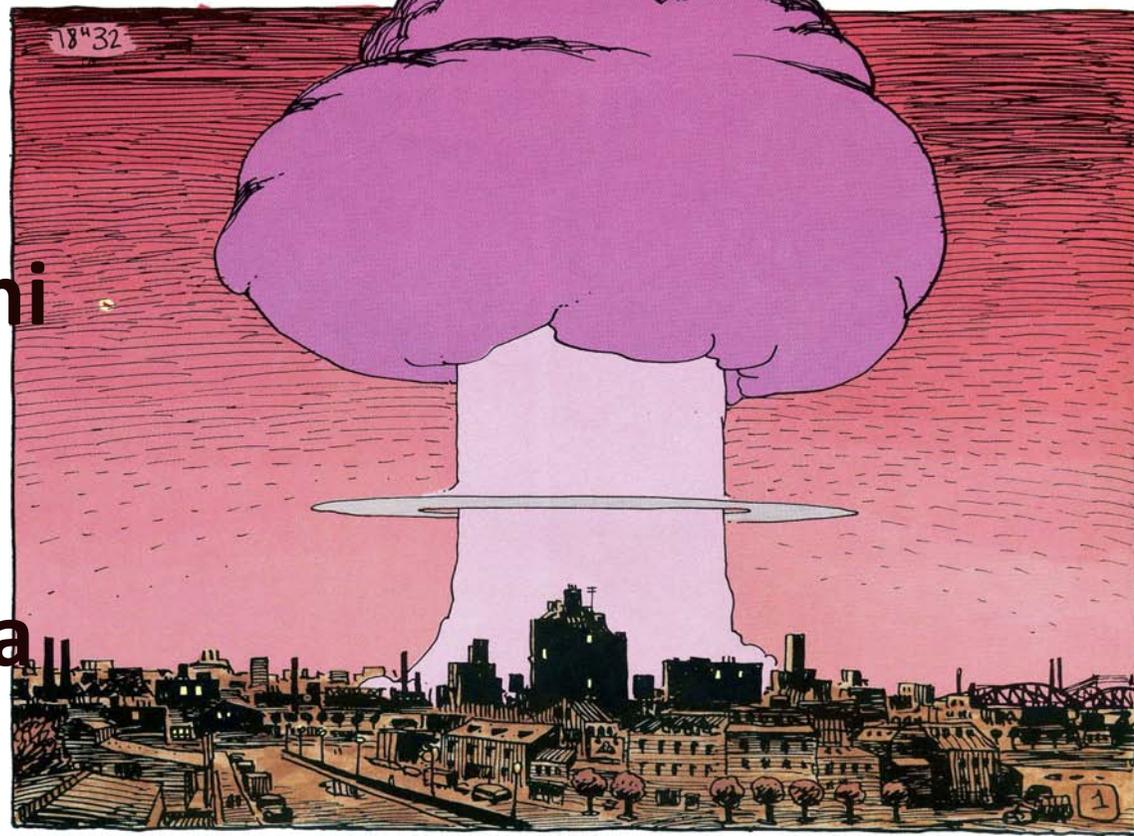
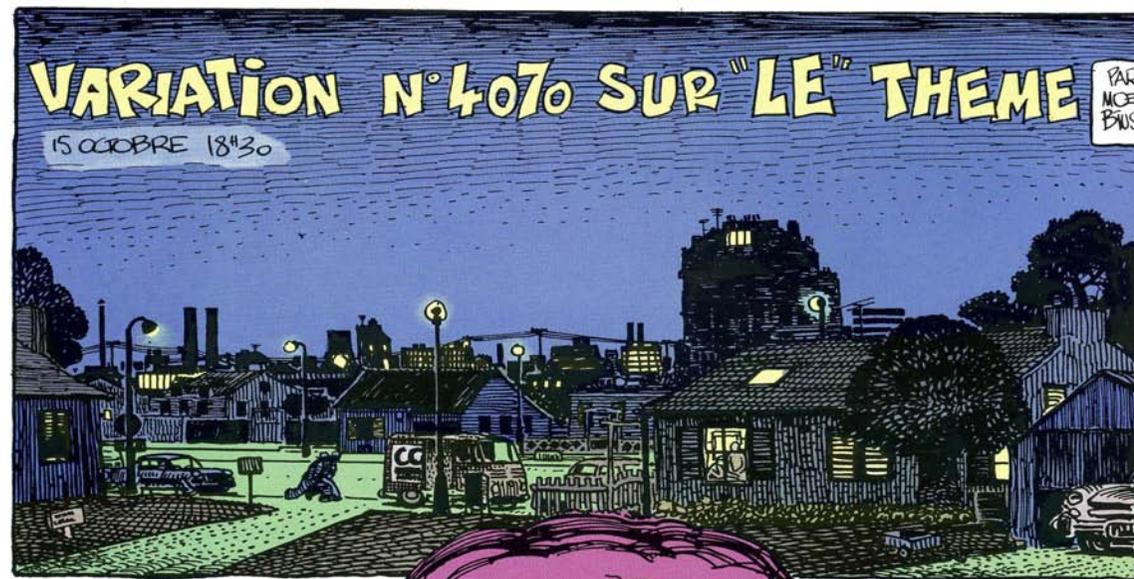


# **armamenti e strategie nucleari**

## **ottobre 2019**

# le armi nucleari

- **potenza: basata sui fenomeni naturali più energetici: fissione e fusione**
- **effetti specifici non esistenti per altre armi**
- **impatto su vasti spazi e tempi lunghi**
- **impossibilità di difesa**



# **fissione e fusione nucleari**

**enorme densità di energia per unità di massa:**

- **fissione di 1 kg di uranio 235**  
≈ esplosione di 10.000.000 kg di tritolo (10 kton)
- **fusione di 1 kg di deuterio-trizio**  
≈ esplosione di 40.000.000 kg di tritolo (40 kton)

**una centrale elettrica da 1GWe “brucia”:**

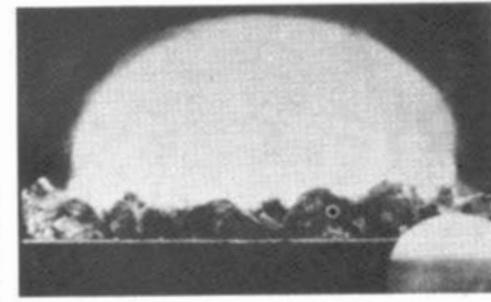
- ▷ **uranio-235:** ≈ 3,8 kg al giorno, ≈ 1,3 t all’anno
- ▷ **carbone:** ≈ 6,85 milioni di kg al giorno

# evoluzione di un'esplosione nucleare in aria:

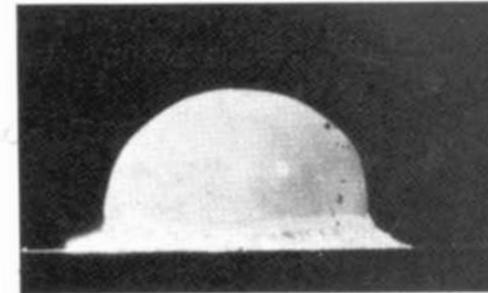
- la radiazione nucleare
- la palla di fuoco
- la nube radioattiva
- l'onda d'urto
- la ricaduta radioattiva



0.006 sec



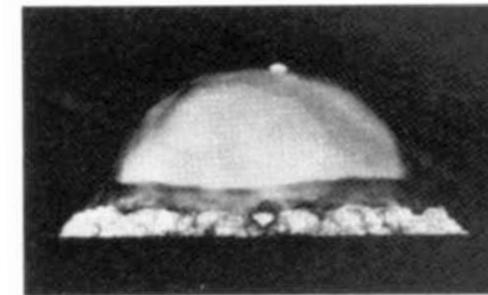
0.100 sec



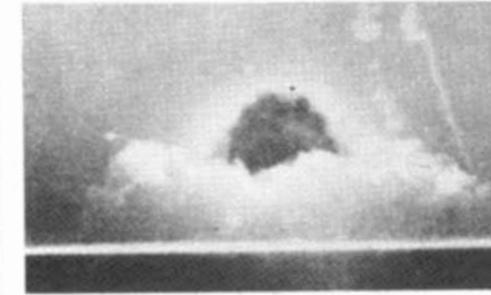
0.016 sec



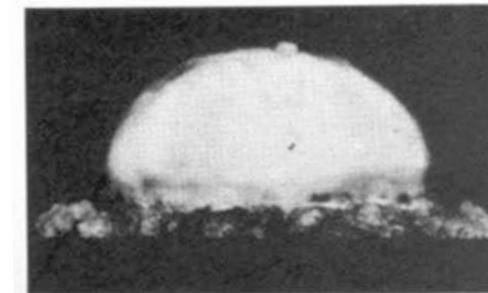
1.0 sec



0.034 sec



2.0 sec



0.053 sec



4.0 sec

# effetti di una esplosione nucleare

## ◆ immediati

- ▷ la radiazione nucleare iniziale
- ▷ la radiazione termica
- ▷ danni meccanici
- ▷ l'impulso  
elettromagnetico

## ◆ ritardati

- ▷ la ricaduta radioattiva

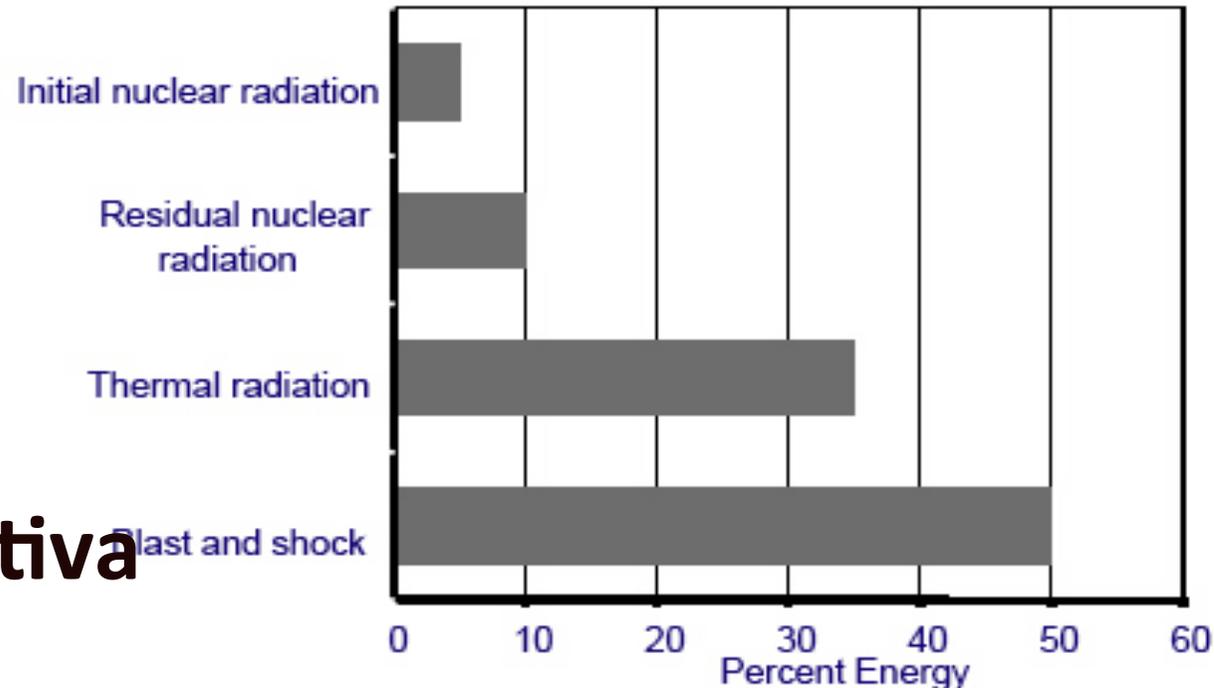
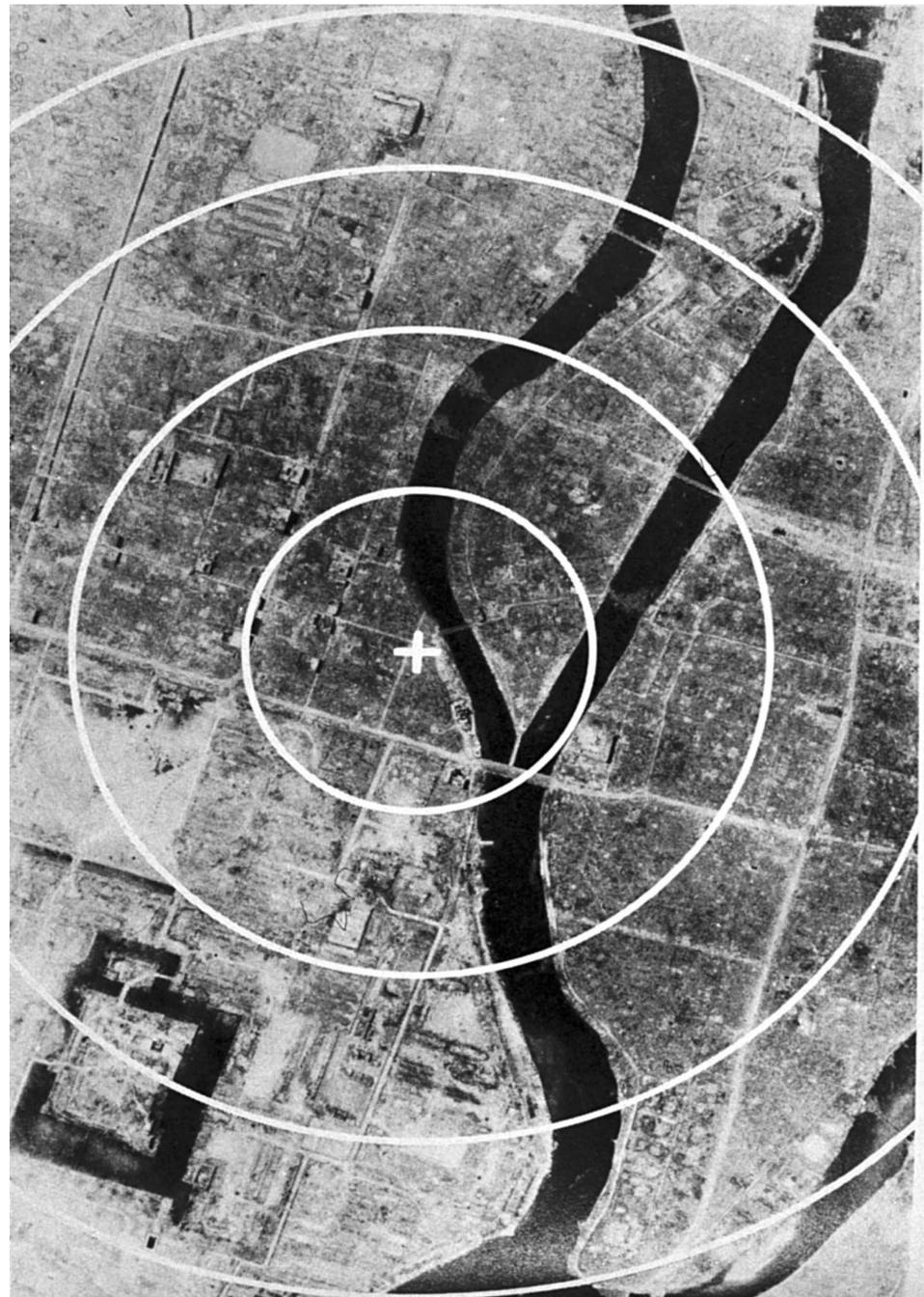


