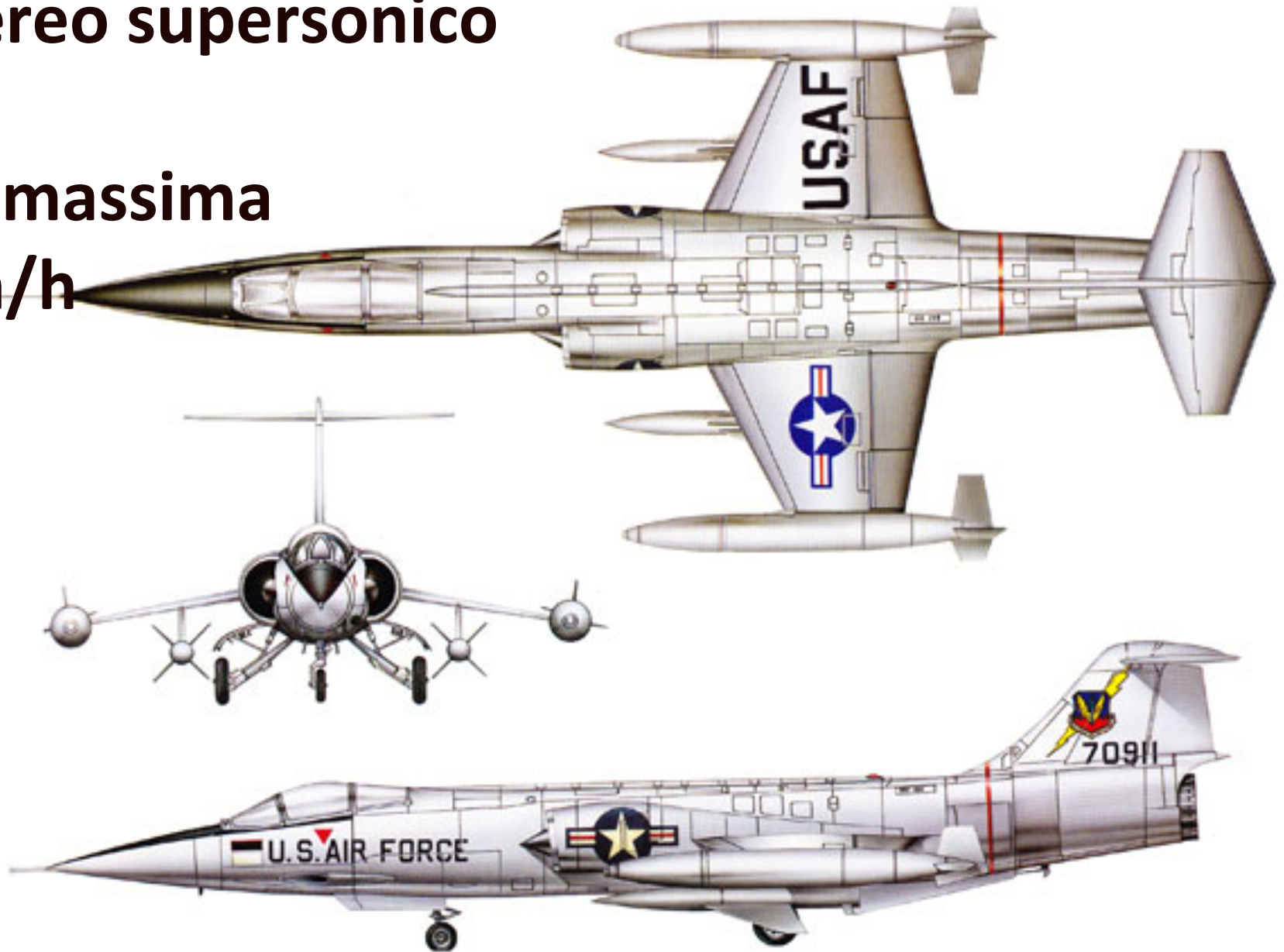
F104

tipico aereo supersonico

anni '50

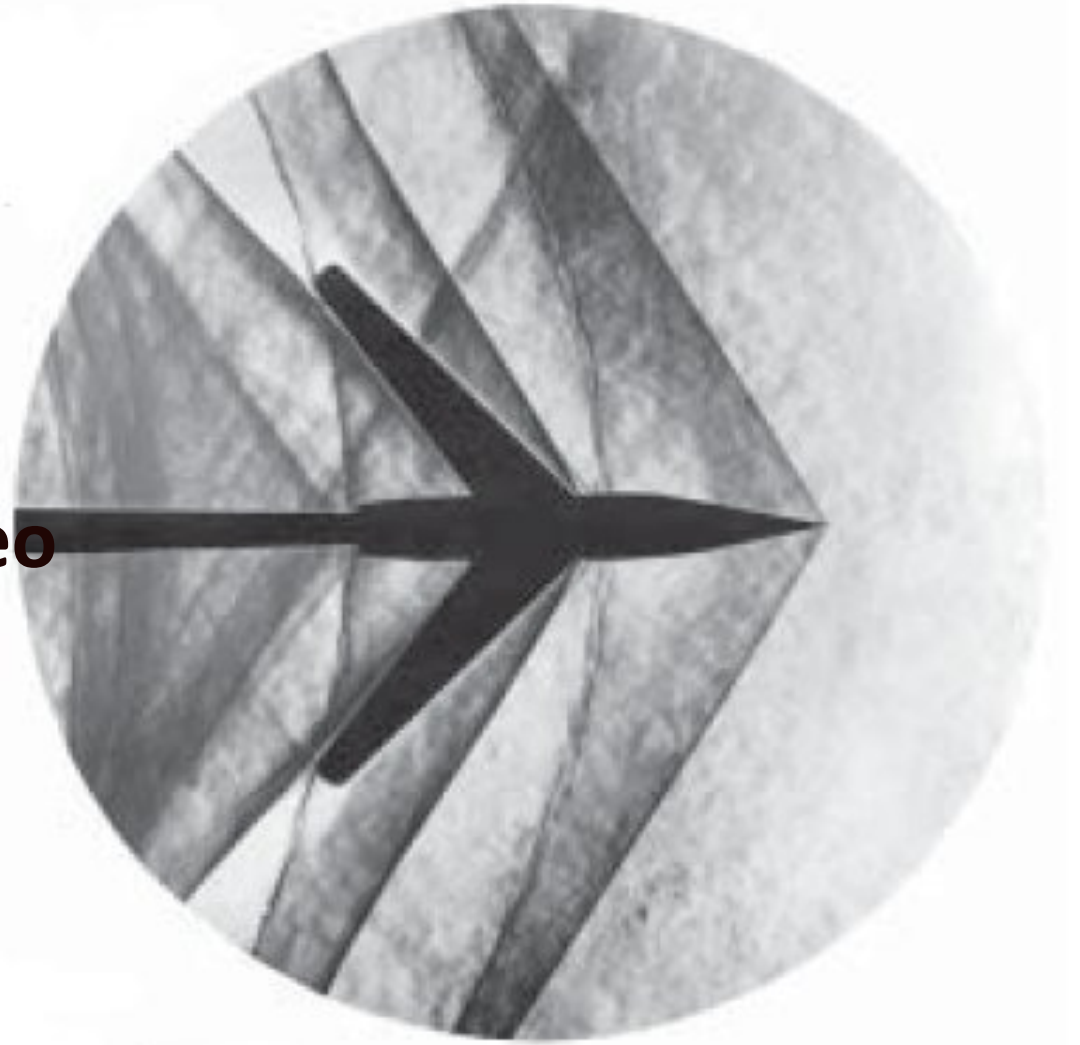
velocità massima

2259 km/h



barriera del suono

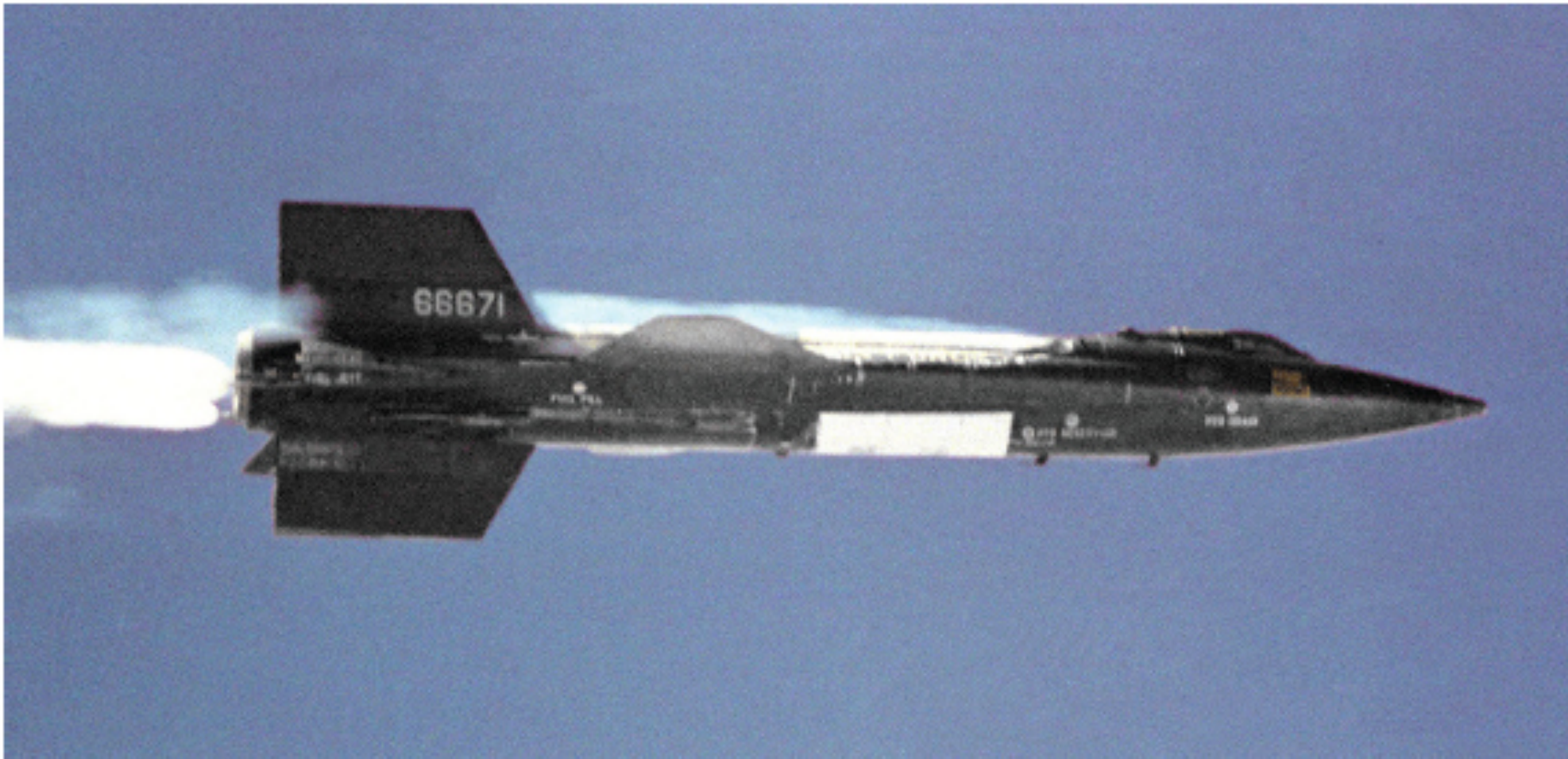
le onde si addensano
di fronte all'aereo e
l'interferenza con l'onda
d'urto generata dall'aereo
genera il "bang"



X15

22 agosto 1963: Mach 7 a 11.620 m di quota

X-15 Hypersonic Test Vehicle



veicoli ipersonici

- i veicoli supersonici hanno dei profili penetranti quasi taglienti
- i veicoli ipersonici hanno degli assetti aerodinamici tali da creare violentissime onde di compressione di grande ampiezza al cui interno variano drasticamente densità, pressione e velocità del fluido (onde d'urto), sulle quali essi planano per lunghissime distanze ricevendo una spinta ascensionale (lift – portanza) che può giungere a far loro compiere “salti” al di fuori dell'atmosfera
 - ▷ per controllare il surriscaldamento il profilo frontale è tozzo