Figure 1. Distribution of Energy of an Air Burst below 100,000 ft



# vittime a Hiroshima e Nagasaki

<b>Distanza dall'epicentro</b>	<b>popolazione</b>	<b>%decessi</b>	<b>%feriti</b>
<b>Hiroshima</b>			
<b>0 - 1,0 km</b>	<b>31.200</b>	<b>86</b>	<b>10</b>
<b>1 - 2,5 km</b>	<b>144.800</b>	<b>27</b>	<b>37</b>
<b>2,5 - 5 km</b>	<b>80.300</b>	<b>2</b>	<b>25</b>
<b>totale</b>	<b>256.300</b>	<b>27</b>	<b>30</b>
<b>Nagasaki</b>			
<b>0 - 1,0 km</b>	<b>30.900</b>	<b>88</b>	<b>6</b>
<b>1 - 2,5 km</b>	<b>27.700</b>	<b>34</b>	<b>29</b>
<b>2,5 - 5 km</b>	<b>115.200</b>	<b>11</b>	<b>10</b>
<b>totale</b>	<b>173.800</b>	<b>22</b>	<b>12</b>

# distruzioni nella II guerra mondiale

<b>Amburgo</b>	<b>luglio '43</b>	<b>8 giorni</b>	<b>3000 aerei</b>	<b>9000 t</b>	<b>42600</b>
<b>Dresda</b>	<b>febbraio 45</b>	<b>3 giorni</b>	<b>1249 aerei</b>	<b>3900 t</b>	<b>25000</b>
<b>Tokyo</b>	<b>marzo 45</b>	<b>3 giorni</b>	<b>279 aerei</b>	<b>1665 t</b>	<b>100000</b>
<b>Hiroshima</b>	<b>agosto 45</b>	<b>minuti</b>	<b>1 aereo</b>	<b>56 kg</b>	<b>69200</b>



# **differenza da una distruzione convenzionale**

**le distruzioni di Dresda, Amburgo, Tokyo analoghe per vittime a Hirishima e Nagasaki, ma**

- niente effetti radioattivi locali o globali**
- frutto di molte azioni, non un singolo evento**
  - ▷ possibilità di interruzione**
- tempi lunghi**
  - ▷ possibilità di fuga**
- difese preventive possibili**

# Area di devastazione letale in km<sup>2</sup>

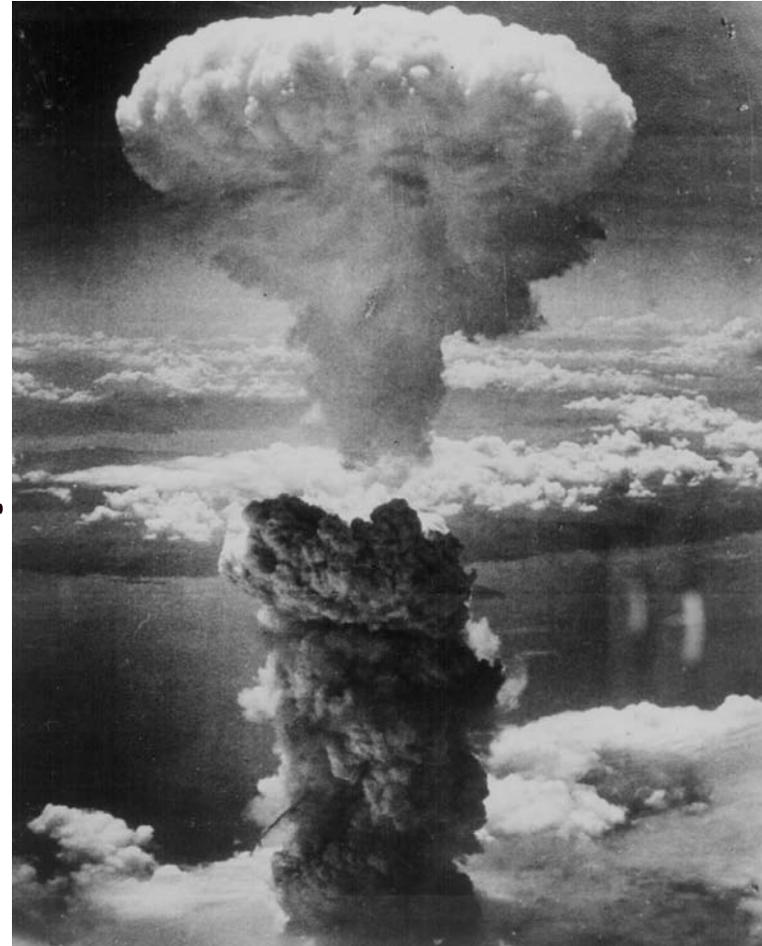
Effetto\ potenza	1 kton	10 kton	100 kton	1 Mton	10 Mton
meccanico	1,5	4,9	17,7	71	313
termico	1,3	11,2	74,2	391	1583
radioattivo	2,9	5,7	11,5	22	54

# la ricaduta radioattiva

I materiali polverizzati della bomba e del suolo, divenuti radioattivi all'interno della nuvola, alla fine della fase turbolenta iniziano a cadere sotto l'effetto della gravità e costituiscono la così detta ricaduta radioattiva (*fallout*).

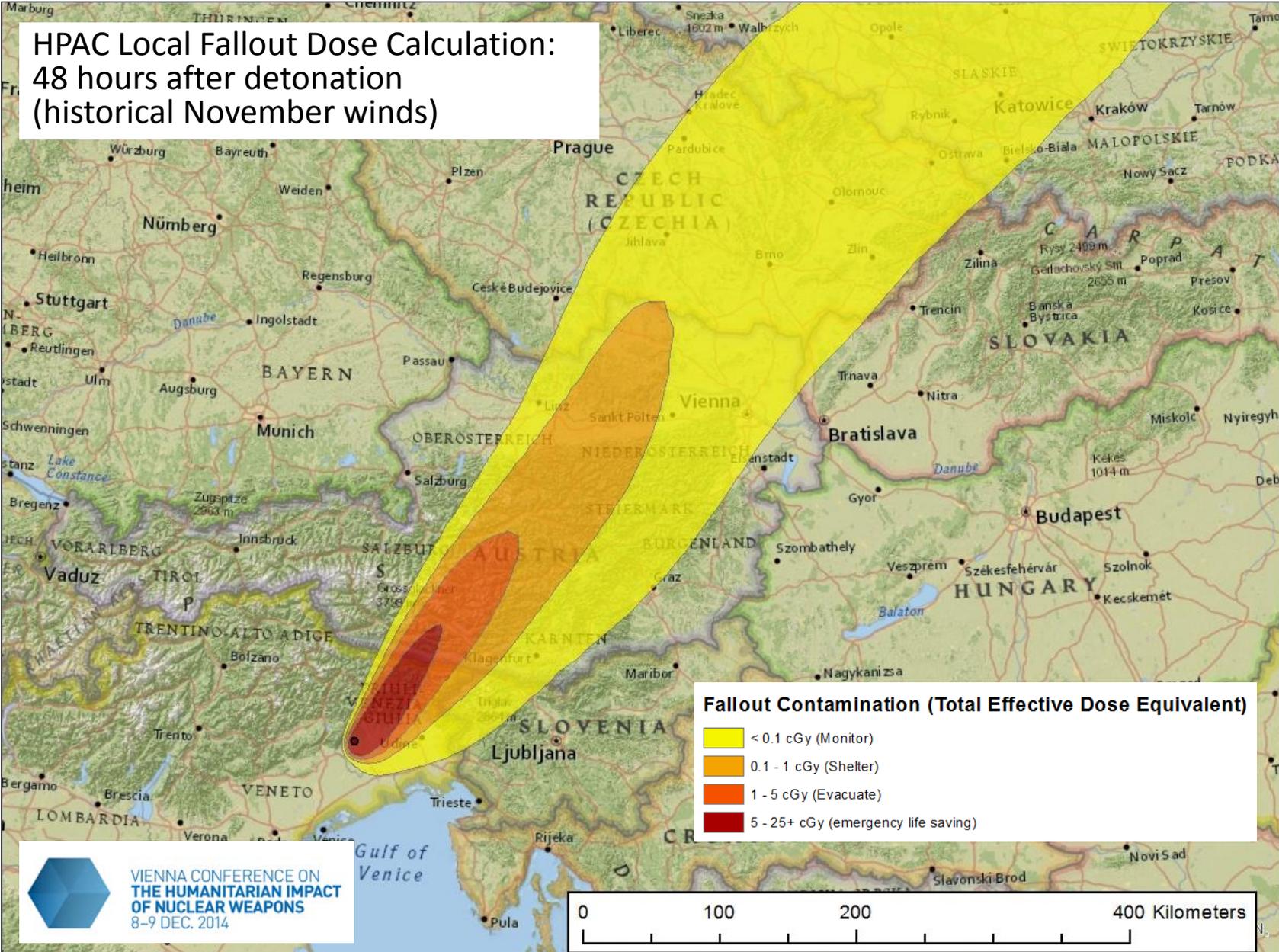
La radioattività di queste particelle decade solo in tempi lunghi ed è responsabile delle contaminazioni nucleari residue, che assorbono circa il 10% dell'energia totale dell'esplosione.

Ancora oggi abbiamo nel nostro corpo particelle radioattive rilasciate nei test degli anni '50 e '60



# Ricaduta a 48 ore

HPAC Local Fallout Dose Calculation:  
48 hours after detonation  
(historical November winds)



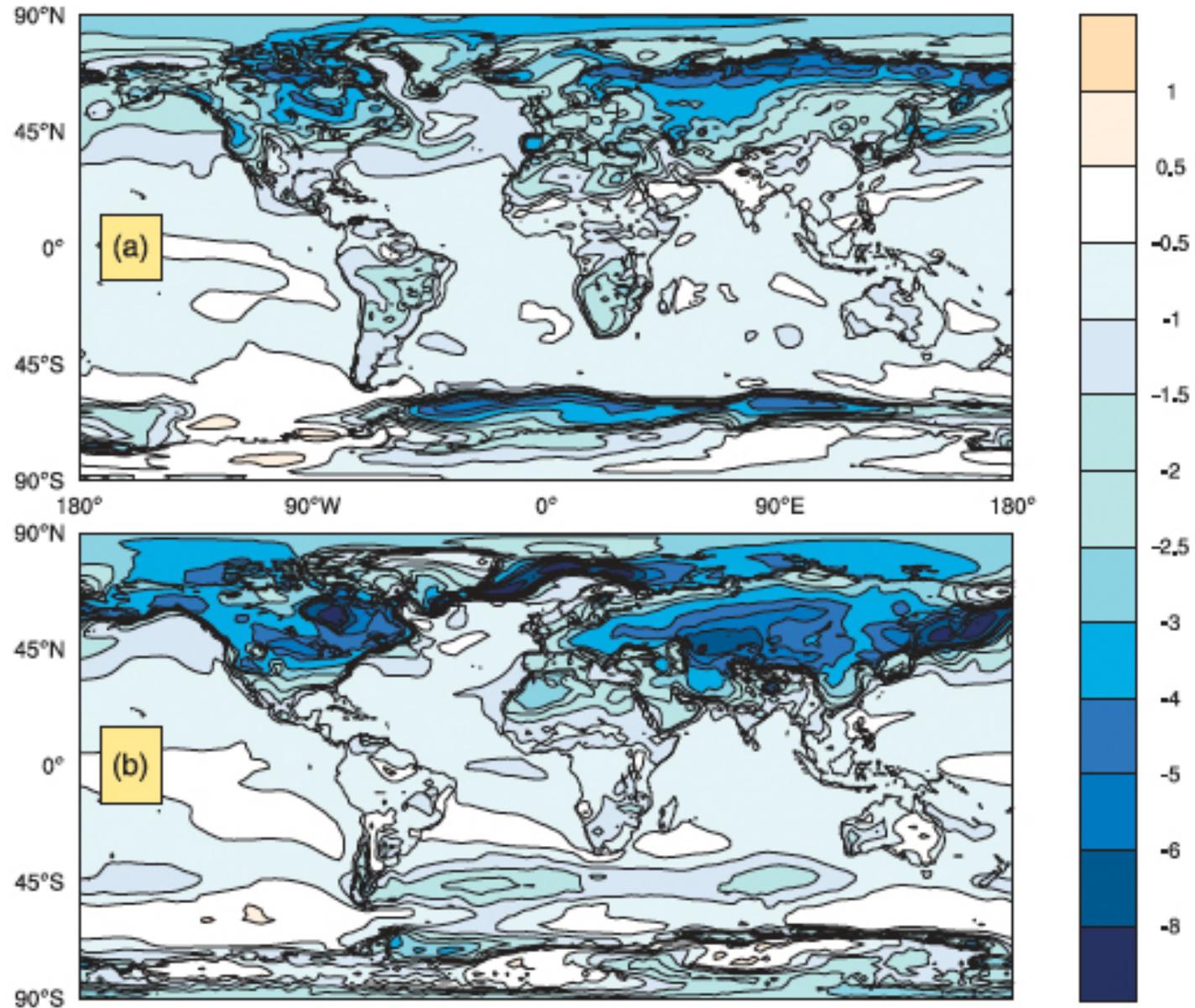
# **effetti globali di una guerra nucleare**