$$Q_{\text{total}} \propto \int (\rho/R_{\text{nose}})^{0.5} v^3 dt$$

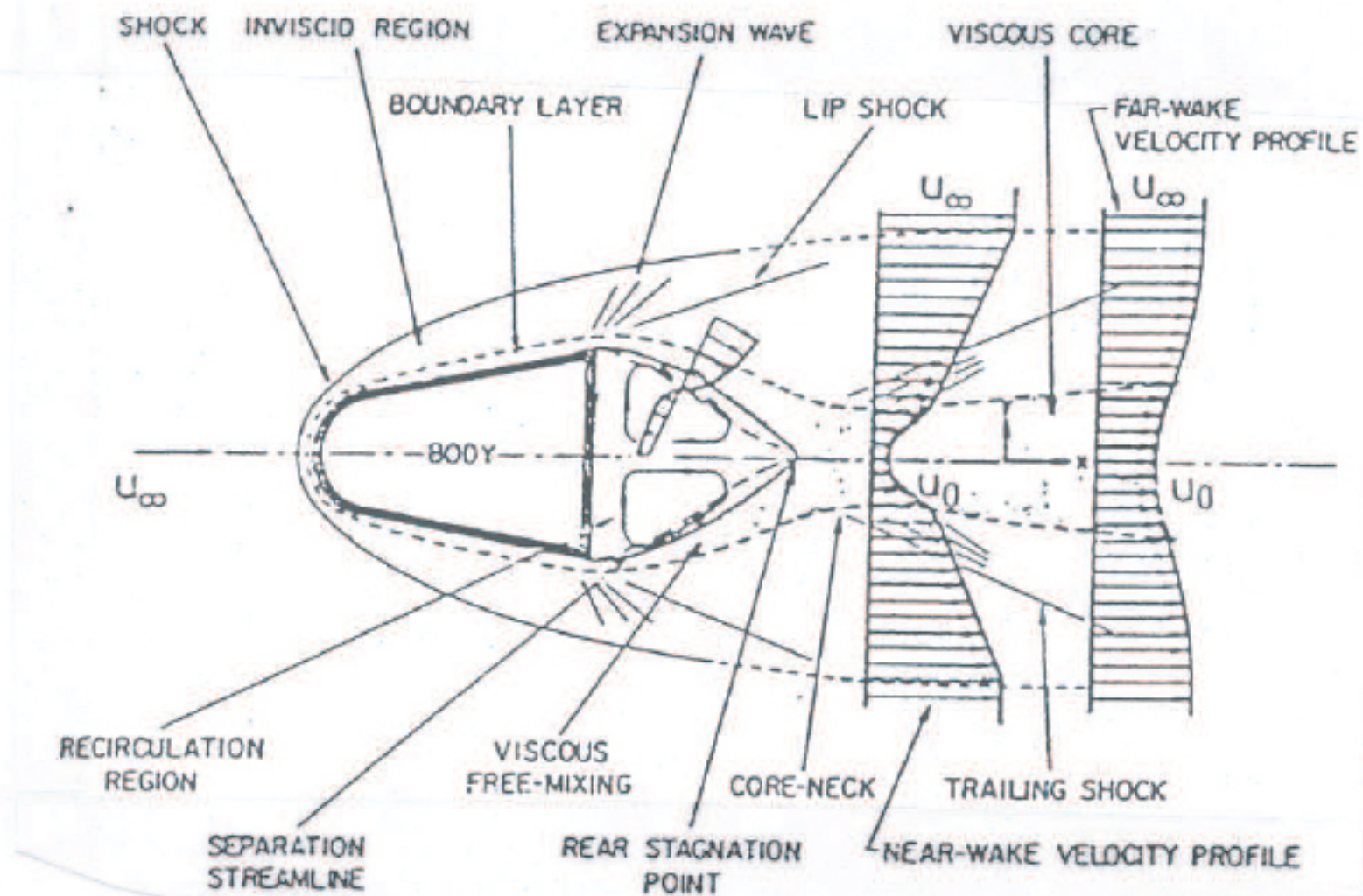


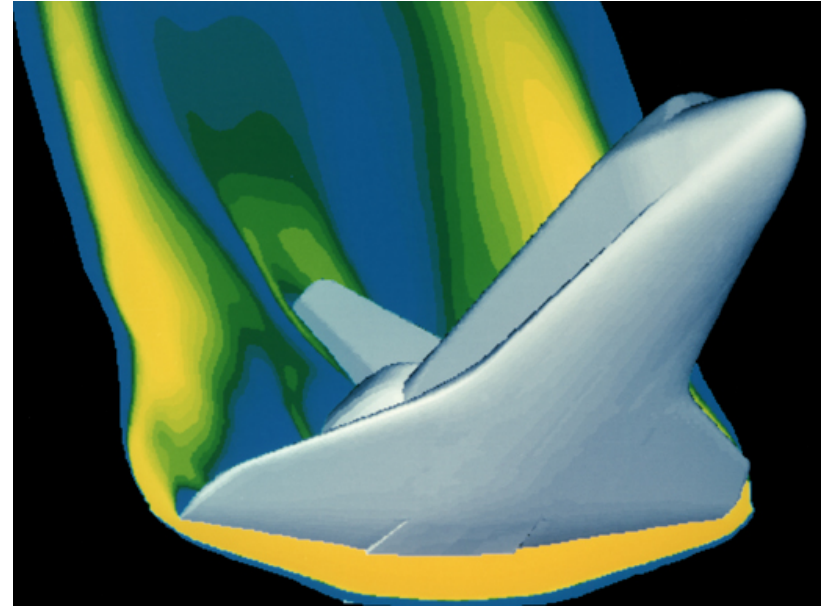
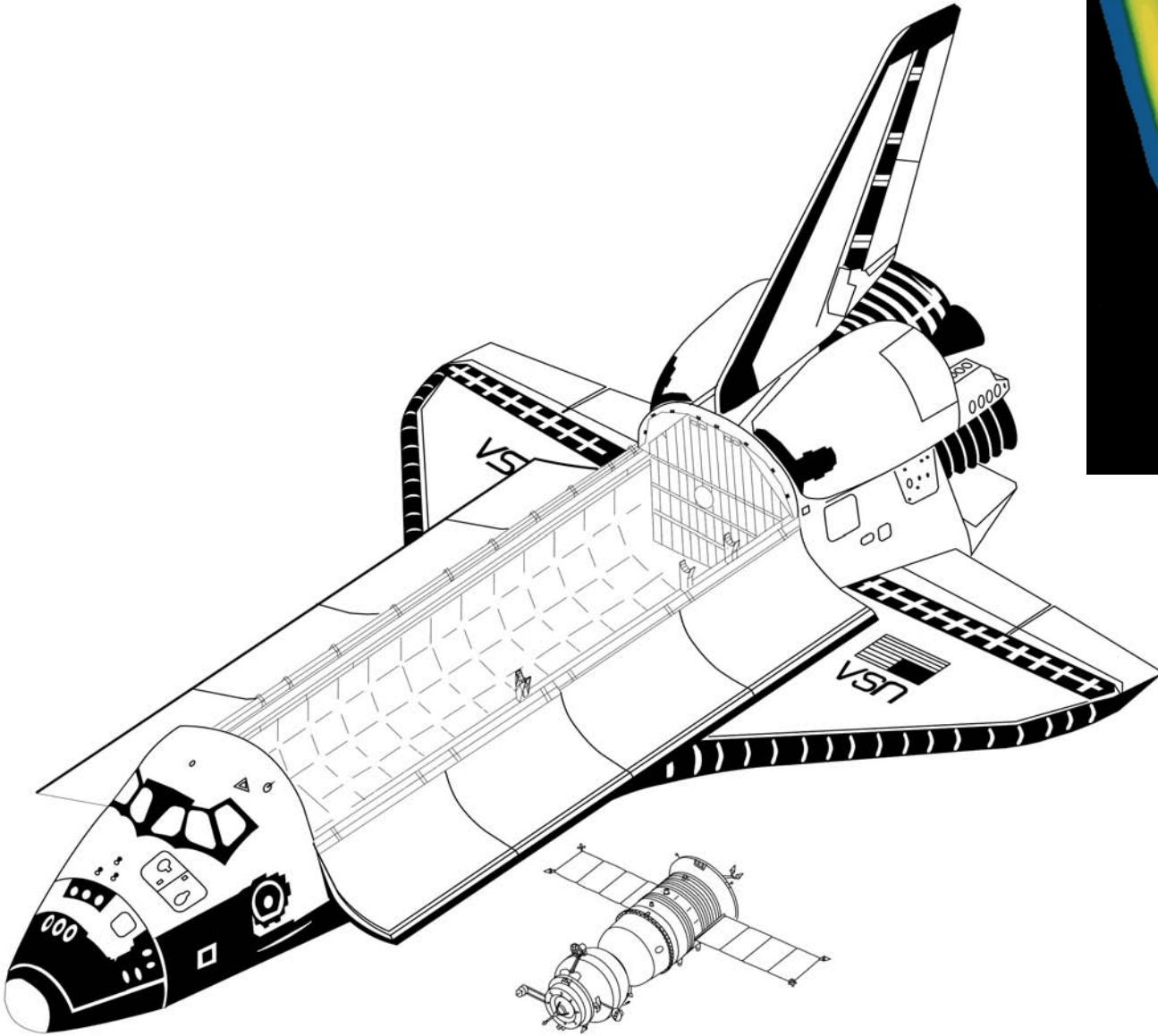
Fig. 1.2 Features of hypersonic flow around a blunt-nosed vehicle.

modello del Vostok1

il 12 aprile 1961 Yuri Gagarin è il primo uomo a sperimentare il volo ipersonico



space shuttle



l'efficienza aerodinamica

il parametro fondamentale per il planaggio e il rallentamento è l'efficienza aerodinamica, il rapporto L/D fra la portanza e la resistenza (drag)

- ▷ il massimo valore di $L/D = 4 + 12/M$**
- ▷ per aerei subsonici ($M < 0,3$) L/D arriva a 15-17**
- ▷ per aerei supersonici $L/D < 4,5$**
- ▷ per veicoli ipersonici $L/D < 2,6$**

per lo space shuttler variava da 1 in regime ipersonico a 2 in fase supersonica e a 4,5 in fase di atterraggio

regimi

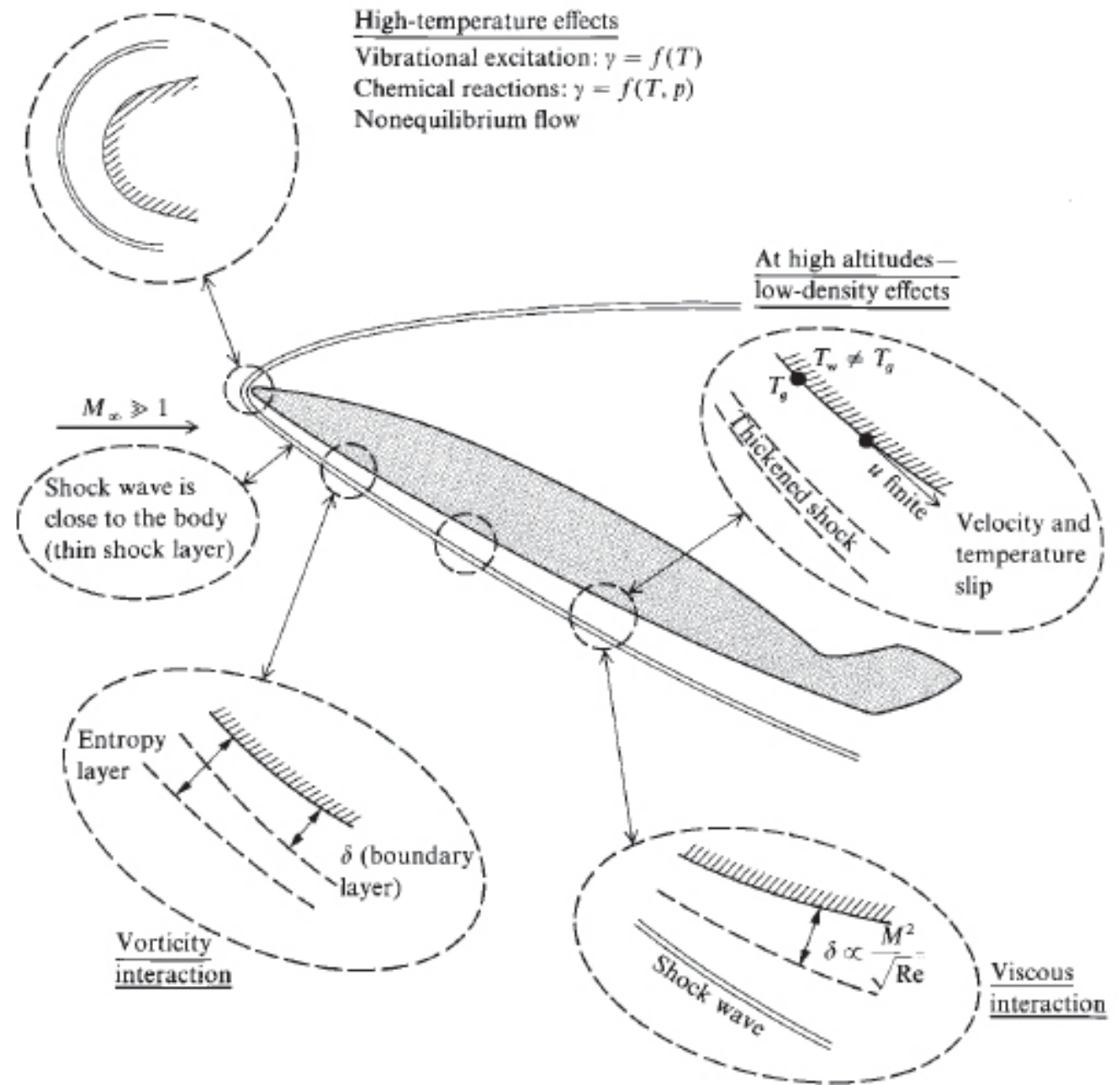
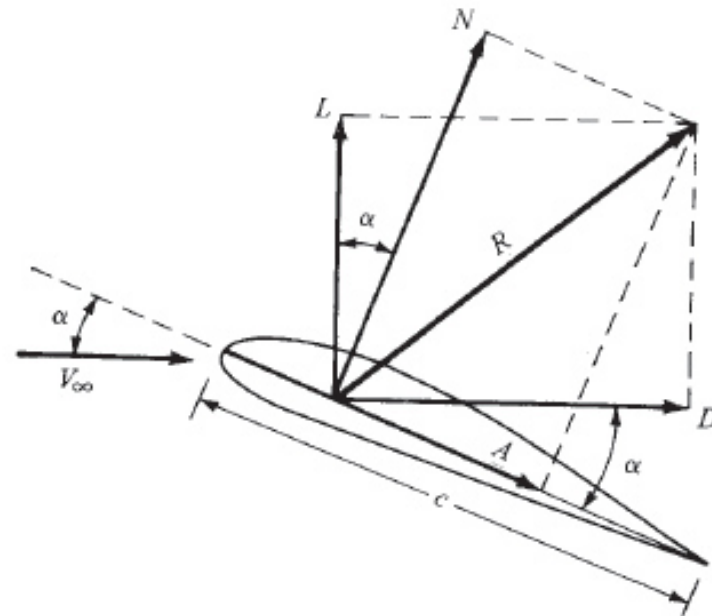
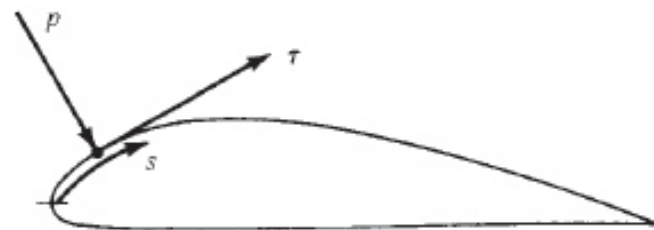


Fig. 1.20 Physical effects characteristic of hypersonic flow.

regimi



a)



$p = p(s)$ = surface pressure distribution
 $\tau = \tau(s)$ = surface shear stress distribution

b)

Fig. 1.21 a) Resultant aerodynamic force and the components into which it splits and b) illustration of pressure and shear stress on an aerodynamic surface.

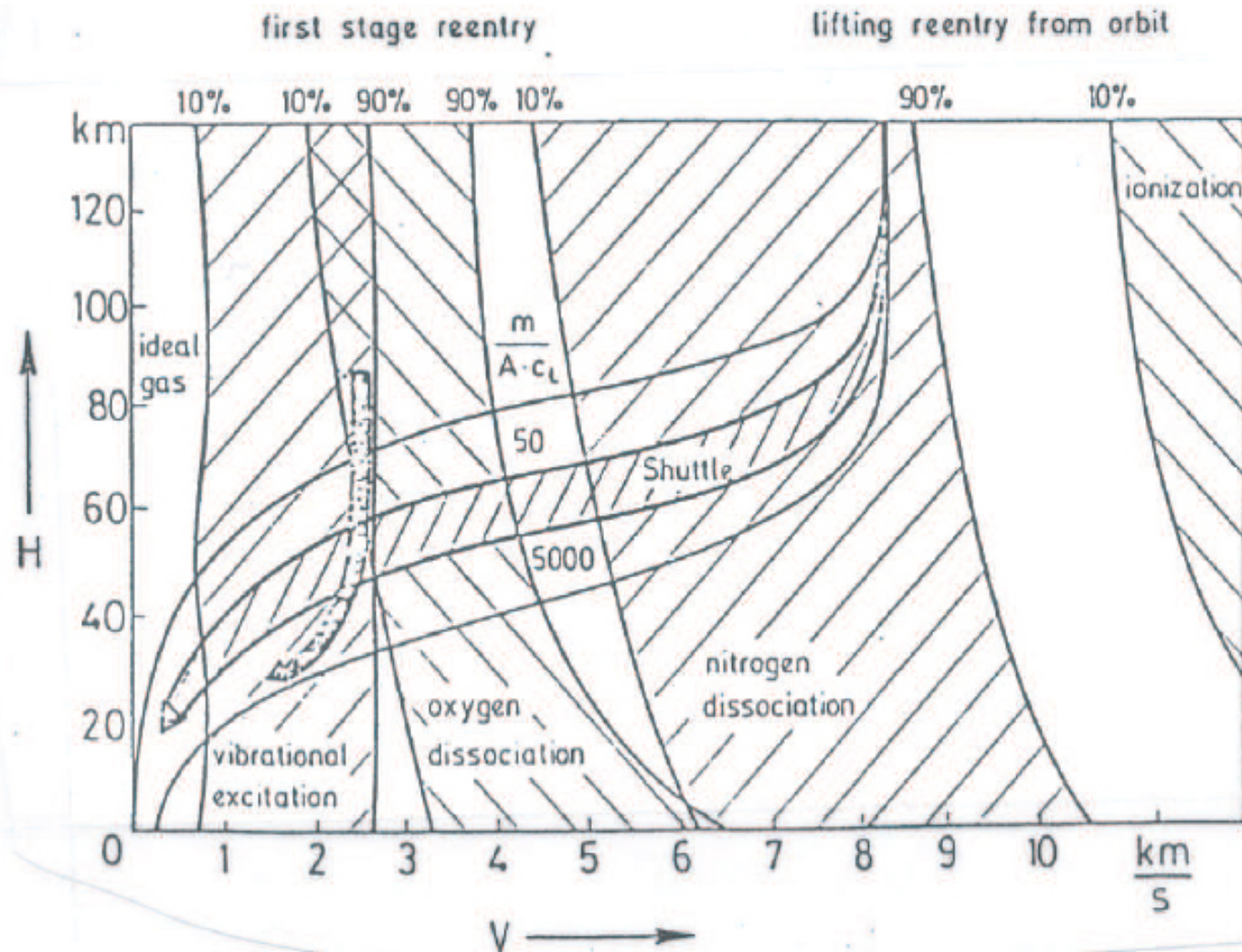


Fig. 1.6 Velocity altitude map for earth re-entry showing different thermochemical regimes.

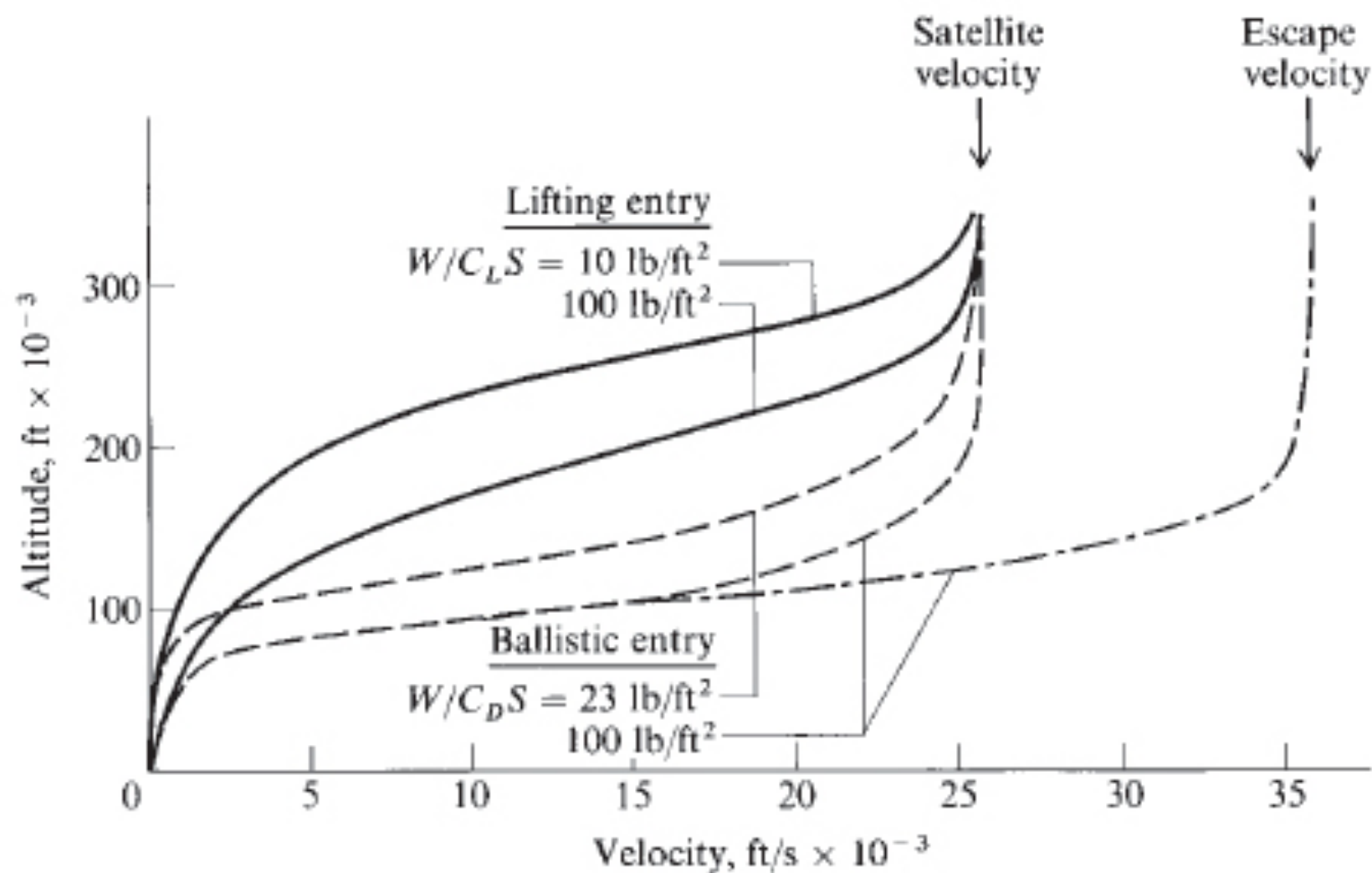


Fig. 1.23 Atmospheric entry flight paths on a velocity-altitude map.

HYPERSONIC AERODYNAMICS

INVISCID FLOWS

Basic hypersonic
shock and expansion
relations

Local surface
inclination
methods

Flowfield
considerations

- Newtonian
- Tangent wedge
- Tangent cone
- Shock-expansion

- Mach number independence
- Hypersonic similarity
- Hypersonic small-disturbance theory
- Blast-wave theory
- Thin shock-layer theory
- Method of characteristics
- The blunt-body problem
- Modern computational approaches; Euler equations

VISCOUS FLOWS

- Basic aspects
- Hypersonic laminar boundary-layer theory
- Hypersonic transition
- Hypersonic turbulent boundary layers
- Reference enthalpy and other approximate engineering methods
- Strong and weak viscous interactions
- Shock-wave/boundary-layer interactions
- Modern computational methods; Navier-Stokes equations

HIGH-TEMPERATURE FLOWS

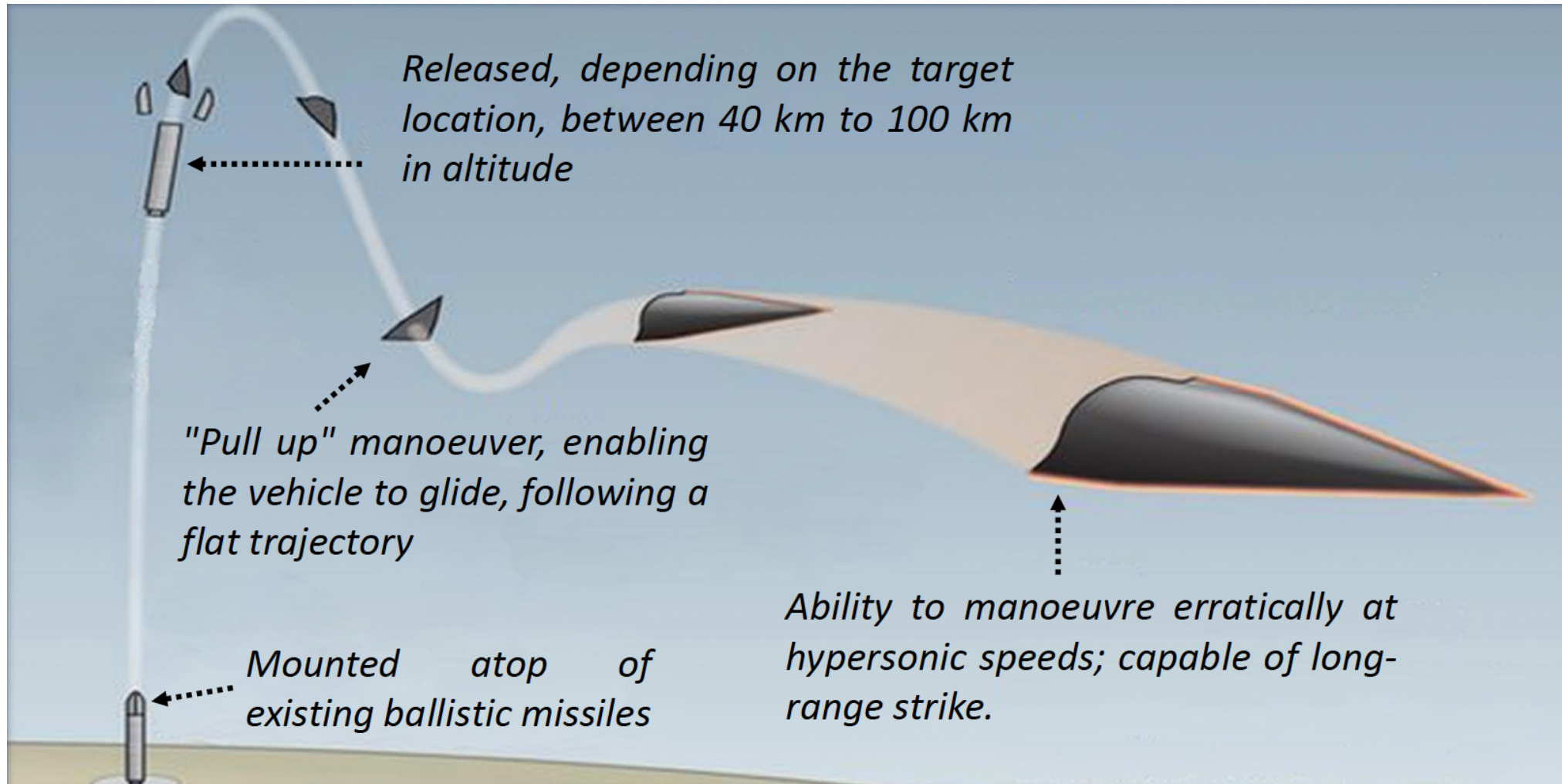
- Basic physical chemistry, including statistical thermodynamics and kinetic theory
- Chemically reacting inviscid flows
 - Equilibrium
 - Nonequilibrium
- Chemically reacting viscous flows
 - Equilibrium
 - Nonequilibrium
- Catalytic wall effects
- Shock-layer radiation

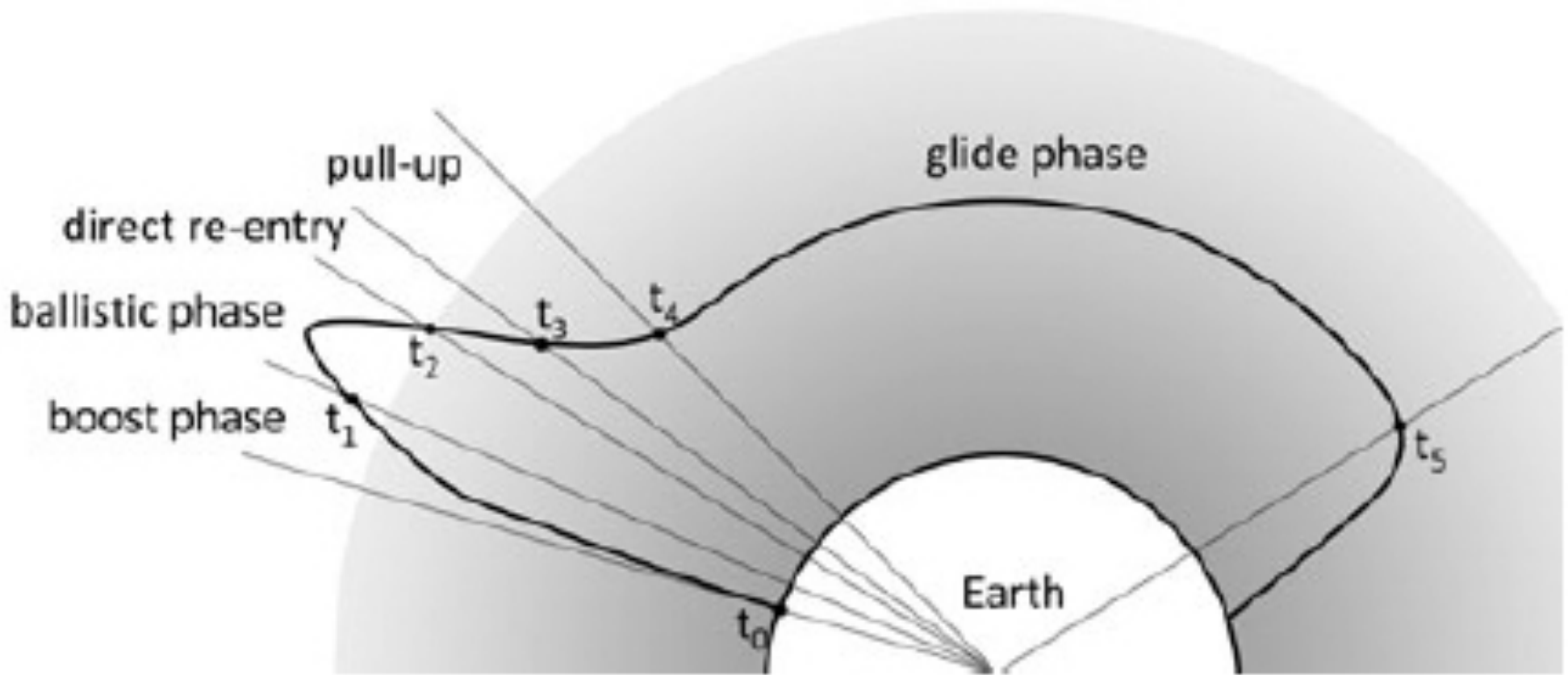
Fig. 1.24 Road map for our study of hypersonic and high-temperature flows.

nuove classi di missili ipersonici

- **veicoli plananti ipersonici (HGV) o *hypersonic boost-glide missile*** lanciati da missili balistici in una traiettoria sub-orbitale rientrano in atmosfera e planano ad alta quota (80–90 km) per 8000–15000 km a velocità di Mach 20 – 25 con la possibilità di manovra verso i loro bersagli
- **missili da crociera ipersonici (HCM)** lanciati da aerei o razzi volano a quote di 20–30 km per 3000–4000 km con motori scramjet per velocità di Mach 5 – 8.
- ❖ **possono avere armamento convenzionale o nucleare**