- ▷ **effetti immediati – “somma” delle single esplosioni**
- ▷ **effetti indiretti sull’ambiente e sul clima**

**guerra nucleare regionale “limitata” tra India e Pakistan: 100 testate “piccole” (come quella su Hiroshima) fatte esplodere nelle aree urbane**

- ▷ **circa 40 milioni di vittime entro una settimana per gli effetti diretti**
- ▷ **incendi su una vasta area, tempeste di fuoco, iniettano nella stratosfera fino a 6,5 milioni di tonnellate di fuliggine e detriti**
- ⇒ **blocco della radiazione solare e calo significativo della temperatura media e delle precipitazioni in tutto il mondo per più di una decade**
- ⇒ **questa interruzione ecologica diminuirebbe significamente la produzione alimentare globale mettendo circa 2 miliardi di persone a rischio di carestia.**

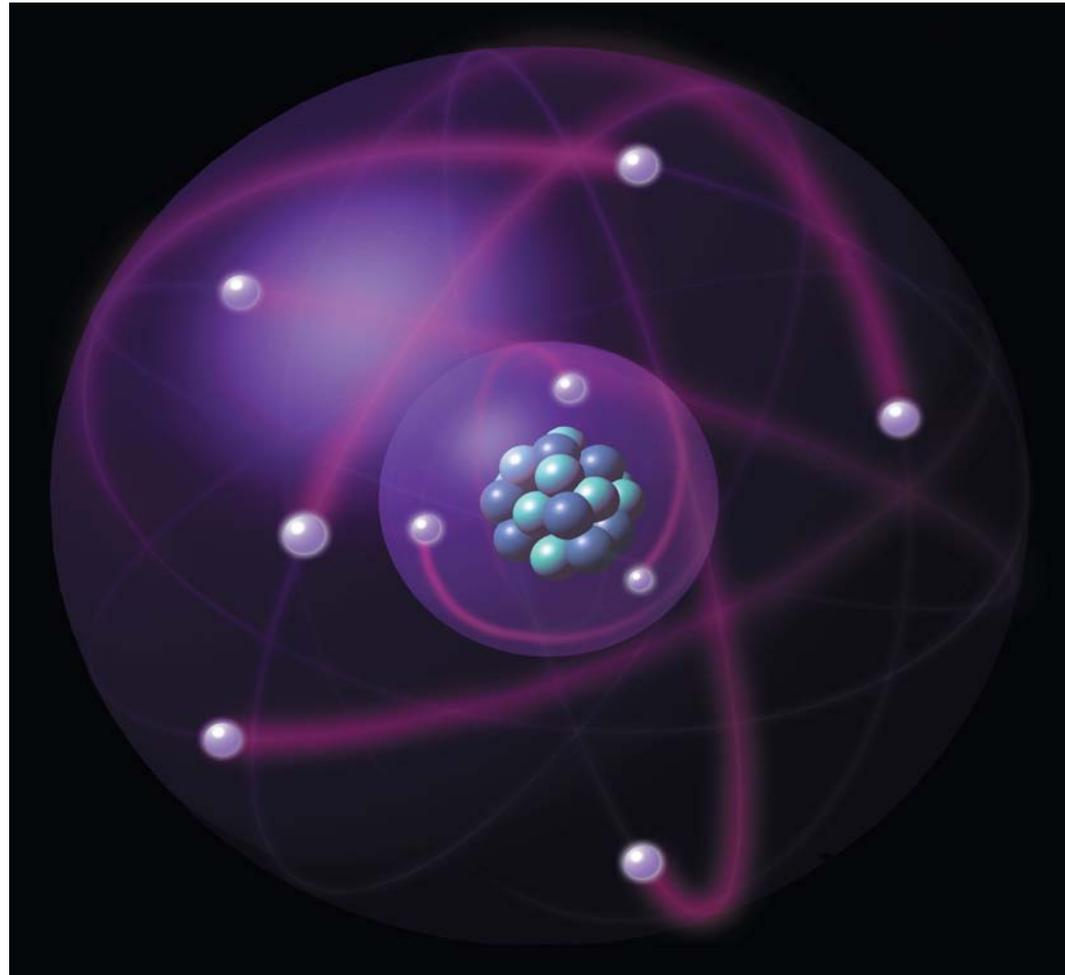
# Variazione della temperatura superficiale in °C a seguito del CNM da giugno ad agosto (a) e da dicembre a febbraio (b) nel periodo di 2-6 anni dopo il conflitto (Mills e altri)



**i processi di fissione e fusione riguardano i nuclei di certi atomi.**

**Il nucleo atomico è piccolissimo (150 mila volte più piccolo dell'atomo) e concentra tutta la massa atomica.**

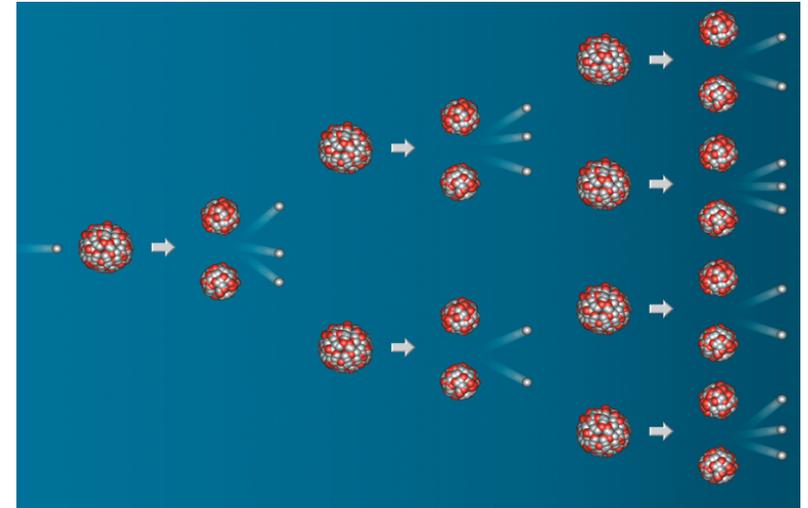
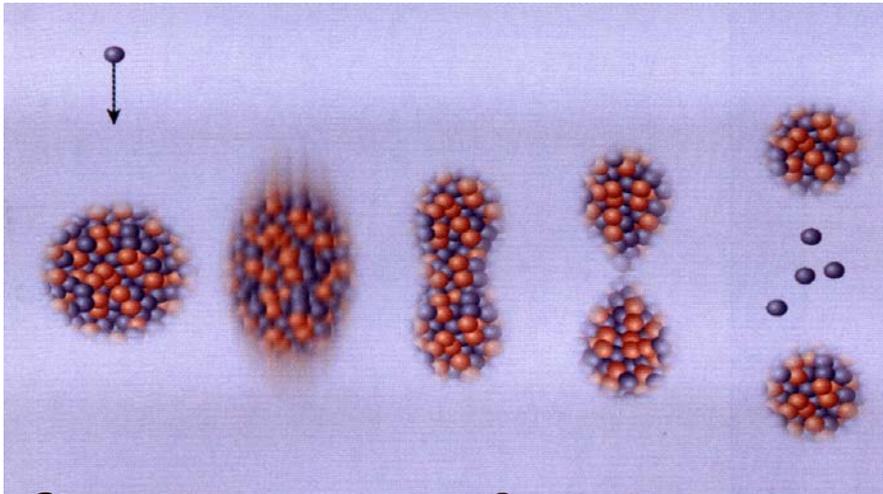
**È composto da neutroni e protoni**



# **l'energia nucleare (militare e civile)**

**si basa sulla fissione di materiali speciali:**

- uranio-235 (92 protoni e 143 neutroni) raro solo lo 0,72% dell'uranio naturale**
- plutonio-239 (94 protoni e 145 neutroni) non esistente in natura**



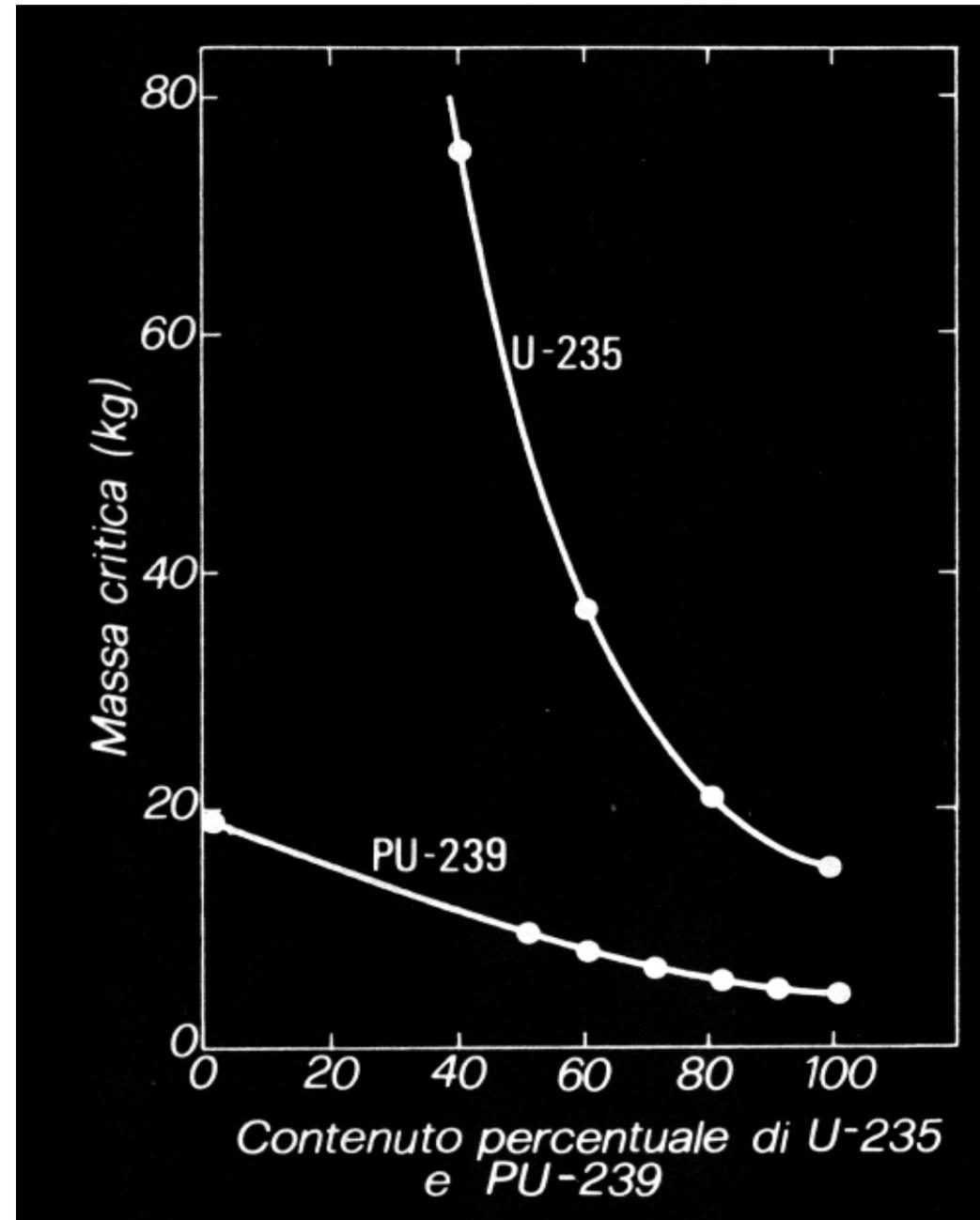
**la fissione nucleare: un nucleo assorbe un neutrone e si deforma fino a spaccarsi in due; il processo può iterarsi in una reazione a catena**

# massa critica

parte dei neutroni liberati possono sfuggire dal materiale fissile, per cui occorre una quantità minima, sotto la quale non c'è reazione a catena.