traiettoria di un HGV



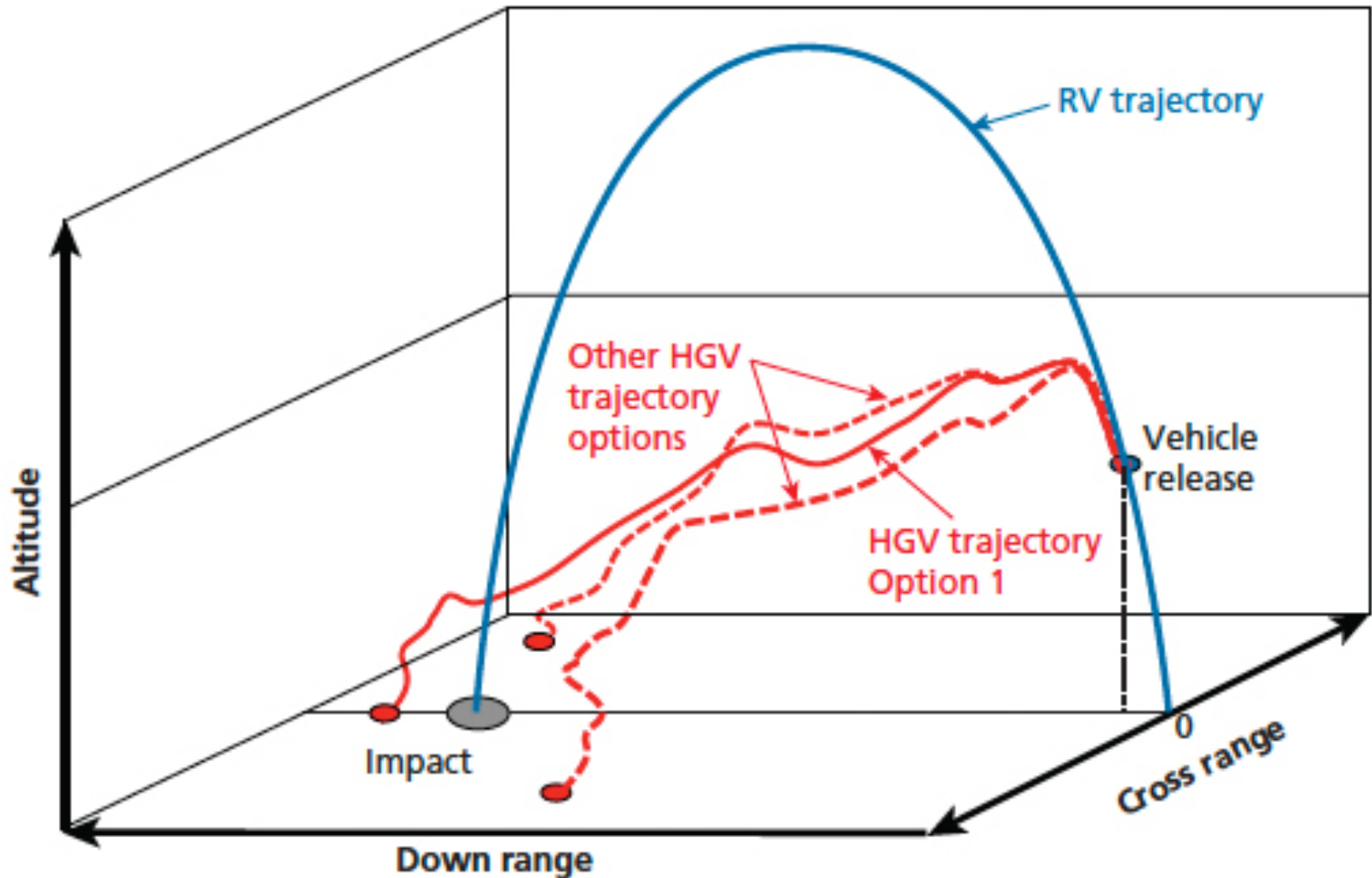


$$I_{\text{GLIDE}} = -\frac{1}{2} R L/D \ln [1 - (v_i/v_s)^2]$$

$$v_s = (g R)^{1/2} \approx 7,8 \text{ km/s}$$

$$\text{per } v_i = \text{Mach } 25 \quad I_{\text{GLIDE}} \approx 10900 \text{ km}$$

traiettorie di missili balistici e armi ipersoniche

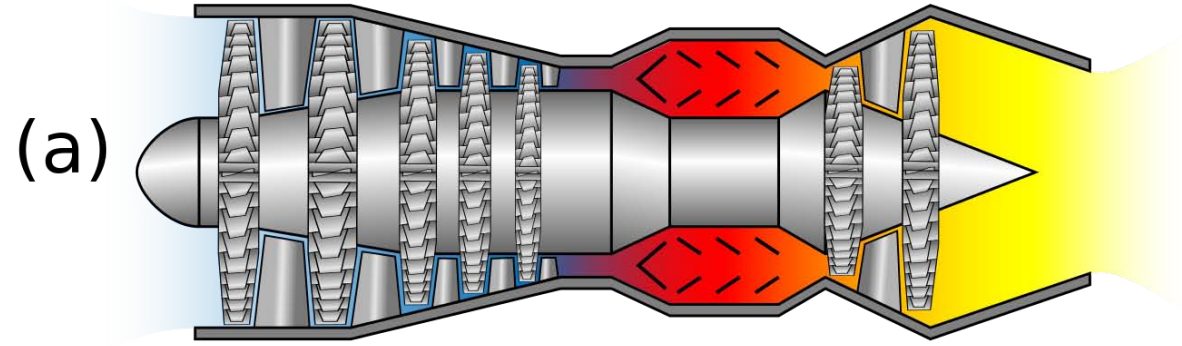


problemi degli HGV

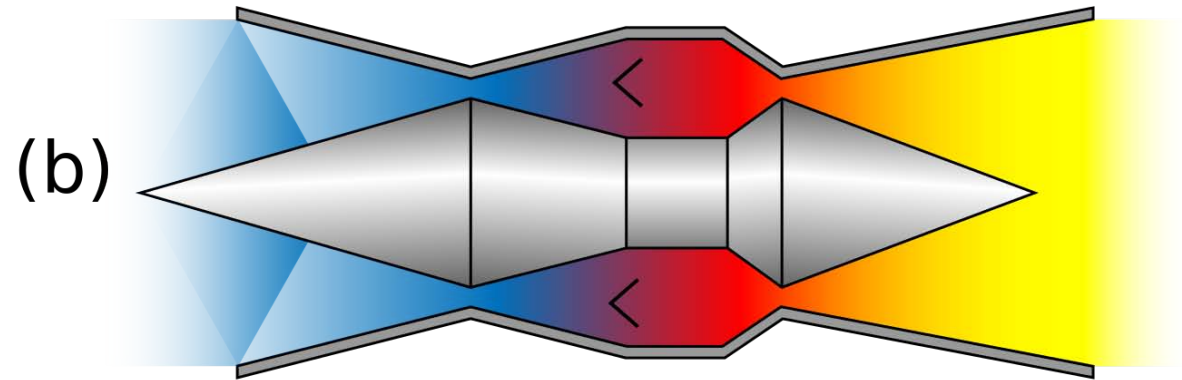
- **il mantimento della stabilità in un regime di planaggio su tempi lunghi, non ancora completamente conosciuto**
- **la dissipazione dell'altissima quantità di calore dovuta alla frizione con l'atmosfera e danneggia il veicolo e interferisce con le proprietà aerodinamiche**
- **assicurare una guida accurata e il controllo della navigazione in modo da raggiungere l'obiettivo con l'alta precisione necessaria per rendere efficace l'impiego di armamenti convenzionali**
 - ▷ **sistemi inerziali non sono sufficienti**
 - ▷ **collegamento al GPS può venir meno a seguito della ionizzazione generata dall'HGV**

motori

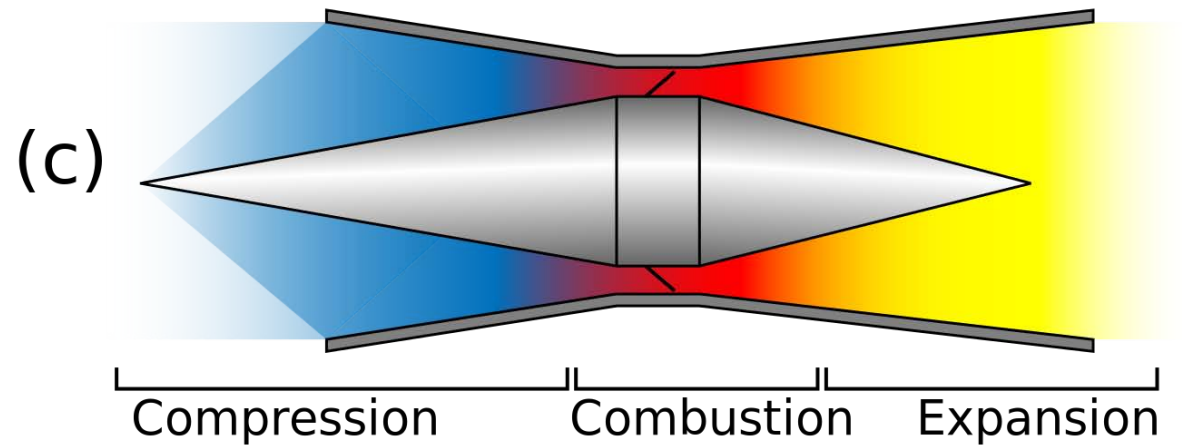
a. turboreattore



b. statoreattore (ramjet)
il flusso incidente
supersonico viene reso
subsonico per la
combustione



c. scramjet ramjet a
combustione
supersonica

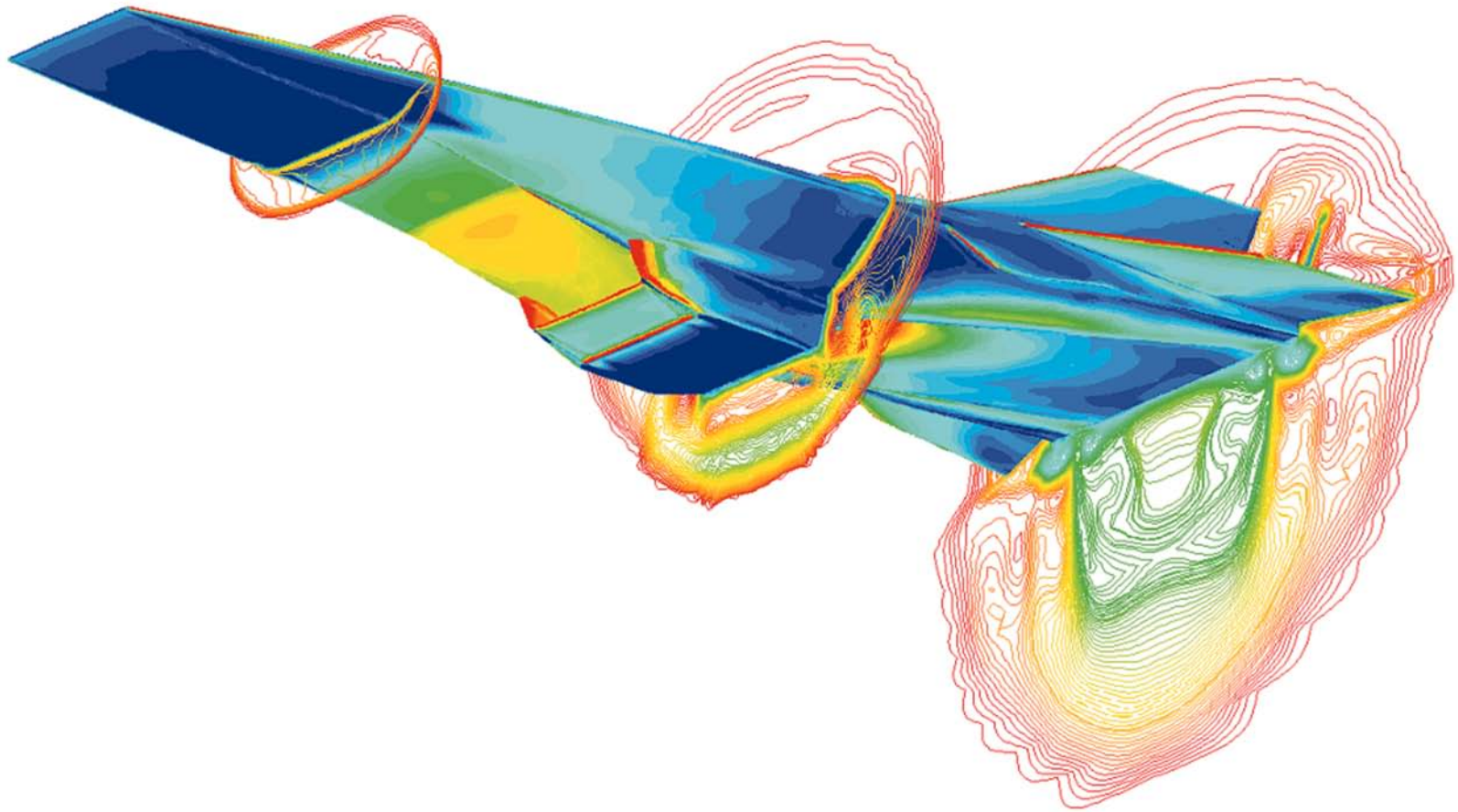


vantaggi degli HCM

- **ampie variazioni di velocità**
- **manovre evasive**
- **possibilità di evitare sorvoli**
- **approccio flessibile al bersaglio**
- **controllo della traiettoria**
- **possibilità di disperdere munizioni su ampia zona**
- **ricerca e attacco di bersagli mobili**
- **ridotto riscaldamento rispetto agli HGV**
 - ▷ **non necessità di materiali speciali**

problemi degli HCM

- **formazione e controllo del flusso dell'aria supersonica per il motore scramjet per assicurare una combustione stabile**
- **le altissime temperature dell'aria che passa nel motore: a Mach 6 il flusso entrante può arrivare a 1500°C e quello espulso a 2400°C**



simulazione fluidodinamica di prototipo di HCM in volo a Mach 7 con motore funzionante

problema comune dei missili supersonici

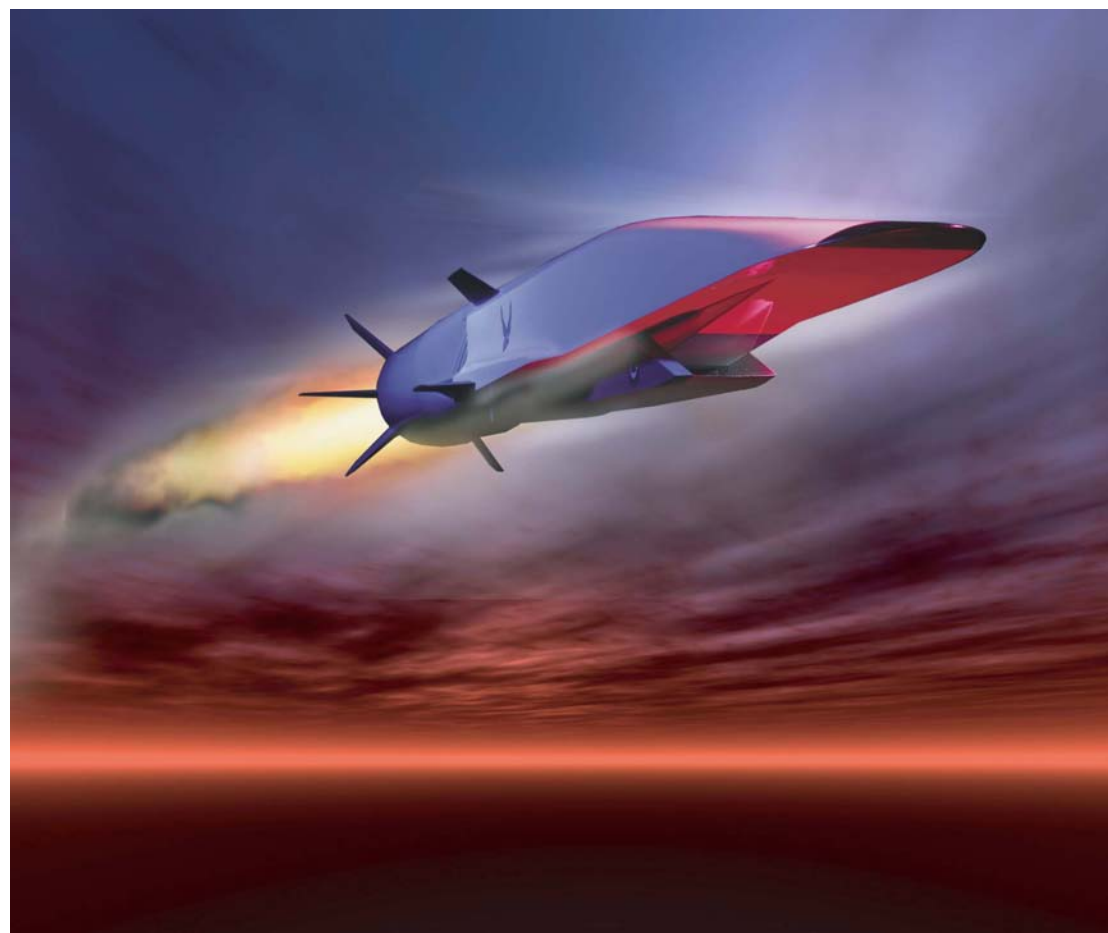
**la necessità di integrare molti complicati
sottosistemi, il fallimento di ciascuno dei quali
comporta il fallimento del sistema globale**