Poiché sono fissili solo uranio-235 e plutonio-239, la massa critica dipende dalla percentuale di questi nuclidi presente nel combustibile

- ▷ per le bombe si usa uranio e plutonio di purezza superiore al 90%



# **arricchimento dell'uranio – “estrazione” dell'isotopo uranio-235 dall'uranio naturale**

**una difficilissima sfida tecnologica**

- ◆ non esistono processi chimici**
- ◆ si deve giocare su una minima differenza di massa: solo 3 parti su 238**
- ◆ occorre trattare l'uranio atomo per atomo:  
produzione di esafluoruro  $UF_6$   
un gas dalle orribili proprietà**

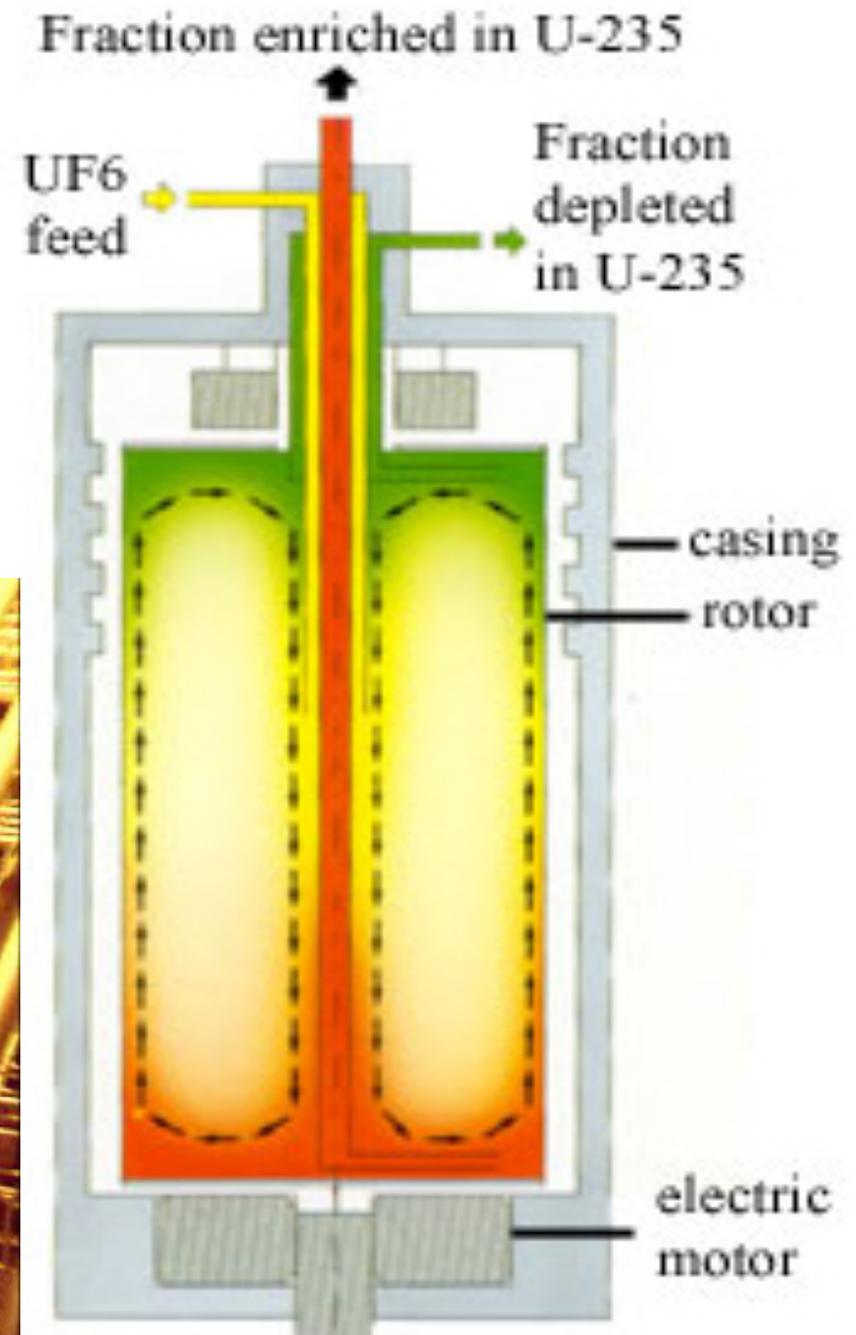
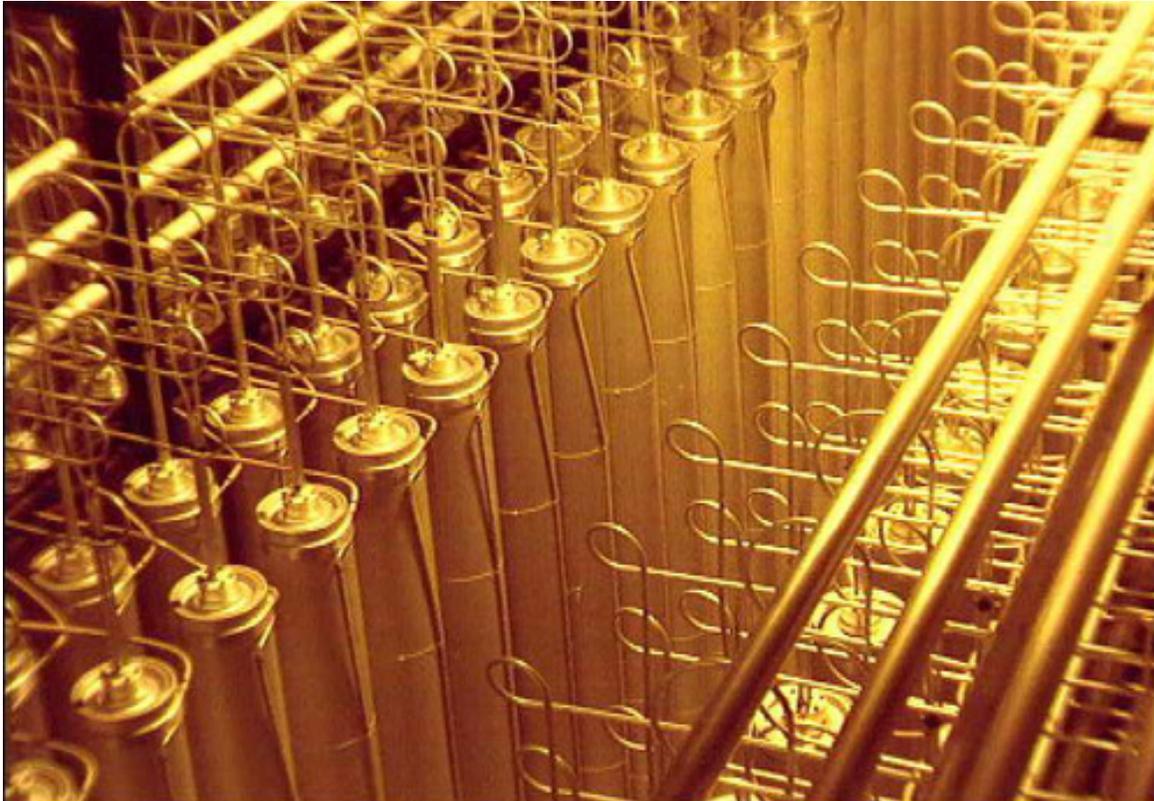


**servono grandi impianti ed enormi quantità di energia**

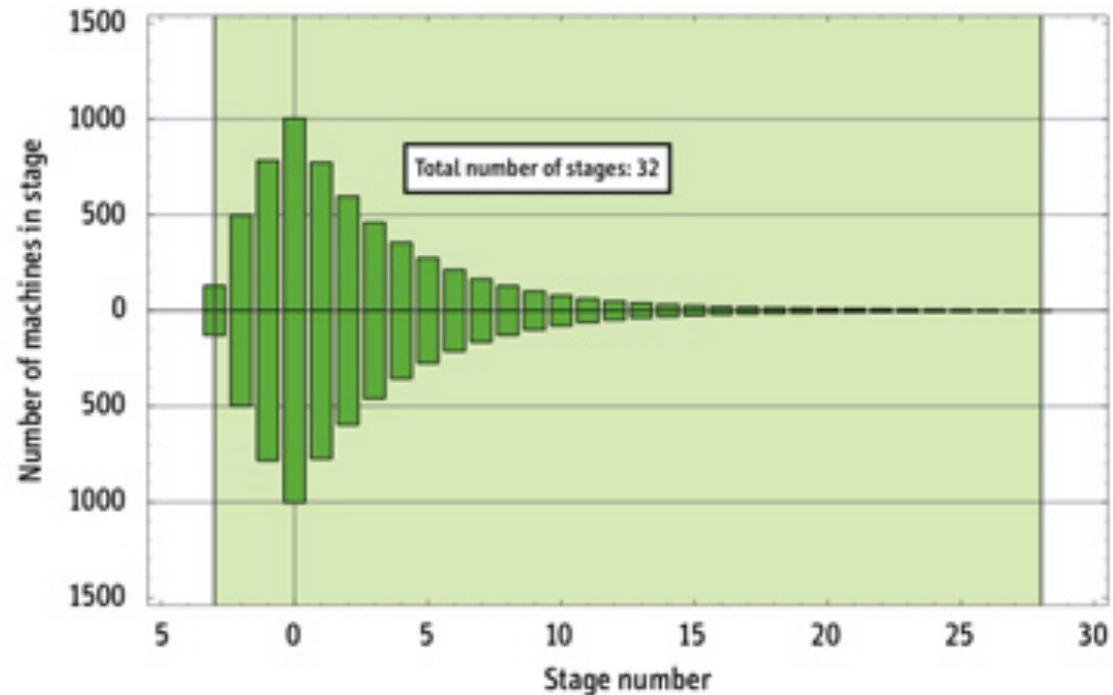
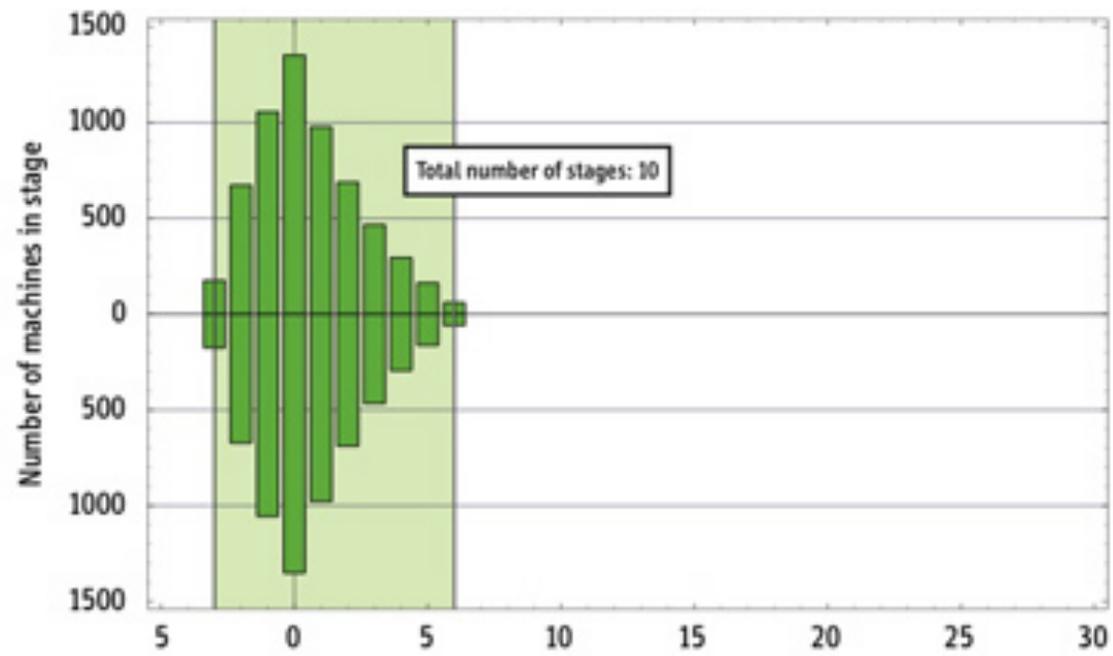


**Tricastin – richiedeva 4 reattori nucleari per 3GW**

**ultracentrifughe per  
floururo di uranio:  
lunghe da 3 a 12 m,  
compiono fra 50 e 70 mila  
rotazioni al minuto**



**lo stesso impianto di arricchimento può produrre combustibile per reattori (basso arricchimento) o materiale per armi (alto arricchimento) riorganizzando gli stadi di operazione**



# lavoro necessario per produrre materiale per reattori o per armi

Material and separative work required to fuel a 1000 MWe light-water reactor

Feed		Product		Separative Work	Time
150,000 kg	U(nat) at 0.71%	20,000 kg	LEU at 4% (Tails at 0.20%)	129,800 SWU	1 year

Material and separative work required to produce enough HEU for four bombs per year