BOING X- 51 Waverider

**prototipo sperimentale
alimentato da scramjet**

**ha raggiunto Mach 5 per
210 s a 21 km di quota
il 1 maggio 2013**

**si avvale della portanza
aerodinamica generata
dalle sue onde d'urto**

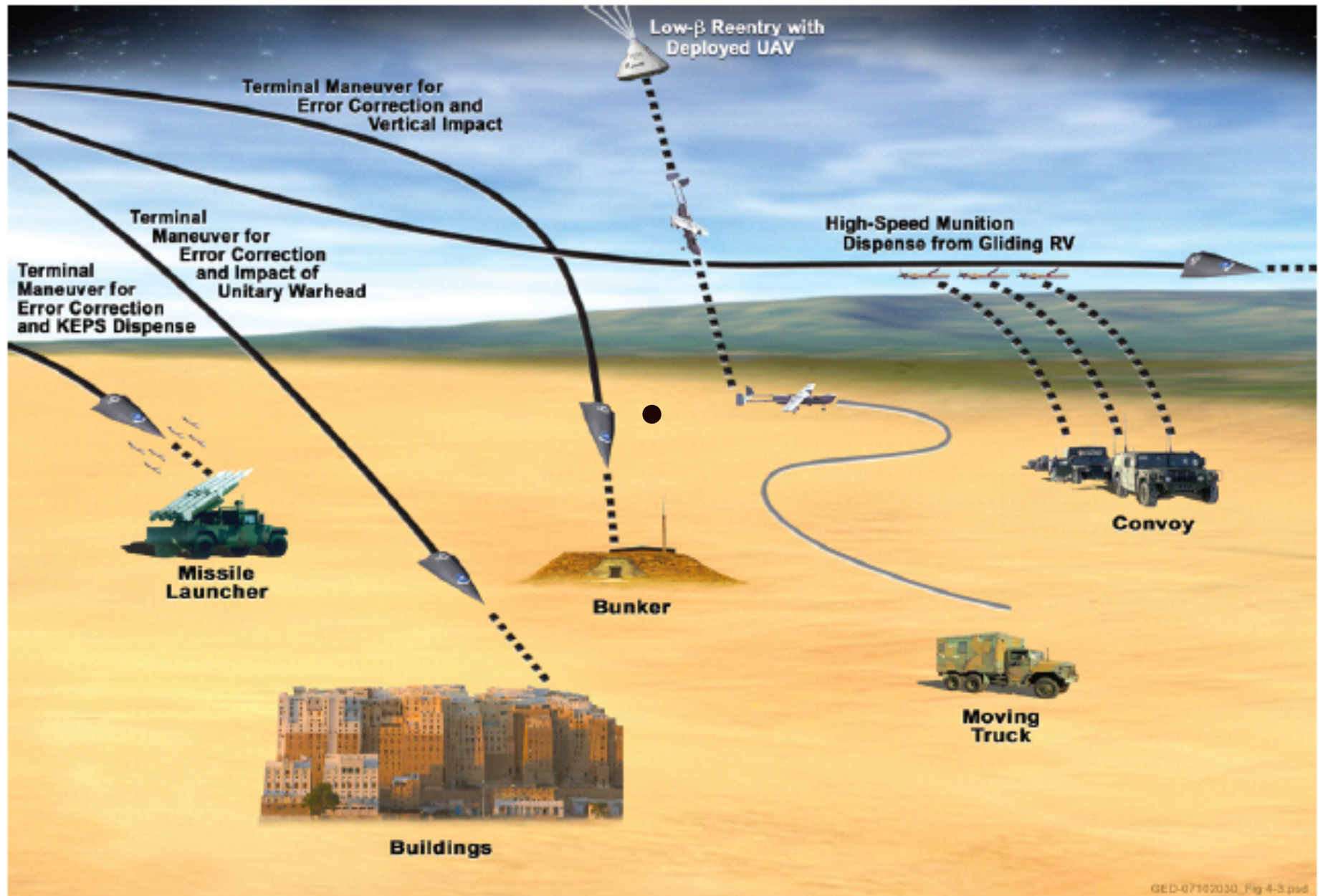


armamenti

- **carico utile indicativo: ≈ 1000 kg per HGV
 ≈ 500 kg per HCM**
- **alto esplosivo (tritonale) contro silo di missili
e siti sotterranei**
- **UAV contro sistemi mobili**
- **proiettili a energia cinetica (KEP): una rosa di cilindretti
di tungsteno da 750 g (freccette d'urto) con l'energia
di 1,5 MJ ciascuno (velocità d'impatto 2km/s)**
- **particelle a energia cinetica: 4000 particelle da 75 g
di energia 150 kJ ciascuna (velocità d'impatto 2km/s)**
- **munizioni veloci da disperdere su obiettivi distribuiti**

*** un proiettile da 20 kJ danneggia gravemente un aereo**

forme d'attacco



punti operativi critici

- **necessità di informazioni estremamente precise sugli obiettivi**
- **mantenimento del comando e controllo**
- **verifica del danno**
- **confronto con l'impiego di mezzi convenzionali**
- **analisi costi/risultati**

bersagli sotterranei

	GBU-57	GBU-28	Boost-glide penetrator
m_p (kg)	13,600	2,075	$1,250 \pm 250$
L_p (m)	6.25	5.824	5.0 ± 0.5
r_p (m)	0.4	0.185	0.16 ± 0.02
$\bar{\rho}_p$ (kg m^{-3})	4,300	3,300	$3,100 \pm 1,200$
m_p/A_p (kg m^{-2})	27,000	19,000	$15,400 \pm 5,600$
v_p (m s^{-1})	480 ± 20	480 ± 20	$1,100 \pm 100$

Table S.2: Properties of three different earth-penetrating weapons: the GBU-57 (Massive Ordnance Penetrator), the GBU-28, and a hypothetical boost-glide delivered weapon. All quantities are

- un HGV può penetrare uno spessore di 30-40 m di cemento, il doppio della GBU
- un HGV può portare non più di 225 kg di alto esplosivo, mentre la GBU ha 2400 kg di esplosivo

contro silo di missili

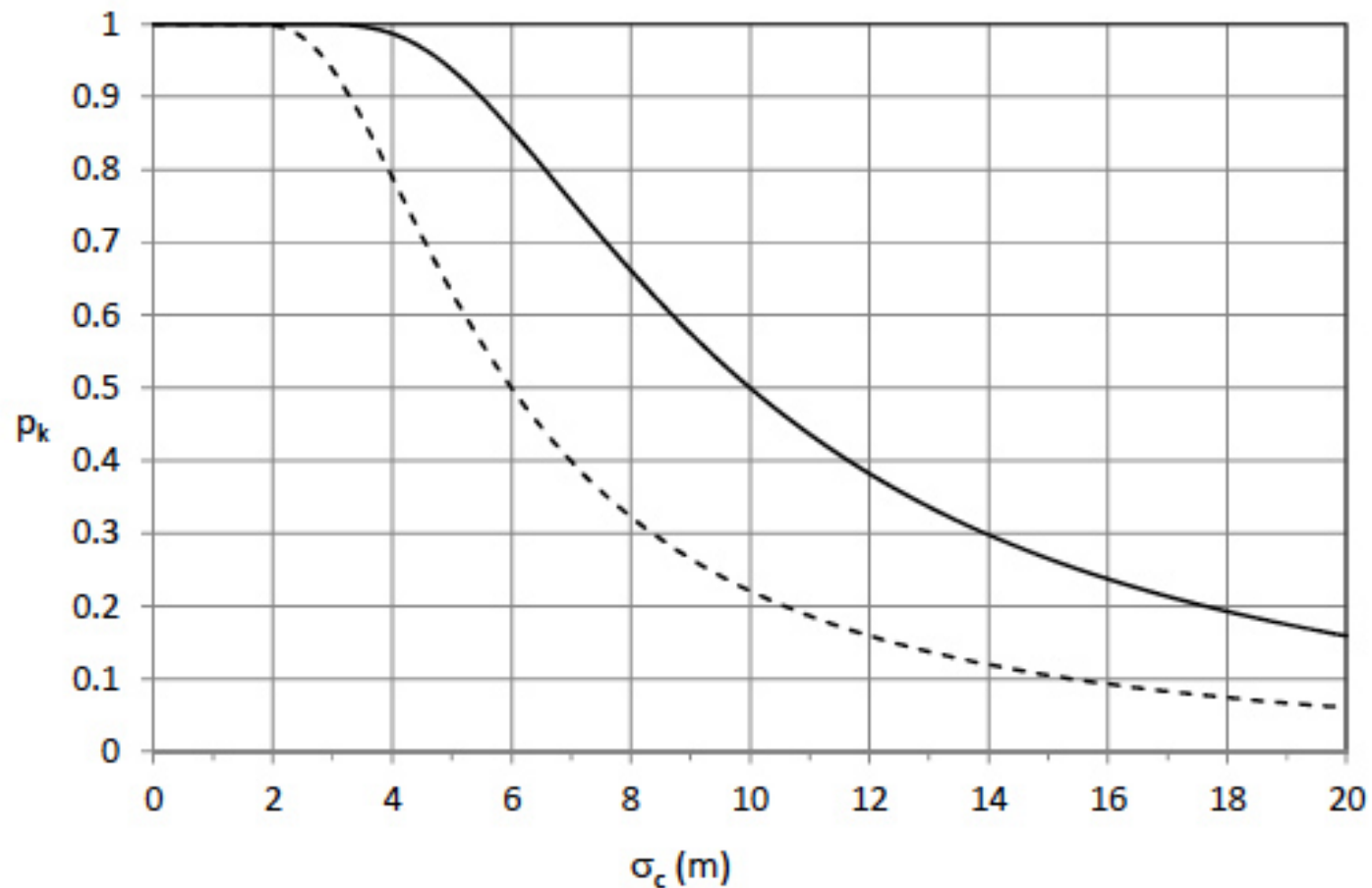


Figure S.1: Plot of kill probability, p_k , against circular error probable, σ_c (in m), for a boost-glide penetrator (dashed line) and the Massive Ordnance Penetrator (solid line) against an SS-18 silo.

attacco a un missile all'aperto con una rosa di particelle

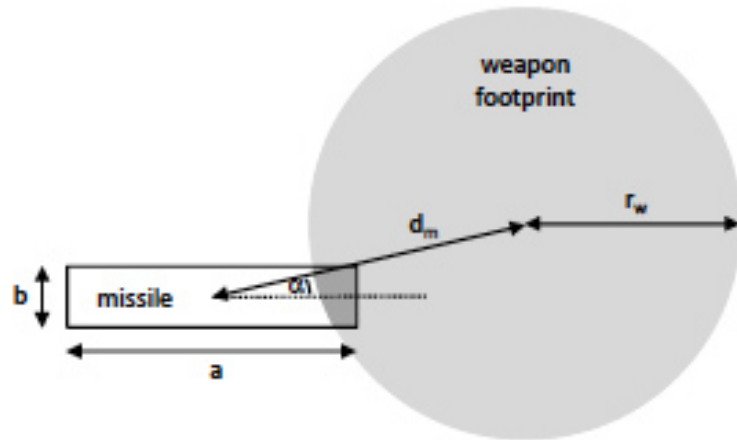


Figure S.2: Schematic diagram of the use of a particle dispersion weapon to attack a mobile missile. The area highlighted in dark gray is the area of overlap between the weapon footprint and the missile, $A_o(r_w, d_m, \alpha)$. Other quantities are defined in the main text.

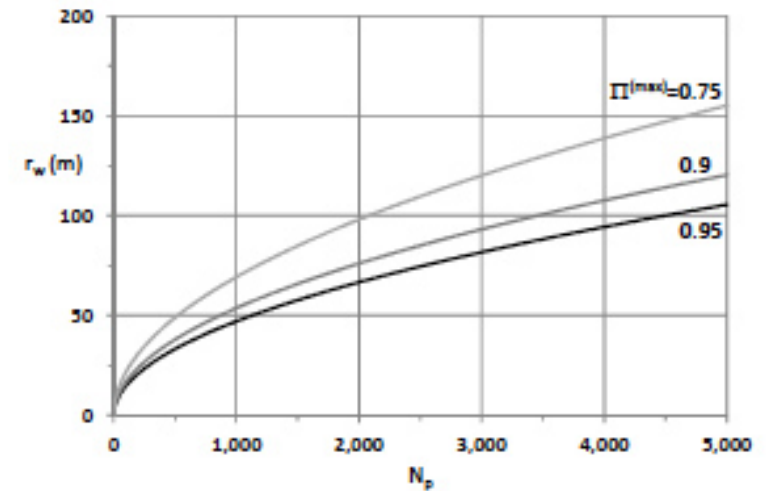


Figure S.3: Plot of the radius of a particle dispersion weapon's footprint, r_w (in m), needed to achieve a kill probability of $\Pi^{(max)}$ at small miss distances, against the number of particles in the weapon, N_p .

il Conventional Prompt Global Strike (CPGS)

Gli attuali progetti americani per lo sviluppo di armi ipersoniche risalgono al 2003, nel contesto del programma Conventional Prompt Global Strike (CPGS) di George W. Bush.

Obiettivo del CPGS: sistemi in grado di colpire con armi convenzionali bersagli in “qualunque punto della terra” entro “minuti o ore”, senza il ricorso a basi avanzate, ossia con lanci dal territorio americano.

Scopo: rafforzare la capacità degli USA di dissuadere e sconfiggere gli avversari mediante attacchi di obiettivi di alto valore o “fugaci” (visibili solo per un breve periodo di tempo), all’inizio o durante un conflitto. Al contempo ridurre le basi americane all’estero.

motivazione del CPGS

Major Finding 1. There are credible scenarios in which the United States could gain meaningful political and strategic advantages by being able to strike with conventional weapons important targets that could not be attacked rapidly by currently deployed military assets. In light of the appropriately extreme reluctance to use nuclear weapons, conventional prompt global strike (CPGS) could be of particular value in some important scenarios in that it would eliminate the dilemma of having to choose between responding to a sudden threat either by using nuclear weapons or by not responding at all.