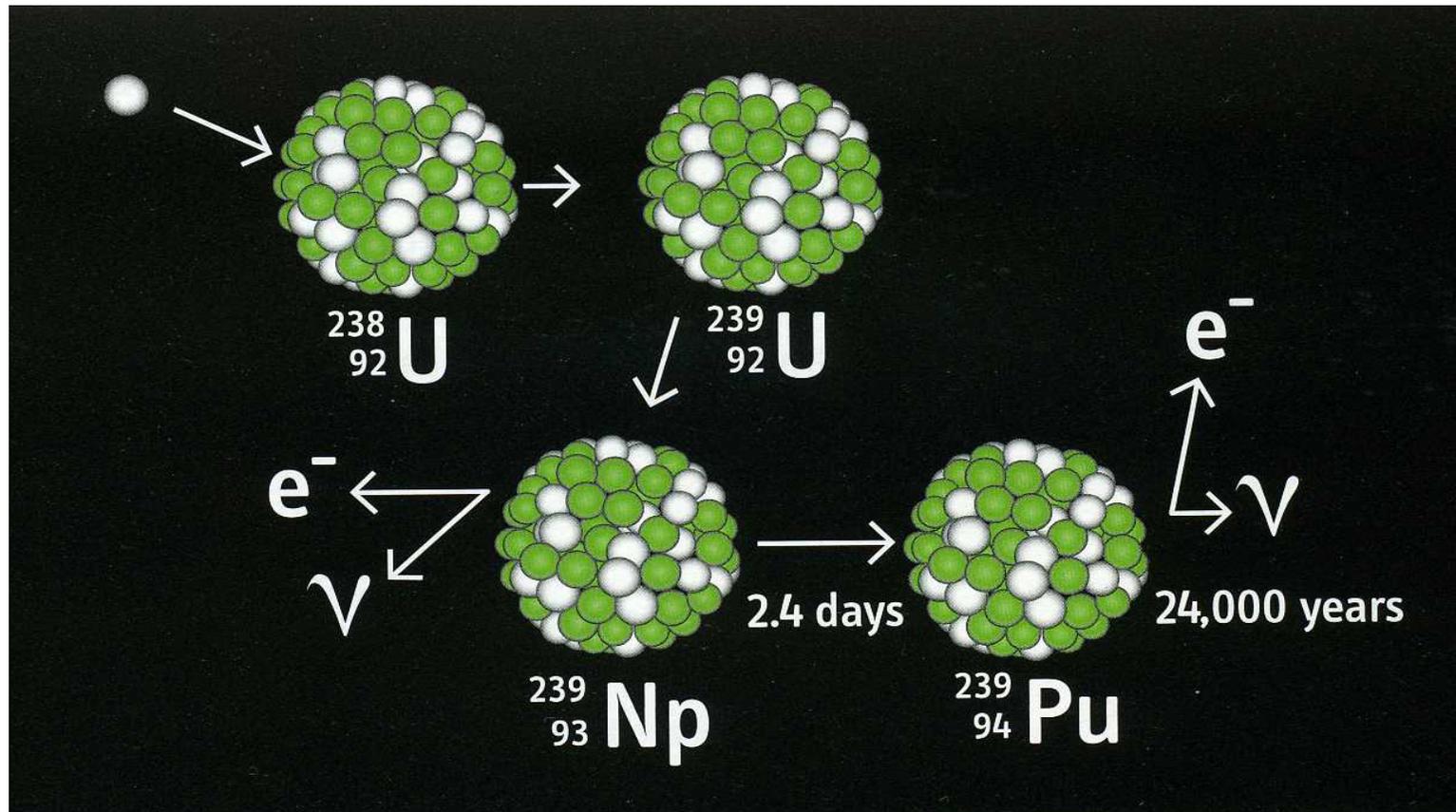
Feed		Product		Separative Work	Time
150,000 kg	U(nat) at 0.71%	820 kg	HEU at 93% (Tails at 0.20%)	192,300 SWU	
150,000 kg	U(nat) at 0.71%	100 kg	HEU at 93% (Tails at 0.65%)	14,200 SWU	40 days
20,000 kg	LEU at 4%	100 kg	HEU at 93% (Tails at 3.55%)	2,800 SWU	8 days

# la via del plutonio

Il plutonio non esiste in natura: viene prodotto nei reattori nucleari dall'uranio-238 e rimane nelle scorie della fissione.

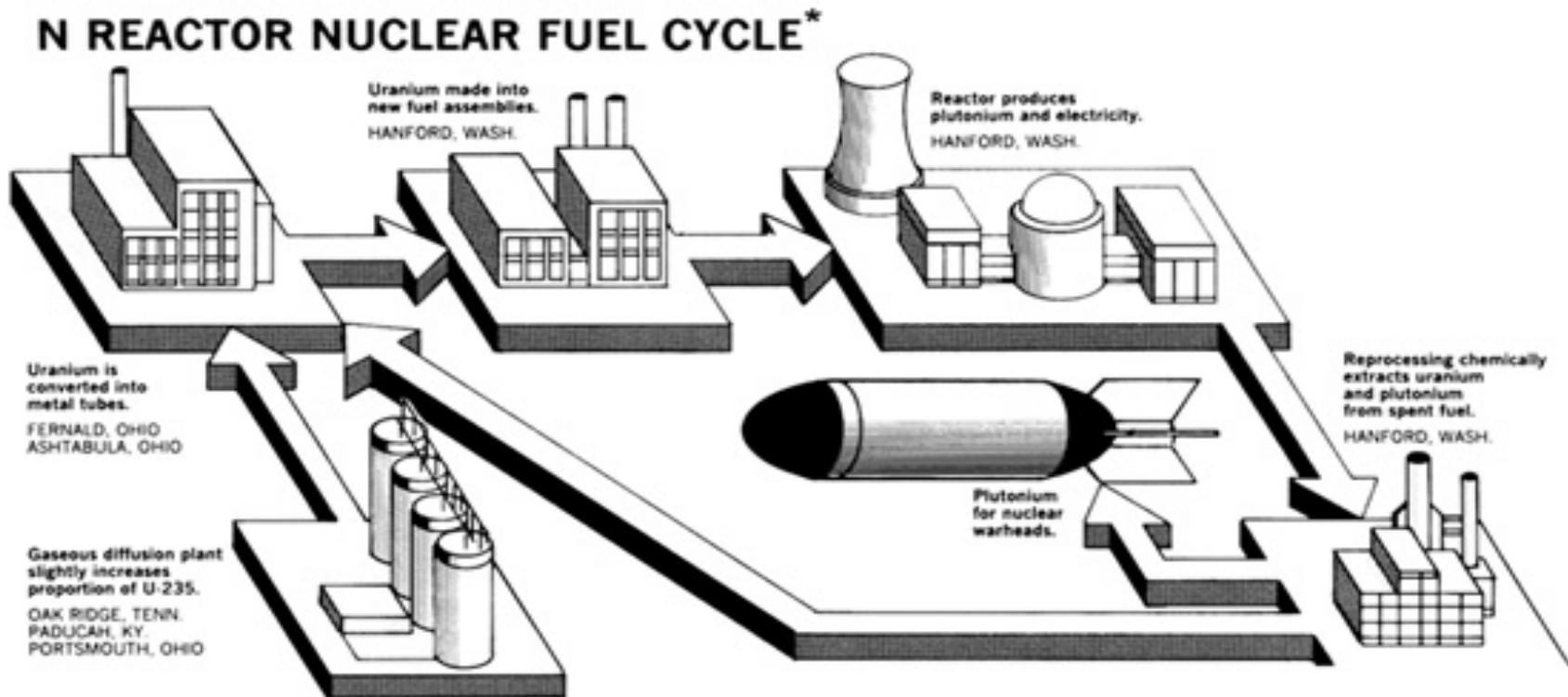
Il plutonio risulta molto più fissile dell'uranio-235, ed è "stabile".

Il plutonio costituisce un'alternativa all'arricchimento dell'uranio



# la via del plutonio

Il plutonio è chimicamente differente dagli altri residui e può venir separato con processi chimici molto efficienti, anche se con speciali cautele per l'alta radioattività



\*The N Reactor fuel cycle at Hanford has been shut down, but some facilities continue to operate.

**la via del plutonio**  
**gli impianti per la separazione del plutonio sono**  
**enormi e impiegano grandi quantità di energia**



# energia elettronucleare e armi nucleari

- ◆ **comune ciclo del materiale fissile**
  - ▷ **richiedono impianti di arricchimento dell'uranio-235**
    - LEU (4-5%) per reattori**
    - HEU (93%) per armi**
  - ▷ **separazione del plutonio**
    - MOX per reattori**
    - WGPu per armi**
- ◆ **reattori di ricerca con acqua pesante estremamente efficaci per produrre plutonio WGPu**



# **le problematiche politiche dell'energia nucleare**

- Vannevar Bush and James Conant to Stimson, 30 Sept. 1944**
- Jeffries Committee, Prospectus on Nucleonics, 18 Nov. 1944**
- Report of the Committee on Political and Social Problems (The Franck Report), 11 June 1945**
- FAS, Feasibility of International Inspection of Atomic Energy (Technical Aspects), 10 Dec. 1945**
- Report on the International Control of Atomic Energy (The Acheson-Lilienthal Report), 16 March 1946**
  - ▷ Baruch's plan per la UNAEC**
- Convenzione di disarmo generale proposta da Gromiko alla UNAEC, 19 giugno 1946**

# **Jeffries Committee, Prospectus on Nucleonics**

- altre nazioni stanno di sicuro accelerando il lavoro sull'energia nucleare**
- le armi nucleari aumenteranno enormemente il pericolo di attacchia sorpresa dando grande vantaggio all'aggressore**
- è necessaria un'autorità internazionale con ampi poteri e capacità di interventi anche repressivi per il controllo dell'uso dell'energia nucleare**
- gli sviluppi nucleari devono procedere in parallelo a decisivi sforzi per risolvere i problemi politici su scala mondiale**
- tutta la popolazione mondiale va educata alla nuova realtà: solo un'opinione pubblica consapevole dei catastrofici pericoli potenzialmente inerenti all'energia nucleare può forzare i responsabili politici allo sviluppo morale necessario per prevenire gli usi impropri della nuova fonte energetica**

# **Report of the Committee on Political and Social Problems (The Franck Report)**

- per la prima volta nella storia, la scienza non è in grado produrre una difesa a un'arma da essa sviluppata**
- impossibilità per gli USA di mantenere in alcun modo il monopolio dell'energia nucleare e dei mezzi per la produzione di armi**
- pericolo di una corsa agli armamenti**
- necessità di prevenirla mediante un sistema rigoroso di controlli internazionali,**
- l'arma nucleare per i suoi effetti indiscriminati appare analoga agli inaccettabili «gas tossici»**
- necessità di un impiego incruento della bomba**



Scanned at the American  
Institute of Physics

# **Federation of American Scientists**

## **Feasibility of International Inspection of Atomic Energy**

- deve fornire segnali di pericolo affidabili se una nazione intraprende un programma di armi nucleari; tali segnali devono venir rivelati abbastanza presto da permettere agli altri paesi di intraprendere le necessarie azioni**
- deve essere in grado di affrontare pericoli che possono sorgere dagli sviluppi ulteriori di questo campo relativamente nuovo; dal punto di vista organizzativo, il piano deve essere flessibile e facilmente capace di estensioni e contrazioni**
- deve comprendere azioni internazionali e minimizzare le rivalità fra le nazioni negli aspetti pericolosi degli sviluppi atomici**

**⇒ è impossibile creare un sistema efficace di controlli se ogni paese può sviluppare l'energia nucleare**

**prima risoluzione  
delle Nazioni Unite,  
24 gennaio 1946:  
creazione di una  
“Commissione allo scopo di  
affrontare i problemi  
generati dalla scoperta  
dell’energia atomica”**

**1 (I). ESTABLISHMENT OF A COMMISSION TO  
DEAL WITH THE PROBLEMS RAISED BY THE  
DISCOVERY OF ATOMIC ENERGY**

*Resolved by the General Assembly of the United Nations to establish a Commission, with the composition and competence set out hereunder, to deal with the problems raised by the discovery of atomic energy and other related matters:*

**5. TERMS OF REFERENCE OF THE COMMISSION**

The Commission shall proceed with the utmost despatch and enquire into all phases of the problem, and make such recommendations from time to time with respect to them as it finds possible. In particular, the Commission shall make specific proposals:

(a) for extending between all nations the exchange of basic scientific information for peaceful ends;

(b) for control of atomic energy to the extent necessary to ensure its use only for peaceful purposes;

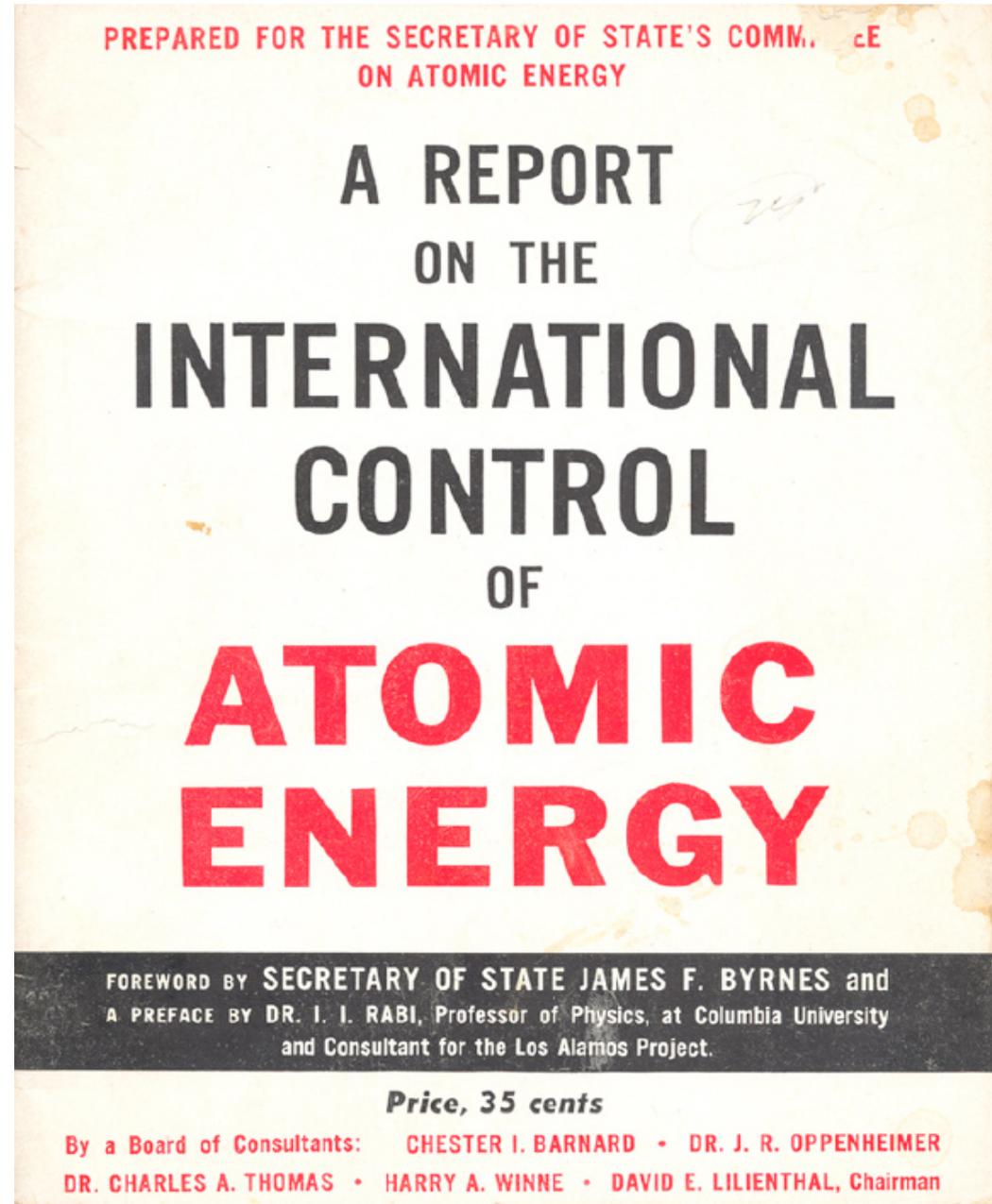
(c) for the elimination from national armaments of atomic weapons and of all other major weapons adaptable to mass destruction;

(d) for effective safeguards by way of inspection and other means to protect complying States against the hazards of violations and evasions.