superare il “gap” esistente fra la capacità di attacchi globali con mezzi convenzionale e nucleari

il gap delle forze americane

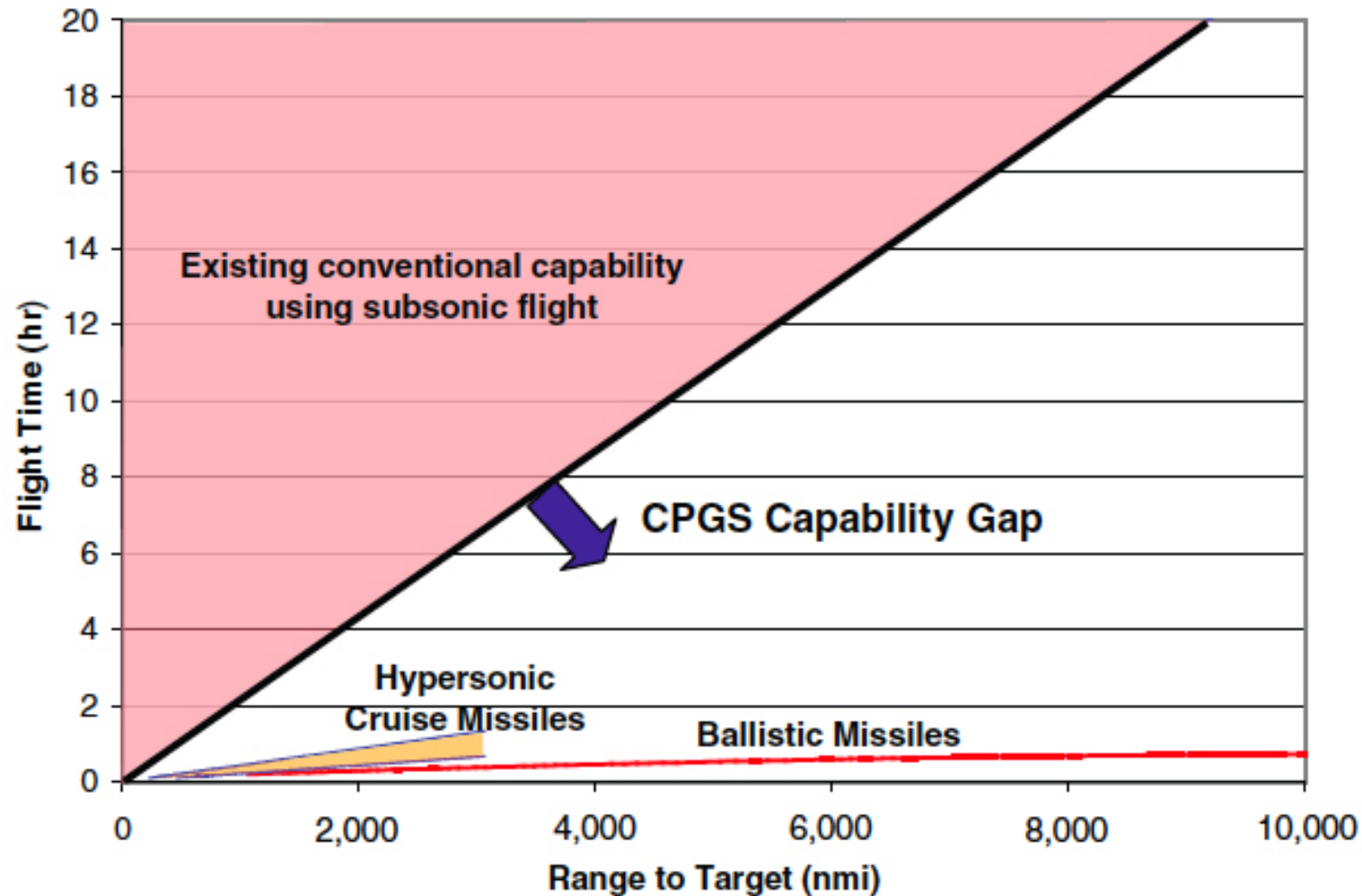
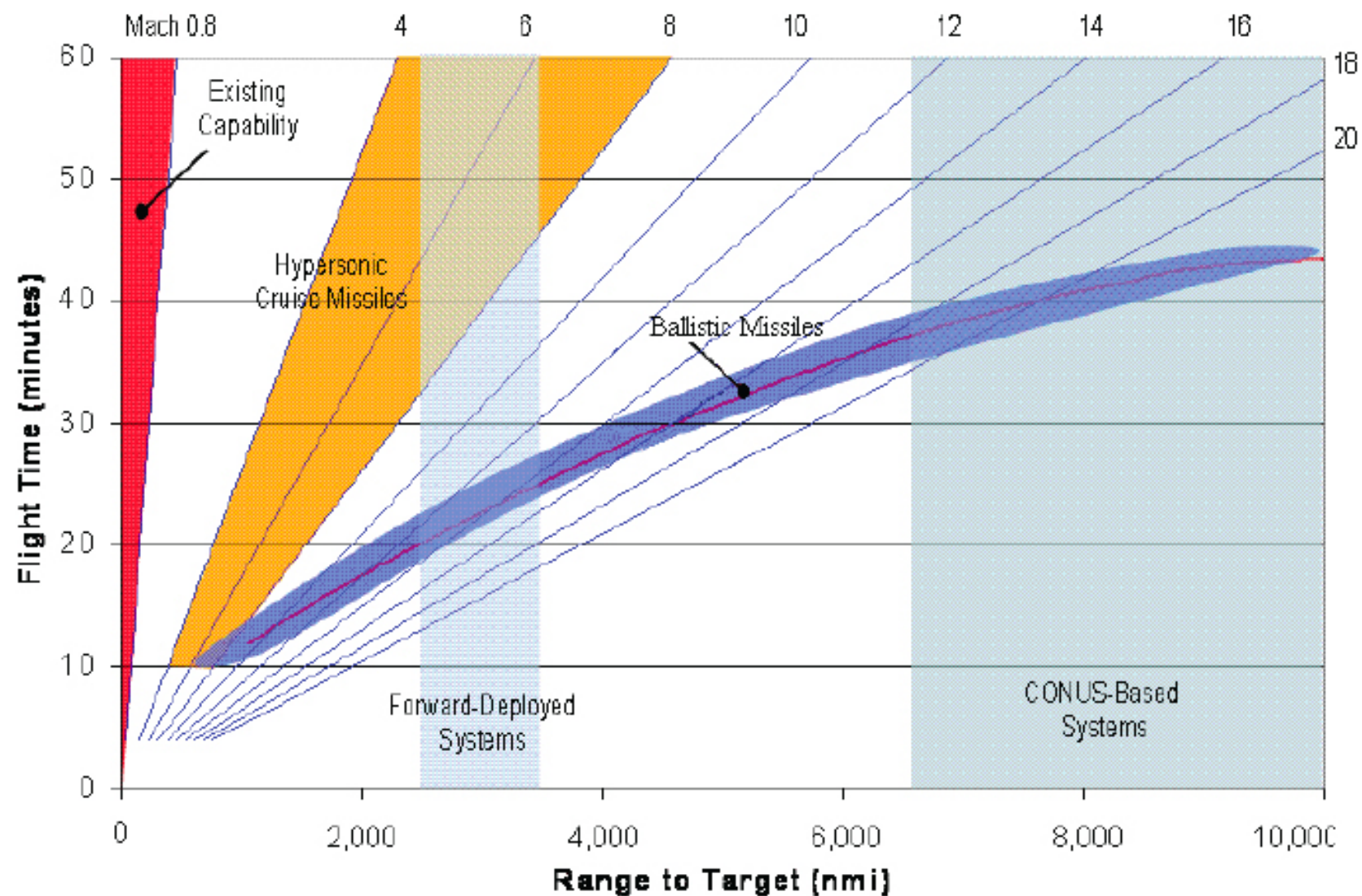


FIGURE S-1 Conventional prompt global strike (CPGS) capability gap. The time needed to reach a target as a function of range for existing conventional systems contrasted with ballistic missiles and hypersonic cruise missiles.

tempi e distanze



scenari che richiedono CPGS

- attaccare una riunione di terroristi di breve durata in una precisa località**
- attaccare il trasferimento di armi di distruzione di massa fra un veicolo e un altro o quando gli agenti rimangono per breve tempo in un preciso deposito, in situazioni in cui non si può contare sulle forze locali**
- risposta immediata o preventiva a un attacco imminente, per evitare gravi danni o perdite**

Committee on Conventional Prompt Global Strike Capability, Naval Studies Board, and Division on Engineering and Physical Sciences, the National Research Council of the National Academies (2008)

Summary of U.S. Requirements for Potential CPGS Missions, Potential Adversary Countermeasures, and Their Implications for U.S. Technological Choices

U.S. REQUIREMENT	ADVERSARY COUNTERMEASURE	RELATIVE EFFECTIVENESS OF CPGS TECHNOLOGIES (IN DESCENDING ORDER)	LEADING COMPETITOR TO CPGS
Tactical surprise	Launch detection	1. Weapons with short travel times 2. Weapons with long travel times	Stealth
	In-flight detection (missile early-warning radar)	1. Boost-glide missiles 2. Hypersonic cruise missiles 3. Terminally guided ballistic missiles	
	In-flight detection (modified air-defense radar)	1. Terminally guided ballistic missiles 2. Boost-glide missiles 3. Hypersonic cruise missiles	
Promptness	Strategic depth ^a	1. Weapons with short travel times 2. Weapons with long travel times	Non-prompt weapons delivered from within the theater
Defense penetration	GPS denial	Unclear	Guidance systems capable of functioning without GPS
	Air and missile defenses	1. Terminally guided ballistic missiles ^b 2. Boost-glide missiles ^b 3. Hypersonic cruise missiles ^b 4. Any missile carrying a penetrating warhead, submunitions, or UAVs	Stealth and/or terminal maneuverability
Sufficient range to reach the target	Strategic depth ^a	1. Longer-range weapons 2. Shorter-range weapons	Stealth ^c
Ability to destroy the target	Mobility	1. Shorter-range weapons with the ability to accept in-flight target updates 2. Longer-range weapons without the ability to accept in-flight target updates	Non-prompt weapons delivered by aircraft and/or UAVs deployed from within the theater
	Hardness and burial	1. Weapons capable of carrying a heavier and longer payload 2. Weapons capable of carrying a lighter and shorter payload	Air-dropped penetrating munitions

Key: CPGS=Conventional Prompt Global Strike; GPS=Global Positioning System; UAV=Unmanned Aerial Vehicle

Key Differences Between the Three Technological Approaches for Conventional Hypersonic Long-Range Strike

	TERMINALLY GUIDED BALLISTIC MISSILES	BOOST-GLIDE WEAPONS	HYPERSONIC CRUISE MISSILES
Maximum range	Intercontinental	Global	Regional
Midcourse maneuverability	Zero	High ^b	High ^d
Terminal maneuverability	Limited or very limited ^a	Medium or high ^c	Medium or high ^c
Ballistic over the majority of trajectory?	Yes	No	No

Current Hypersonic Glider Development Programs

	HYPersonic TECHNOLOGY VEHICLE-2	ADVANCED HYPersonic WEAPON
Maximum planned range (approximate)	17,000 km ^a	8,000 km ^a
Direct predecessor	None	SWERVE
Testing distance	7,600 km ^b	3,800 km ^a
Test 1 outcome	On April 22, 2010, the HTV-2 successfully separated from its launch vehicle allowing the collection of "139 seconds of Mach 22 to Mach 17 aerodynamic data." However, the flight was ended prematurely (about 9 minutes after launch) by an autonomous flight termination system after the vehicle began to rotate uncontrollably. ^c	On November 17, 2011, the AHW completed a "successful" flight test terminating at its "planned impact location." ^f
Test 2 outcome	On August 11, 2011, the HTV-2 successfully achieved "aerodynamically controlled flight . . . for nearly three minutes," but the test was ended automatically (about 9 minutes after launch) when, as a result of heating, "larger than anticipated portions of the vehicle's skin peeled from the aerostructure . . . causing the vehicle to roll abruptly." This problem was unrelated to the anomaly in the first flight. ^d	N/A
Basing mode of weaponized system	Land-based in the continental United States	Ship-based, submarine-based or land-based (possibly in Guam and Diego Garcia)

In the fiscal year (FY) 2014 budget request, the Hypersonic Technology Vehicle-2 (HTV-2) is described as a "risk mitigation" program. Two further tests for the Advanced Hypersonic Weapon (AHW) are planned.

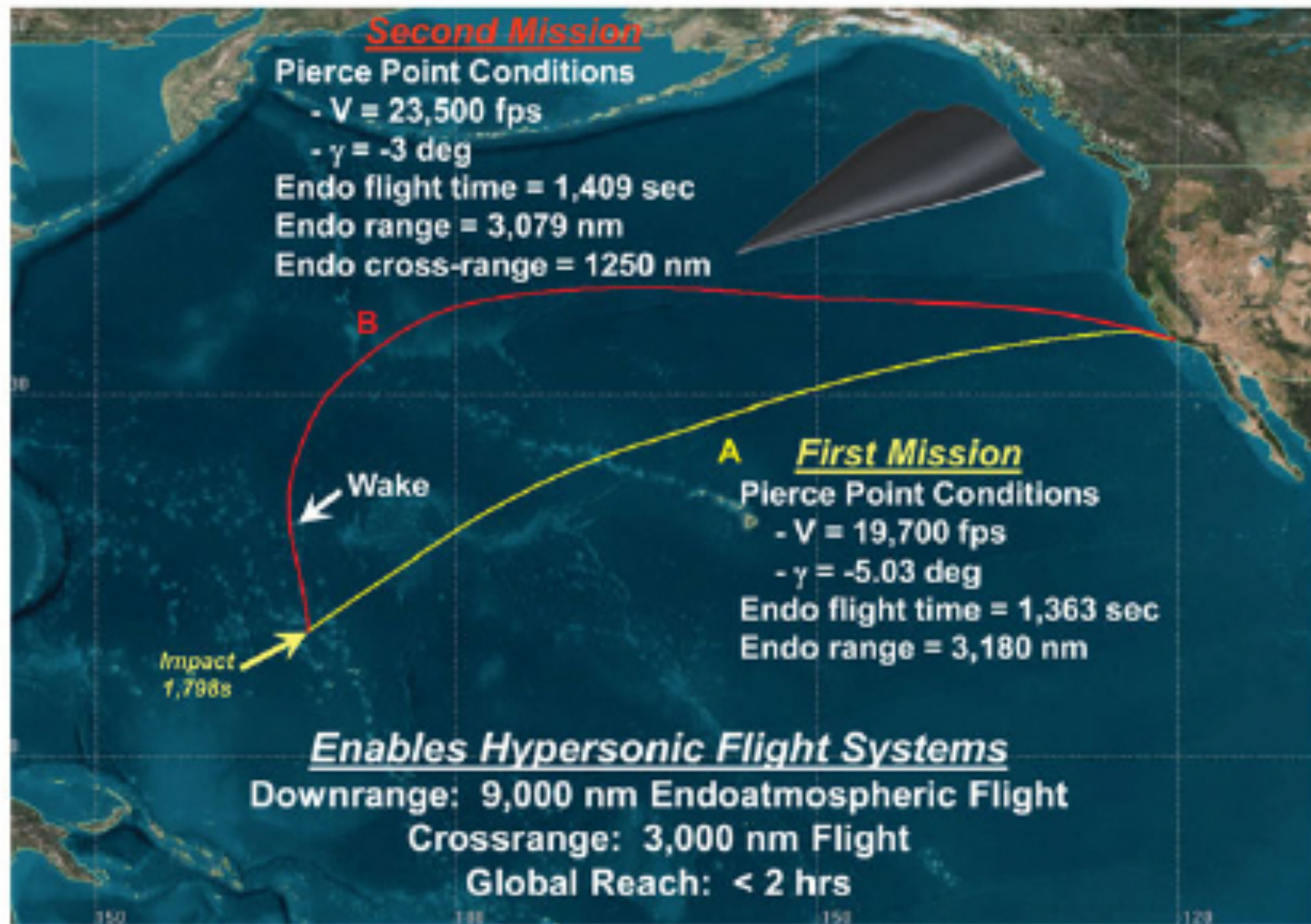
Fra altri vari possibili sistemi CPGS, gli Stati Uniti hanno sviluppato e testato due sistemi HGV ipersonici: l'Hypersonic Technology Vehicle-2 (HTV-2) dell'aeronautica e l'Advanced Hypersonic Weapon (AHW) dell'esercito.

L'HTV-2, dalla forma a cuneo, pianificato per una gittata di 17.000 km, è stato testato ad aprile 2010 e agosto 2011; entrambi i test sono falliti e il programma è stato cancellato.