# commissione Acheson-Lilienthal (gennaio 1946)

- creata da Dean Acheson, sottosegretario agli esteri
- obiettivo: definire la proposta USA all'UNAEC
- composta da 5 membri
- diretta da David Lilienthal
- dominata da Robert Oppenheimer



# **rapporto Acheson-Lilienthal**

- **controlli e ispezioni internazionali inefficaci a prevenire diversione per armi nucleari da programmi civili**
- **disarmo nucleare impossibile se ogni paese libero di sviluppare applicazioni civili dell'energia nucleare**
- **distinzione fra attività critiche per lo sviluppo di armi e quelle che non pongono rischi significativi e permettono un facile controllo.**
- **assegnare a un'agenzia internazionale indipendente (*Atomic Development Authority*–ADA) le attività critiche: la proprietà di tutti i giacimenti di uranio e torio, di tutti gli impianti industriali di produzione e arricchimento dei materiali fissili, dei laboratori di ricerca per lo sviluppo scientifico e tecnologico nel settore nucleare**
- **l'ADA avrebbe quindi fornito ai singoli centri scientifici o industriali dei vari paesi i materiali fissili per gli usi civili, sottoponendoli a rigorose ispezioni**
- **alla creazione dell'ADA distruzione di tutte le armi esistenti**

# **Commissione atomica delle Nazioni unite**

- **14 giugno 1946 Bernard Baruch presenta un piano con modifiche del rapporto Acheson-Lilienthal:**
  - ▷ **aggiunge la sospensione del diritto di veto ai membri del Consiglio di sicurezza sulle questioni atomiche**
  - ▷ **rimanda l'inizio della distruzione delle armi americane a quando il piano fosse pienamente in vigore**
- **19 giugno 1946 Gromiko presenta una controproposta sovietica per un "general and complete disarmament"**
- **30 dicembre 1946 il piano Baruch ottiene 10 voti a favore e l'astensione di Polonia e URSS**
  - ▷ **non viene trasmesso al Consiglio di sicurezza**
  - ▷ **non viene adottato**
- **11 giugno 1947 proposta russa di una "international control commission" – respinta**
- **17 maggio 1948 l'UNAEC si scioglie dopo 200 sedute**

# **lezioni da Hiroshima**

- 1. le armi nucleari sono irresistibili**
- 2. le armi nucleari (e la loro minaccia) possono essere risoltrici di un conflitto**
- 3. le armi nucleari sono indispensabili per difendersi da una minaccia nucleare**
- 4. un armamento nucleare permette di contenere un avversario più potente convenzionalmente**
- 5. il prestigio internazionale acquisito è enorme**
- 6. all'interno, si rafforza il potere del governo**

- 7. alla produzione di armi si accoppia lo sviluppo della tecnologia nucleare civile**
- 8. la realizzazione di armi nucleari assicura un balzo nelle capacità scientifiche e tecnologiche**
- 9. la produzione di armi nucleari permette di coinvolgere e controllare la comunità scientifica**
- 10. la produzione di armi nucleari è difficile e richiede:**
  - ▷ disponibilità di materie prime**
  - ▷ ricerche scientifiche coordinate**
  - ▷ sviluppi tecnologici**
  - ▷ struttura organizzativa**
  - ▷ finanziamenti pluriennali significativi**

# criteri per le forze nucleari

- ◆ **sopravvivibili**

non devono venir facilmente o rapidamente distrutte da un attacco nemico

- ◆ **flessibili**

devono poter rispondere a un'ampia varietà di azioni nemiche

- ◆ **efficaci militarmente**

devono poter raggiungere obiettivi nemici importanti e distruggerli in modo certo

- ◆ **abbordabili**

non devono portare lo stato alla bancarotta

- ◆ **selettive**

in grado di discriminare fra obiettivi militari e civili

- ◆ **sicure, affidabili e inviolabili**

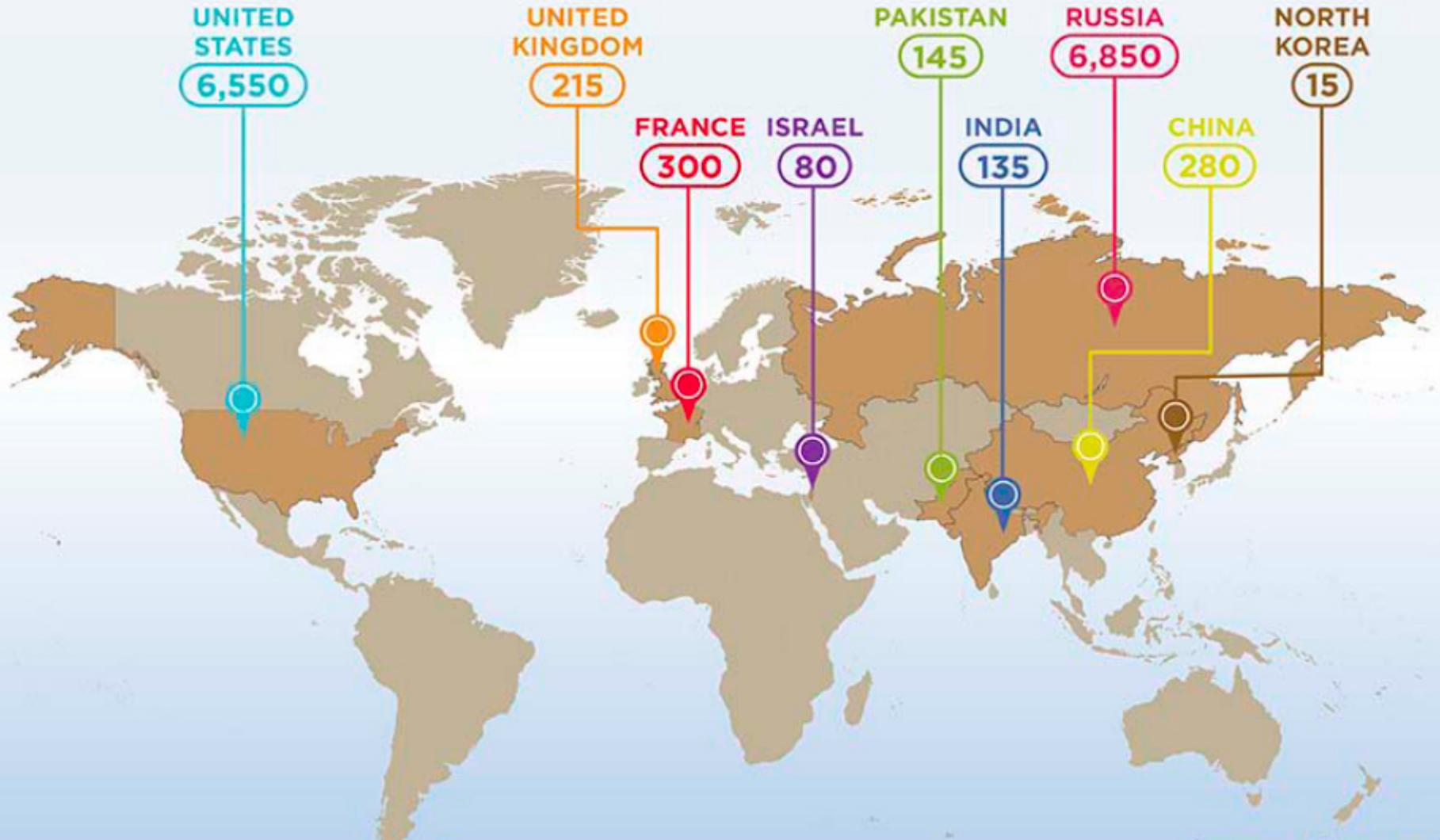
**numerosi paesi  
hanno considerato  
seriamente  
l'acquisizione di  
armi nucleari**

**il trattato NPT è  
uno strumento  
cruciale per  
limitare la  
proliferazione**

La proliferazione nucleare nel tempo

Paese	esplorazione	sviluppo	Acquisizione
USA	1939-	1942-	1945-
Russia	1942-	1943-	1949-
UK	1940-	1941-	1952-
Francia	1945-	1954-	1960-
Cina	1956-	1956-	1964-
Israele	1949-	1955-	1967-
India	1948-	1964-1966, 1972-1975	1980-
Pakistan	1972-	1972-	1987-
Corea del Nord	1962-	1980-	2006-
Sud Africa	1969-1991	1974-1991	1979-1991
Yugoslavia	1949-1962, 1974-1987	1953-1962, 1982-1987	
Brasile	1966-1990	1975-1990	
Corea del Sud	1970-1975	1970-1975	
Libia	1970-2003	1970-2003	
Iran	1974-1979, 1984-2015	1989-2015	
Iraq	1976-1991	1976-1991	
Germania (Reich)	1939-1945		
Giappone	1941-1945, 1967-1970		
Svezia	1945-1970		
Svizzera	1945-1969		
Norvegia	1947-1962		
Egitto	1955-1980		
Italia	1955-1958		
Australia	1956-1973		
Germania Ovest	1957-1958		
Indonesia	1964-1967		
Taiwan	1967-1976, 1987-1988		
Argentina	1978-1990		
Romania	1978-1989		
Algeria	1983-1991		

The world's nuclear-armed states possess a combined total of roughly 15,000 nuclear warheads; more than 90 percent belong to Russia and the United States. Approximately 9,600 warheads are in military service, with the rest awaiting dismantlement.



**consistenza numerica degli arsenali nucleari**

# **struttura degli arsenali nucleari attuali**

- ◆ **triade operativa (ICBM, bombardieri e sommergibili)**  
**Russia e USA**
- ◆ **triade in fase di completamento**  
**Cina, India e Israele**
- ◆ **forze missilistiche e aeree**  
**Pakistan e Corea del Nord**
- ◆ **sommergibili e aerei**  
**Francia**
- ◆ **sommergibili**  
**Regno Unito**
- ◆ **forze aeree**  
**NATO**

# **classificazione operativa degli armamenti nucleari**

## **◆ generale**

- ▷ strategici: con obiettivi i gangli politico-sociali cruciali e le forze nucleari strategiche dell'avversario**
- ▷ tattici: per impieghi sul campo di battaglia**

## **◆ specifica fra Russia e USA**

- ▷ strategici: quelli considerati negli accordi “strategici” bilaterali USA – Russia**
- ▷ non strategici: tutti gli altri**

# impieghi tattici

the use of nuclear weapons by land, sea, or air forces against opposing forces, supporting installations or facilities, in support of operations that contribute to the accomplishment of a military mission of limited scope, or in support of the military commander's scheme of maneuver, usually limited to the area of military operations.