Stanno sviluppando anche missili cruise ipersonici



test HTV-2





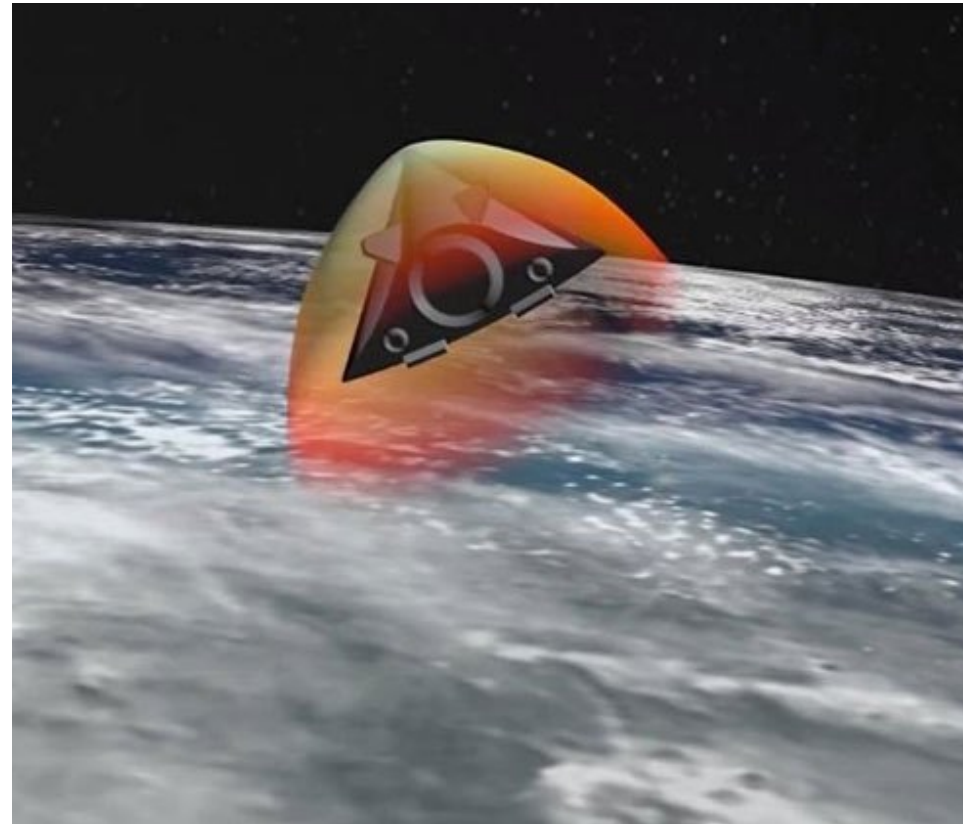
L'AHW, di forma conica, dotato di un sistema di guida di alta precisione, con una gittata massima di circa 8.000 km (e quindi un CPGS "non" globale) ha avuto un test positivo nel 2011 con un volo planato di 2.400 km, mentre un test nel 2014 è fallito per problemi del missile vettore; alla fine di ottobre 2017 è stato effettuato un test positivo con un lancio da un sommergibile. Nel 2018 il dipartimento della difesa ha imposto a esercito, marina e aeronautica di collaborare per sviluppare un comune AHW operativo per i primi anni '20.

Russia

- **esperienza con rientro veicoli spaziali**
- **attività ripresa dopo il ritiro USA dal trattato ABM**
 - ▷ **obiettivo la creazione di forze strategiche non intercettabili da ABM americani**
- **il sistema in avanzato sviluppo è Avangard un BGV manovrabile con possibile armamento nucleare.**
- **Risulta effettuata oltre una dozzina di test di volo**
- **il presidente Putin ha dichiarato (dicembre 2018) che creerà il primo reggimento di Avangard entro il 2019.**

Avangard (Project 4202 o Yu-74)

sganciato al suo apogeo a circa 100 km di altezza da un missile balistico tipo l'SS-19 (UR-100NUTTH) e in futuro dall'R-28 "Sarmat", poi dovrebbe planare per oltre 6.000 km a velocità fino a Mach 20 (quasi 7 km/s).



Cina

- **forte impegno nello sviluppo di HM**
- **veicolo più avanzato HGV Dong Feng (vento dell'est) per velocità superiori a Mach 10.**
 - ▷ **fra il 2014 e il 2016 almeno 7 test lanciato da missili a corto e medio raggio**
 - ▷ **novembre 2017 due test utilizzando come vettore il missile a raggio intermedio DF-17, sviluppato specificatamente per HGV.**
- **agosto 2018 test di XINGKONG-2 o Starry Sky-2, un HGV con fusoliera a cuneo e sistemi avanzati di protezione termica; con velocità di Mach 5,5 a quota 29 km ha raggiunto l'obiettivo dopo ampie manovre.**

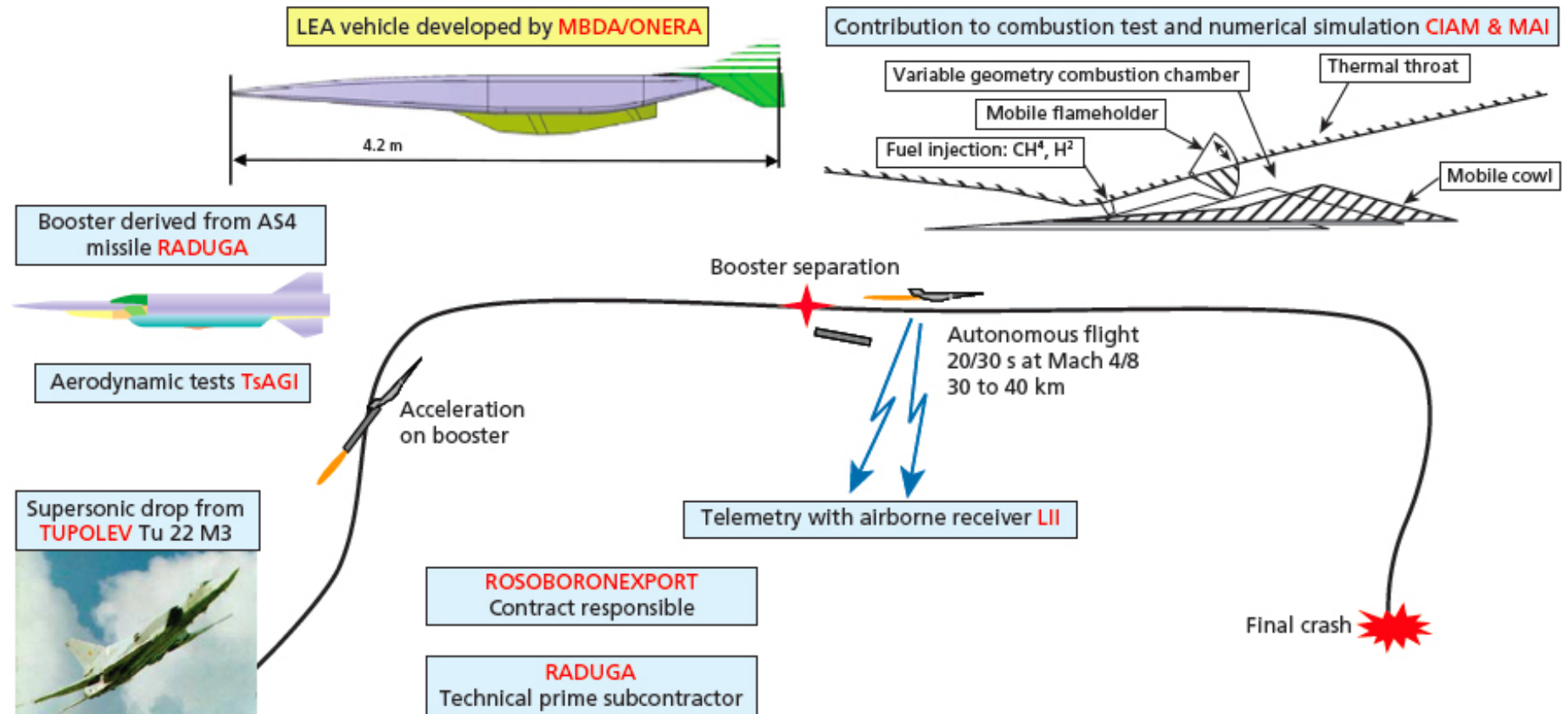
HGV Dong Feng (vento dell'est) o DF-DZ o WU-14



Cina

Gli HGV cinesi con armamento convenzionale sono considerati forza anti-navale, per il controllo del mar Cinese, e come sistema per rafforzare le proprie capacità A2/AD (anti-access/area denial) nell'area Asia-Pacifico, ossia per prevenire operazioni dell'avversario in una zona esclusiva adiacente al proprio territorio mediante una combinazione di sensori e di vettori a lunga gittata in funzione antiaereo, antinave e antimissile terrestre. Possibili HGV con armi nucleari su vettori intercontinentali possono contribuire alla deterrenza rispetto agli USA con la loro penetrabilità dei sistemi antimissile.

Figure 3.1
French LEA



SOURCE: Francois Falempin and Laurent Serre, "French Flight Testing Program LEA Status," Washington, D.C.: NATO Research and Technology Organisation, RTO-EN-AVT-185, undated, p. 17-5, Figure 5.

India

Indian-Russian BrahMos II



l'India è impegnata nello sviluppo del BrahMos II, per impiego antinave.

australia

Australian-U.S. HIFIRE Scramjet



SOURCE: Australian Hypersonics Initiative at the University of Queensland, Australian Defence Science and Technology Group, and U.S. Air Force Research Laboratory.

**In Australia l'università del Queensland sviluppa motori sramjet
in collaborazione con laboratori militari americani**

ricerche non militari

La tecnologia ipersonica ha un duplice carattere e può essere impiegata anche per scopi civili, inclusi i lanci spaziali, il rientro di veicoli spaziali e il trasporto civile di passeggeri e merci.

Ricerche ipersoniche non governative sono presenti presso istituti di ricerca, università e industrie invari paesi europei e in Brasile, Canada, Corea del Sud, Iran, Israele, Pakistan, Regno Unito, Singapore e Taiwan.



in Giappone si stanno sviluppando progetti per aerei commerciali in grado di volare a velocità di Mach 5, anche in collaborazione con la Commissione Europea

programmi della UE

L'Unione europea ha in corso tre programmi miranti allo sviluppo delle tecnologie necessarie per un aereo di trasporto civile operante a Mach 5, mentre l'ESA lavora per un veicolo sub-orbitale sperimentale IXV per testare le condizioni di rientro in atmosfera con velocità e traiettorie orbitali; in tali ricerche sono impegnati vari paesi europei.

Programma militare il missile aria-aria Meteor, ramjet per gittata di 100 km a Mach 4

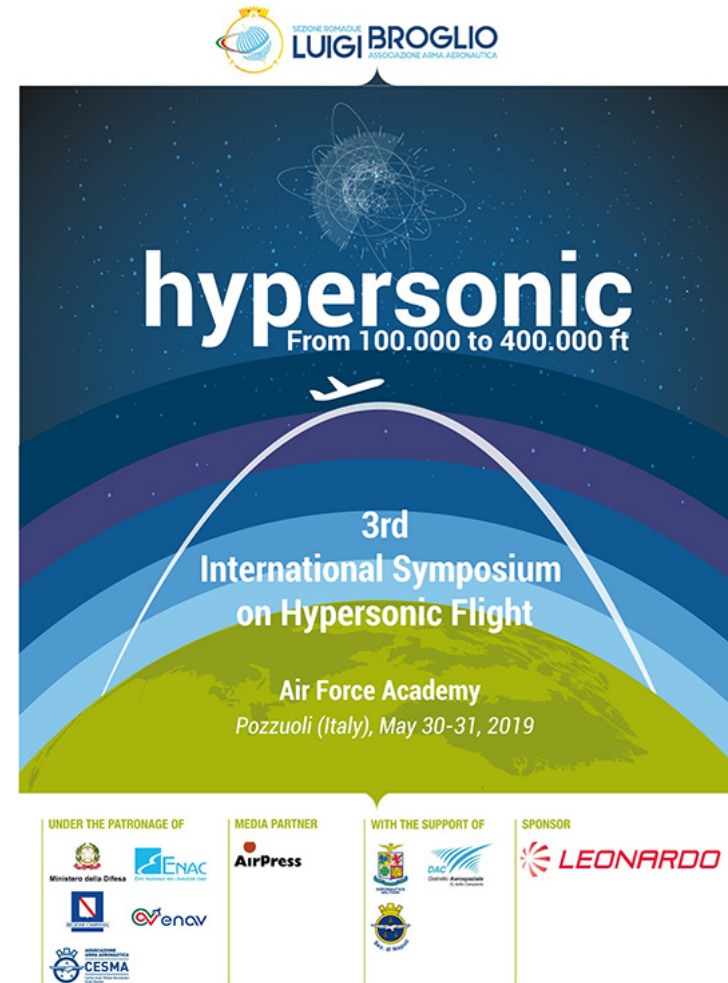


programmi italiani

Le attività italiane sono essenzialmente civili, con scarsa partecipazione dello stato e poco interesse dei militari.

Oltre a partecipazione ai progetti europei, si svolgono ricerche mediante prototipi, studi del plasma attorno a veicoli di rientro e studi di fattibilità di voli ad alta quota in varie industrie e nelle università di Napoli e Roma e al politecnico di Torino.

Il principale centro italiano è il consorzio privato CIRA (centro italiano di ricerca aerospaziale), che gestisce a Capua due tunnel del vento per studi di plasmi ipersonici.

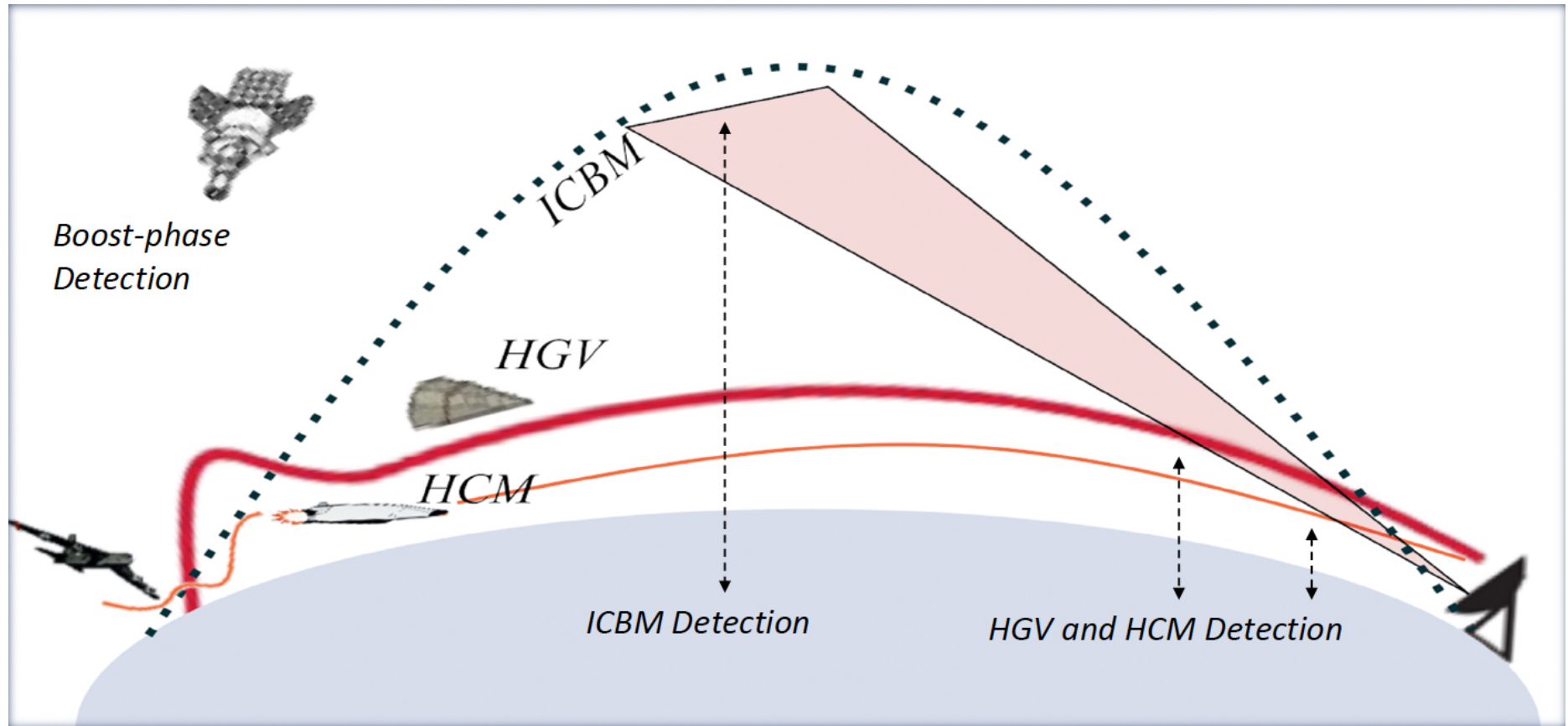


Implicazioni strategiche delle armi ipersoniche

Una corsa agli armamenti per le armi ipersoniche presenta molti aspetti destabilizzanti per il presente, già di per sé precario, equilibrio strategico globale, aumentando le incertezze e i rischi di *escalation* del confronto militare in caso di conflitto.