**armi tattiche della guerra fredda**  
bombe a gravità, missili a corta gittata,  
proiettili di artiglieria, mine terrestri,  
cariche di profondità e siluri nucleari,  
missili terra-aria o nave-aria e aria-aria

▷ **problema della delega dell'uso ai militari sul campo di battaglia**



580107

# armi nucleari tattiche della NATO



Figure 4: U.S. Nuclear Weapons in Europe

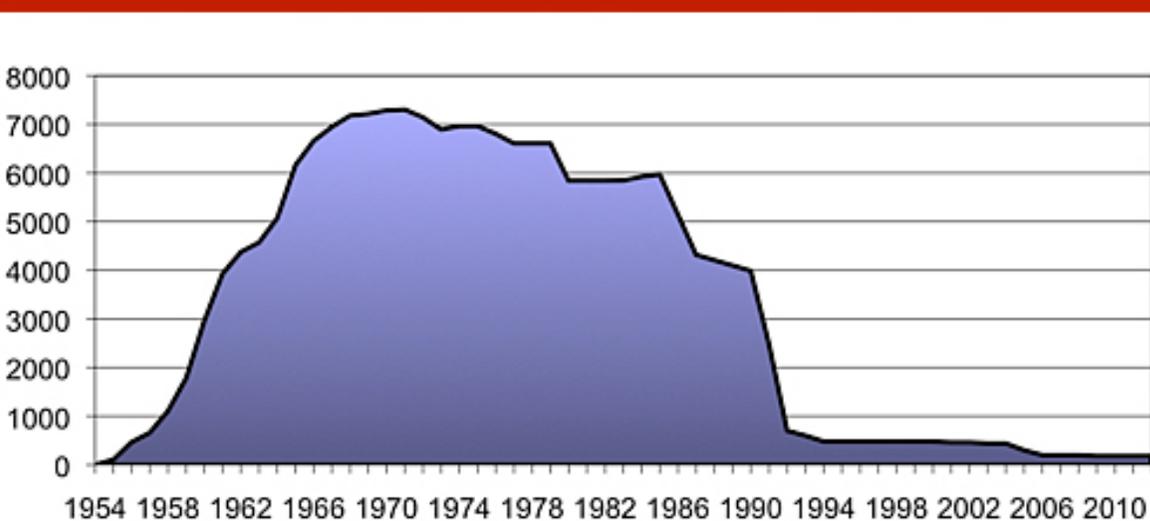


Figure 2: U.S. Nuclear Weapons in Europe

Country	Nuclear Weapons
Belgium	10-20
Germany	10-20
Italy	60-70*
Netherlands	10-20
Turkey	60-70*
<b>Total</b>	<b>160-200**</b>

<b>Paese</b>	<b>Base</b>	<b>Località</b>	<b>Forze aeree</b>	<b>Controllo testate</b>
<b>Belgio</b>	<b>Kleine Brogel</b>	<b>Limburg</b>	F-16 10° stormo caccia belga	701° squadrone supporto munizioni USA
<b>Germania</b>	<b>Büchel</b>	<b>Rheinland-Pfalz</b>	Tornado PA-200 33° stormo caccia-bombardieri tedeschi	701° squadrone supporto munizioni USA
<b>Italia</b>	<b>Aviano</b>	<b>Friuli</b>	F-16 31° stormo caccia USA	704° squadrone supporto munizioni USA
	<b>Gheddi Torre</b>	<b>Lombardia</b>	Tornado PA-200 6° stormo caccia italiano	704° squadrone supporto munizioni USA
<b>Olanda</b>	<b>Volkel</b>	<b>Noord-Brabant</b>	F-16 1° stormo caccia olandese	703° squadrone supporto munizioni USA
<b>Turchia</b>	<b>Incirlik</b>	<b>Adana</b>	F-16 da altre basi americane	

# NATO nuclear modernization

## ◆ air Force

- Italy, The Netherlands and Turkey: **F-35A**
- Germany: **Tornado life-extension**
- Belgium: **F-16 replacement**

## ◆ **B61-12 weapons**

## ◆ NATO nuclear posture

*Allies concerned will ensure that all components of NATO's nuclear deterrent remain safe, secure, and effective for as long as NATO remains a nuclear alliance.*



# bombe americane di "bassa" potenza

## US Nuclear Weapons With Low-Yield Options

*Kristensen/FAS, 2017*

**Current Weapons: 6 types, ~1,100 stockpiled**



**B61-3 tactical gravity bomb**  
 Yields: 0.3, 1.5, 60, 170 kt  
 Platforms: F-15E, F-16, PA-200



**B61-4 tactical gravity bomb**  
 Yields: 0.3, 1.5, 10, 50 kt  
 Platforms: F-15E, F-16, PA-200



**B61-7 strategic gravity bomb**  
 Yields: 10-360 kt  
 Platforms: B-2, (B-52H)



**B61-10 tactical gravity bomb**  
 Yields: 0.3, 5, 10, 80 kt  
 Platforms: F-15E, F-16, PA-200



**B83-1 strategic gravity bomb**  
 Yields: low-1,200 kt  
 Platforms: B-2, (B-52H)



**W80-1/AGM-86B air-launched cruise missile**  
 Yields: 5-150 kt  
 Platforms: B-52H

**Future Weapons: 2 types, ~1,000 stockpiled**

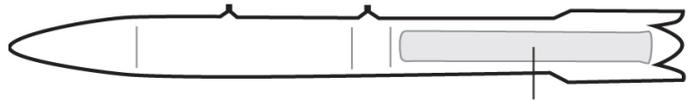


**B61-12 tactical/strategic gravity bomb**  
 Yields: 0.3, 1.5, 10, 50 kt  
 Platforms: B-2A, B-21, F-15E, F-16C/D, F-35A, PA-200



**W80-4/LRSO air-launched cruise missile**  
 Yields: low-150 kt  
 Platforms: B-2A, B-21, B-52H

### OLDER B61 NUCLEAR BOMB



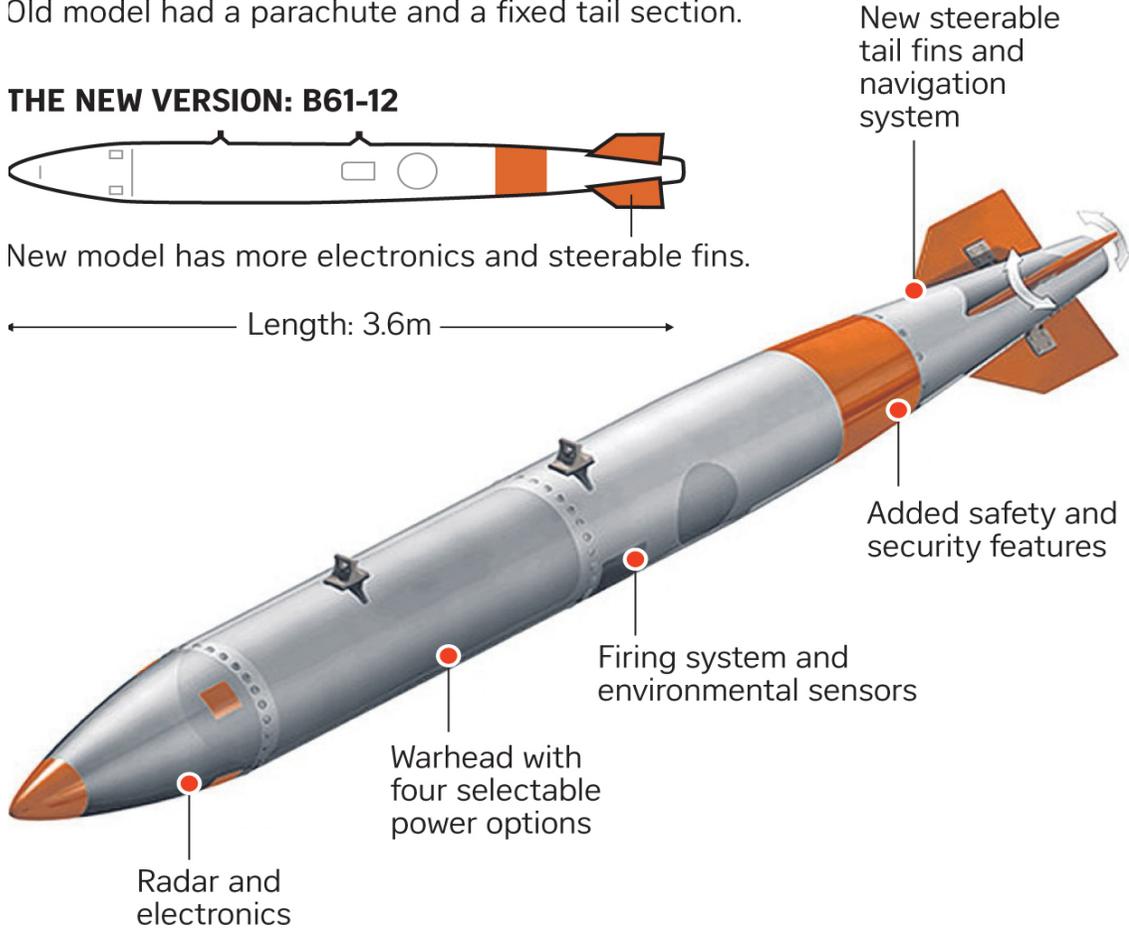
Old model had a parachute and a fixed tail section.

### THE NEW VERSION: B61-12



New model has more electronics and steerable fins.

← Length: 3.6m →



New steerable tail fins and navigation system

Added safety and security features

Firing system and environmental sensors

Warhead with four selectable power options

Radar and electronics

Source: Federation of American Scientists GRAPHICS ADAPTED FROM THE NEW YORK TIMES

# armi nucleari "tattiche" russe

<b>Estimated Russian Tactical Nuclear Weapons</b>			
<u>Weapons Category</u>	<u>Reduction Since 1991<sup>a</sup></u>	<u>Weapons Remaining</u>	
		<u>(total)</u>	<u>(deployed)</u>
Army	100 percent	0 <sup>b</sup>	0
Air/missile defence <sup>c</sup>	60 percent <sup>d</sup>	1,120	700
Air Force	50 percent	2,000	650
Navy	30 percent	2,270	700
<b>Total</b>		<b>5,390</b>	<b>2,050</b>

<sup>a</sup> According to Colonel General Vladimir Verkhovtsev in "Russia determined to keep tactical nuclear arms for potential aggressors," *Pravda*, October 31, 2007.

<sup>b</sup> The Bush administration claimed in 2004 that Russia had not eliminated all.

<sup>c</sup> Includes surface-to-air missiles and anti-ballistic missiles.

<sup>d</sup> This reduction is 10 percent greater than President Yeltsin's pledge.

© Hans M. Kristensen/Federation of American Scientists, 2009

Figure 20: SSC-1b Sepal Launch



The SSC-1b Sepal (Redut) coastal missile defense system is thought to be operational with a secondary nuclear role. Image: Russian Ministry of Defense

Figure 15: Soltsy Air Base



# armi tattiche russe



Figure 17: SS-N-22 Loading



An SS-N-22 is loaded onto a Dergach-class patrol boat at the Russian base at Sevastopol in Ukraine (the ship is at coordinates 44°37'24.61"N, 33°32'44.82"E).

Image: Russian Ministry of Defense

Figure 13: Estimated Russian Non-Strategic Nuclear Forces, 2012

Delivery Platform	Number Deployed	Years Deployed	Nuclear Capability	Estimated Warheads
<b>Air Forces<sup>a</sup></b>				~730
Tu-22M3 Backfire-C	150	1986	AS-4 Kitchen, AS-16 Kickback, bomb	
Su-24M Fencer	260	1974	Bomb	
Su-34 Fullback	20	2011	Bomb	
<b>Navy</b>				~700
Borey SSBN*	(1)	2012	SS-N-15 <sup>2</sup> , torpedo	
Delta IV SSBN*	6	1984-1990	SS-N-15, torpedo	
Delta III SSBN*	3	1979-1982	Torpedo	
Oscar II SSGN	8	1988-1996	SS-N-19, SS-N-16, SS-N-15, torpedo	
Akula I/II SSN	10	1988-2001	SS-N-21, SS-N-16, SS-N-15, torpedo	
Severodvinsk SSN	(1)	2012	SS-N-15, torpedo	
Sierra I/II SSN	3	1987-1993	SS-N-21, SS-N-16, SS-N-15, torpedo	
Victor III SSN	4	1988-1992	SS-N-21, SS-N-16, SS-N-15, torpedo	
Kilo SS	15	1981-	Torpedo	
Kuznetsov CV	1	1990	SS-N-19, DB	
Kirov CGN	2	1980-1998	SS-N-19, SS-N-16, SA-N-20, DB	
Slava CG	3	1982-1990	SS-N-12, SA-N-20, DB	
Sovremenny DDG	7	1980-1993	SS-N-22	
Udaloy II DDG	1	1999	SS-N-22, DB	
Udaloy DDG	8	1982-1991	DB <sup>b</sup>	
Krivak I FFG	2	1980-1981	DB <sup>b</sup>	
Neustashimyy FFG	2	1993-2009	SS-N-16, SS-N-15	
Nanuchka I/III FSG	14	1970-1991	SS-N-9	
Tarantul III FSG	18	1986-1995	SS-N-22	
Dergach PHM	2	1995-1997	SS-N-22	
<b>Army</b>				~170
SS-21 Scarab (Tochka)	150	1981	SS-21 Scarab	
SS-26 Stone (Iskander)	24	2005	SS-26 Stone	
<b>Defense</b>				~430
A-135 ABM	68	1989/1986	Gorgon, Gazelle	
S-300	~1,000	1980/1986	SA-10 Grumble, SA-12 Gladiator/Giant	
Coastal	34	1973	SSC-1B Sepal	
<b>Total</b>				~2,000

# la distinzione “strategico-tattico” al di fuori del rapporto Russia-USA è poco significativo

si considerano tattiche armi a portata inferiore a 500 km; comprendono bombe a gravità, missili balistici e cruise



# **impieghi strategici**

**A strategic mission is directed against one or more of a selected series of enemy targets with the purpose of progressive destruction and disintegration of the enemy's war-making capacity and will to make war. Targets include key manufacturing systems, sources of raw material, critical material, stockpiles, power systems, transportation systems, communication facilities, and other such target systems. As opposed to tactical operations, strategic operations are designed to have a long-range rather than immediate effect on the enemy and its military forces.**

- countervalue: popolazione civile, impianti industriali, centri politici**
- counterforce: forze nucleari operative, basi militari nucleari, centri di comando e controllo militari**
  - ▷ richiede alta precisione dell'attacco**
- anti-missile balistico (ABM)**

**si possono razionalizzare le armi nucleari?**



# razionalizzabilità delle armi nucleari

◆ *A nuclear weapon is not a weapon in the conventional semantic sense. It is not a rational means to a rational end. It is an instrument of unlimited, universal destruction, hence the threat or the actuality of a nuclear war is not a rational instrument of national policy because it is an instrument of suicide and genocide.*

Hans J. Morgenthau

◆ *the basic axioms of the nuclear age: the impossibility of defence; the hopeless vulnerability of the world major cities; the attraction of a sudden attack; and the necessity of a capability for retaliation*

Lawrence Freedman

# razionalizzazione del possesso delle armi nucleari

- ◆ atteggiamento coercitivo (implicito o esplicito)

***coercizione***: costringere altri a compiere azioni nel nostro interesse contro la loro volontà

- ◆ atteggiamento dissuasivo

***deterrenza***: dissuadere gli avversari dal compiere azioni contro il nostro interesse rendendo credibili rappresaglie

# **esempi di strategia coercitiva**

- ◆ **5 settembre 1941 Churchill al Consiglio dei capi di stato maggiore: le armi nucleari per garantire a UK e USA di “policing and controlling the world”**
- ◆ **agosto 1945 bombardamento e minacce di ulteriori bombe nucleari per forzare la resa incondizionata del Giappone**
- ◆ **Londra 11 settembre-2 ottobre 1945 incontro dei ministri degli esteri dei paesi vincitori: il segretario di stato James Byrnes ricorre (invano) al monopolio atomico americano per influenzare la politica sovietica e per rafforzare la posizione negoziale americana**

# la minaccia di Truman

“We are now prepared **to obliterate more rapidly and completely** every productive enterprise the Japanese have above ground in any city.