- ambiguità di armamento**
- ambiguità di destinazione**
- ambiguità di origine**
- ambiguità di obiettivo**
- instabilità in situazioni di crisi**

individuazione di missili strategici e HM



gli HGV e HCM sono armi di sorpresa: con sistemi satellitari è possibile individuare il lancio del missile che rilascia un HGV, ma i radar possono rivederlo solo qualche minuto prima dell'arrivo sul bersaglio

- **ambiguità di armamento**

gli attaccati possono interpretare erroneamente il lancio di un veicolo con armi convenzionali e concludere che il missile trasporti invece armi nucleari, suggerendo la necessità di una risposta nucleare

- **ambiguità di destinazione**

le armi ipersoniche, per la loro alta manovrabilità, possono indurre un paese che ne osserva il lancio a concludere erroneamente di essere il vero obiettivo dell'attacco, mentre il veicolo HM è destinato a un altro paese

- **ambiguità di origine**

nel caso del mancato avvistamento del lancio di un HM, un paese attaccato può non sapere quale sia lo stato attaccante e quindi reagire contro l'avversario errato; il problema diventa acuto in caso di proliferazione delle armi ipersoniche

- **ambiguità di obiettivo**

uno stato può erroneamente ritenere che siano minacciate le proprie forze nucleari, mentre l'obiettivo sono sistemi convenzionali; il rischio è tanto maggiore data la crescente integrazione di sistemi di comando e controllo nucleari e convenzionali

- **instabilità in situazioni di crisi**

Il timore che le proprie forze cruciali —in particolare le armi nucleari— siano vulnerabili ad attacchi preventivi di sistemi ipersonici convenzionali può creare pressioni su uno stato a usare, o minacciare di usare, tali forze per primo.

Un attacco ipersonico potrebbe verificarsi con pochissimo tempo di preavviso (qualche minuto); questo fattore e l'imprevedibilità degli obiettivi di un attacco ipersonico comprimono i tempi di risposta del paese attaccato. I missili ipersonici aumentano così i timori di un attacco disarmante, incoraggiando a devolvere il comando e il controllo strategico a comandi inferiori e disperdere le forze, in una postura di allerta durante una crisi, misure estremamente destabilizzanti, abbassando la soglia per azioni militari.

**contrazione
dei tempi di
controllo e
per la catena
informativa e
decisionale**

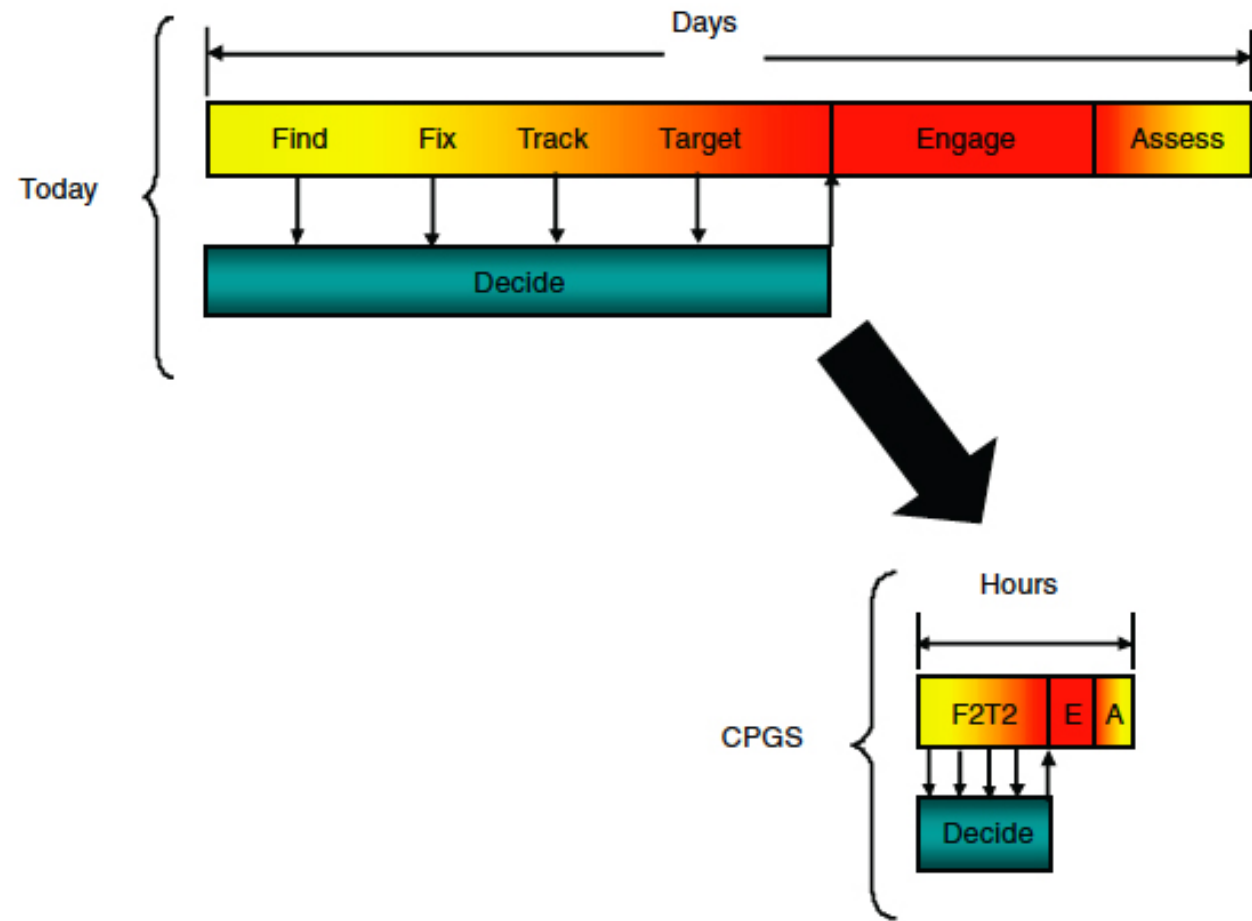


FIGURE 4-4 Conventional prompt global strike (CPGS) will require compression of the time line across the entire Find, Fix, Track, Target, Engage, and Assess (F2T2EA) strike process. With strategic warning and preparation, key aspects of this process can be accomplished in advance. For those portions of the process that need to occur inside the compressed time, technical means for seamlessly integrating systems that are currently not interoperable will need to be developed.

Al momento non esistono trattati o convenzioni che limitino lo sviluppo di HGV o HCM, con armamento convenzionale.

Durante i negoziati per il New START la Russia aveva sollevato il problema delle armi convenzionali di alta precisione, che considera tuttora una minaccia alla stabilità strategica; il trattato comprende così i missili con testate convenzionali nel computo dei vettori consentiti solo se la loro traiettoria è essenzialmente balistica, per cui i sistemi HM convenzionali rimangono esclusi.

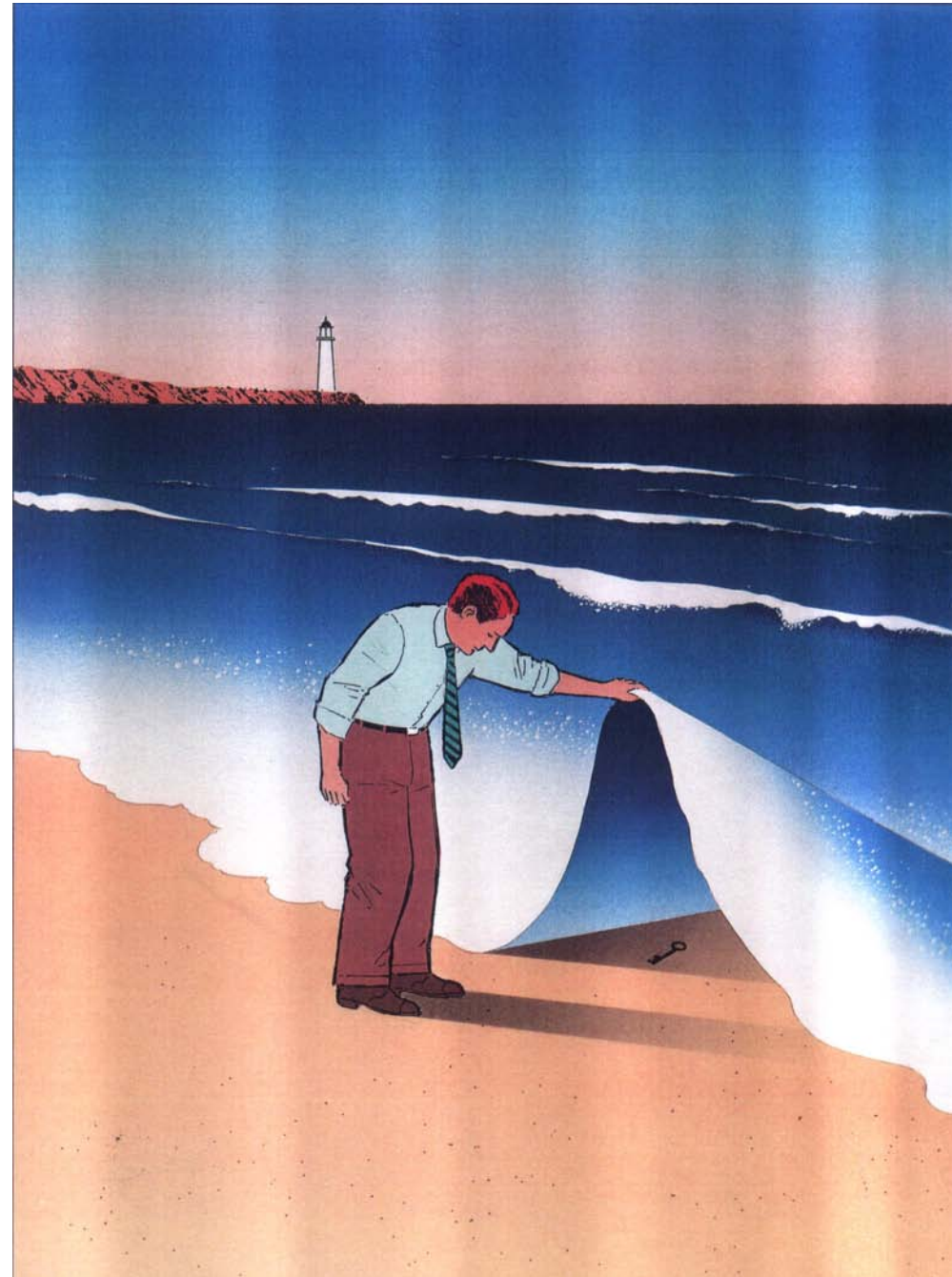
Le armi ipersoniche nucleari ricadono genericamente nel dettato dell'articolo VI del trattato di non-proliferazione e potrebbero venir discusse nell'ambito della prossima conferenza di revisione.

Al momento non esistono trattati o convenzioni che limitino lo sviluppo di HGV o HCM, con armamento convenzionale.

Durante i negoziati per il New START la Russia aveva sollevato il problema delle armi convenzionali di alta precisione, che considera tuttora una minaccia alla stabilità strategica; il trattato comprende così i missili con testate convenzionali nel computo dei vettori consentiti solo se la loro traiettoria è essenzialmente balistica, per cui i sistemi HM convenzionali rimangono esclusi.

Le armi ipersoniche nucleari ricadono genericamente nel dettato dell'articolo VI del trattato di non-proliferazione e potrebbero venir discusse nell'ambito della prossima conferenza di revisione.

Vista l'intrinseca natura destabilizzante delle armi ipersoniche e che non hanno ancora raggiunto una piena ed effettiva operatività, sarebbe nell'interesse comune se Cina, Russia e Stati Uniti trovassero una chiave per negoziare un bando di tali armi, o almeno raggiungessero un accordo per la moratoria dello sviluppo di HM.



rischi di proliferazione

Le enormi capacità militari degli HM potrebbero rendere l'acquisizione della tecnologia ipersonica un obiettivo desiderabile per altri paesi oltre alle tre grandi potenze, anche nella prospettiva del raggiungimento di una forza di deterrenza contro le stesse potenze maggiori.

Le attuali attività mirano a obiettivi scientifici e applicazioni civili, tuttavia, una volta che uno stato acquisisce la tecnologia ipersonica, le sue intenzioni possono cambiare, in particolare in situazioni di competizione o di particolari problematiche di sicurezza, quando anche le serie incertezze economiche sul mercato delle applicazioni commerciali, vengono superate da esigenze militari.

Dato il livello ancora inadeguato della ricerca civile attuale a fronte delle enormi difficoltà per la piena padronanza della tecnologia ipersonica militare, la proliferazione di HM potrebbe venir impedita da un regime di controlli sulle esportazioni, sul modello del Missile Technology Control Regime (MTCR), che incorpora già alcuni controlli sulle tecnologie correlate all'ipersonico. Tuttavia, il MTCR mira a inibire solo la proliferazione di missili per missioni nucleari, chimiche o biologiche.

In ogni modo, Cina, Russia e Stati Uniti non possono pretendere di imporre vicoli alla proliferazione di HM se non si impegnano in via primaria a fermare la loro pericolosissima corsa a questi armamenti.

Le armi nucleari pongono problemi politici e il “tabù” nucleare limita le azioni militari; i missili ipersonici appaiono come efficace alternativa per azioni contro obiettivi di grande valore strategico.

Il vero profondo motivo che spinge allo sviluppo di queste nuove armi è quello di “eliminare il dilemma di dover scegliere fra rispondere a minacce improvvise usando armi nucleari o non rispondere affatto”.



qualche fonte

- James M. Acton (2013) *Silver Bullet? Asking the Right Questions About Conventional Prompt Global Strike*, Carnegie Endowment for International Peace, Washington DC
- James M. Acton (2015) Hypersonic Boost-Glide Weapons, *Science & Global Security* 23, 191–219.
- James M. Acton (2015) Russia and Strategic Conventional Weapons: Concerns and Responses, *The Nonproliferation Review* 22(2), 141-154.
- John D. Anderson (2000) *Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics*, American Institute of Aeronautic and Astronautics, Washington DC.
- Committee on Conventional Prompt Global Strike Capability, Naval Studies Board, and Division on Engineering and Physical Sciences, the National Research Council of the National Academies (2008) *U.S. Conventional Prompt Global Strike: Issues for 2008 and Beyond*, National Academies Press, Washington DC.
- Joshua H. Pollack (2015) Boost-glide Weapons and US-China Strategic Stability, *The Nonproliferation Review* 22(2), 155-164.
- Richard H. Speier, George Nacouzi, Carrie A. Lee, Richard M. Moore (2017) *Hypersonic Missile Nonproliferation. Hindering the Spread of a New Class of Weapons*, RAND Corporation, Santa Monica CA.
- Amy F. Woolf (2019) *Conventional Prompt Global Strike and Long-Range Ballistic Missiles: Background and Issues*, Updated January 8, 2019, Congressional Research Service, Washington DC.

Alessandro Pascolini

pascolini@pd.infn.it
www.pd.infn.it/~pascolin
 **@pascolin**