We shall destroy their docks, their factories, and their communications.

Let there be no mistake; **we shall completely destroy Japan's power** to make war... If they do not now accept our terms they may expect a rain of ruin from the air, the like of which has never been seen on this earth.”

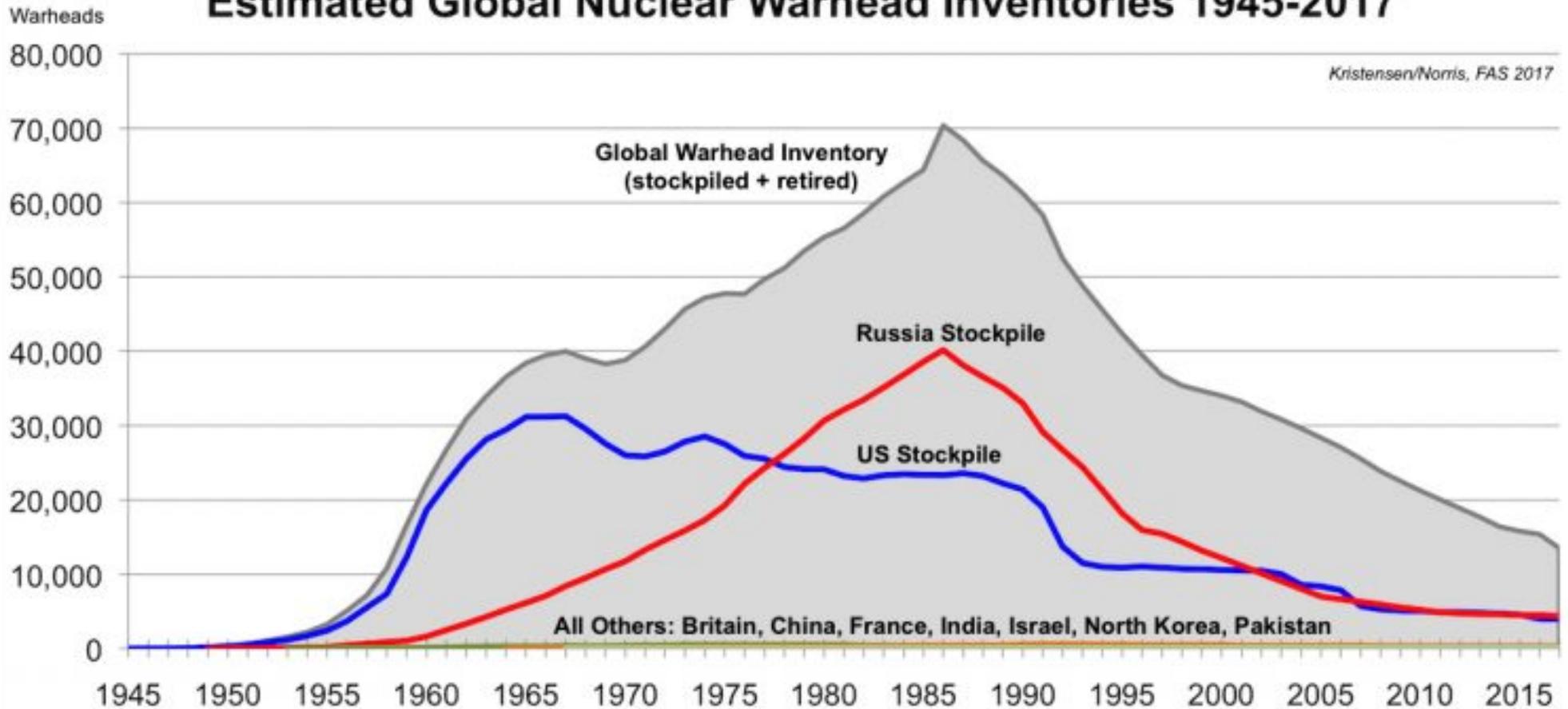
# **criteri per una strategia coercitiva**

- ◆ **monopolio o grande superiorità militare**
- ◆ **credibilità della minaccia**
- ◆ **numero adeguato di armi nucleari**
  - ▷ **moltiplicazione delle bombe**
- ◆ **armi di grande potenza**
  - ▷ **sviluppo delle armi termonucleari**
- ◆ **ottimizzazione delle dimensioni ed efficacia**
  - ▷ **campagne di test nelle varie condizioni**
- ◆ **vettori con grande raggio d'azione e buona penetrazione delle difese aeree**

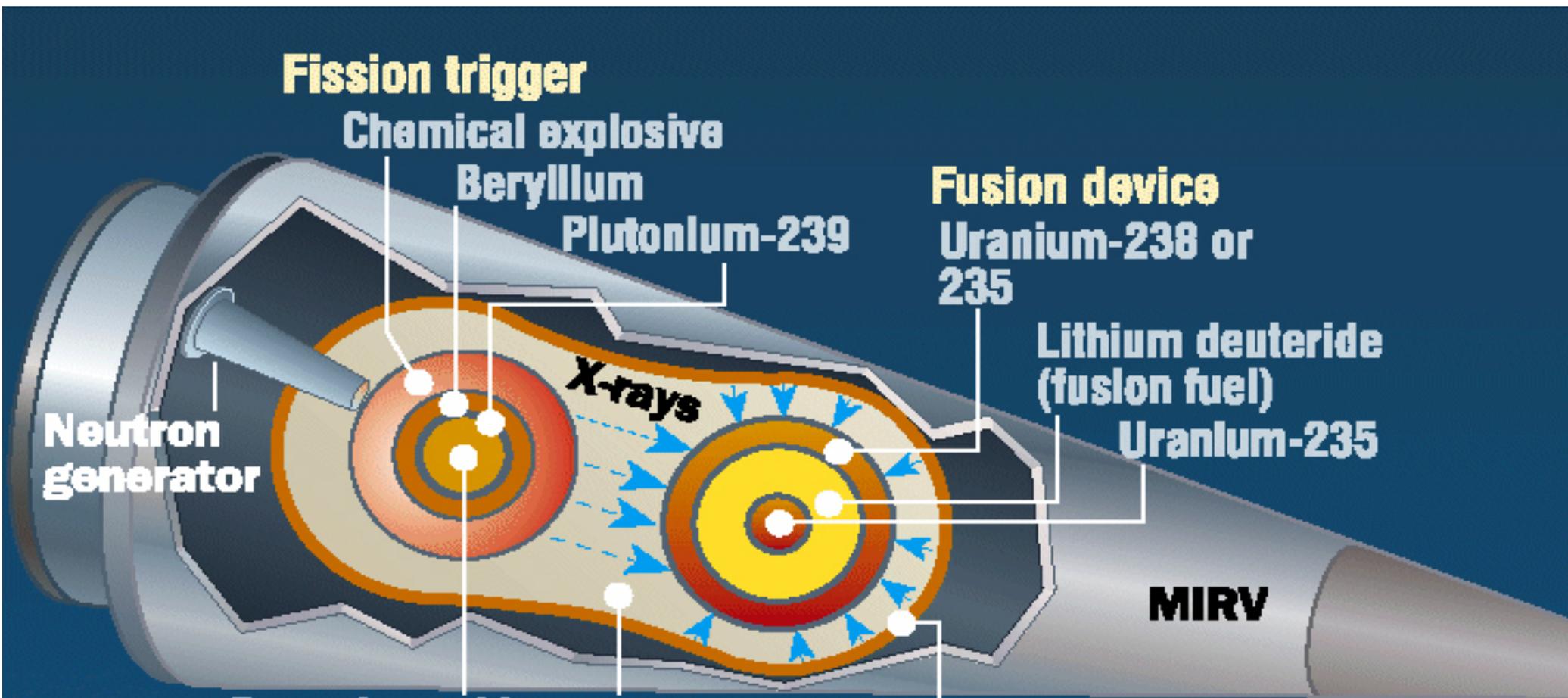
# evoluzione temporale degli ordigni nucleari

- ▷ obiettivi “counterforce” richiedono la moltiplicazione degli ordigni finché non si creano vettori ad alta precisione

## Estimated Global Nuclear Warhead Inventories 1945-2017







**Fission trigger**

Chemical explosive

Beryllium

Plutonium-239

**Fusion device**

Uranium-238 or 235

Lithium deuteride (fusion fuel)

Uranium-235

Neutron generator

X-rays

MIRV

Deuterium-tritium (DT) gas

Foam

Uranium-238 case

MIRV length: 5.7 feet

MIRV base diameter: 1.8 feet

Explosive power: 300,000 tons of TNT

**monopolio nucleare USA non spendibile  
militari americani suggerivano una guerra preventiva  
per impedire la creazione della forza nucleare sovietica  
(anni '40)**

**impossibile per**

- ▷ **la mancanza di informazioni affidabili sull'URSS e le sue capacità e strutture atomiche**
- ▷ **la limitata efficienza delle forze aeree**
- ▷ **la scarsa forza operativa**

*unico vettore strategico  
disponibile negli anni '40: il B29*



# **esempi di strategia deterrente**

- ◆ **artiglierie per la difesa di Siracusa (Dionisio I 399 aC)**
- ◆ **il ponte sul Reno di Cesare (55 aC)  
campagna contro gli Suebi**
- ◆ **il fuoco greco a presidio di Bisanzio contro gli arabi  
(secolo VIII)**
- ◆ **armi chimiche nella seconda guerra mondiale**
  - **diffida di Roosevelt al Giappone (6 giugno 1942) e  
ai paesi dell'asse (9 giugno 1943);**
  - **di Churchill contro l'uso tedesco in Russia  
(maggio 1942)**

# **deterrenza nucleare – minaccia di rappresaglia**

**l'enormità della devastazione delle armi nucleari comporta che**

- ◆ nessun obiettivo politico concepibile può giustificare il rischio di assorbire una devastante rappresaglia nucleare**
- ◆ l'obiettivo primario delle armi nucleari non è il loro impiego, ma la prevenzione del loro uso**

**è la motivazione dichiarata degli armamenti di tutte le potenze nucleari, ma ognuna ha la sua interpretazione**

# **la teoria razionale della deterrenza fissa le condizioni basiche per deterrere un avversario:**

- ▷ capacità effettive e dimostrate di rappresaglia**
- ▷ una minaccia chiaramente comunicata**
- ▷ una credibile volontà di portare a compimento la minaccia**
- ▷ la predisposizione a subire una rappresaglia**
- ▷ confronto fra competitori assolutamente razionali**

**in situazioni di incertezza sulle forze e la credibilità delle minacce dell'avversario può crearsi una situazione di auto-deterrenza**

# **esempi di deterrenza nucleare “canonica”**

- ◆ non ricorso alle armi nucleari americane nella guerra in Corea**
- ◆ mutua deterrenza nel blocco di Berlino Ovest (1961)**
- ◆ mutua deterrenza nella crisi di Cuba (1962)**
- ◆ “risposta flessibile” della NATO al dispiegamento dei missili sovietici SS-20 nel teatro europeo (1981)**
- ◆ programma nucleare della Corea del Nord**

# **deterrenza nucleare: condizioni operative**

- ◆ **second strike capability:**

**la capacità di assorbire un attacco nucleare avversario mantenendo forze nucleari sufficienti per una reazione di rappresaglia**

- ◆ **effettivo controllo di tutti gli apparati e forze armate**

- ◆ **arms control**

- ▷ **creazione e mantenimento di una stabilità strategica**

- ▷ **limitazione dei sistemi ABM, ASAT e ASW**

- ▷ **eliminazione controllata di sistemi da first strike**

- ▷ **informazioni sicure sulle forze e dottrine nucleari**

- ◆ **no first use position**

# accordi per limitazioni dello sviluppo delle armi

## ◆ proibizione dei test

- Partial Test Ban Treaty – PTBT (universale)
- Threshold Test-Ban Treaty – TTBT (bilaterale)
- Treaty on underground nuclear experiments for peaceful purposes – PNET (bilaterale)
- Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty – CTBT (universale) – **non in vigore**

## ◆ proibizione della produzione di materiale fissile

- Fissile Material Cut-off Treaty – FMCT (universale)  
**non in discussione**

## ◆ limitazione della proliferazione

- Non Proliferation Treaty – NPT (universale)
- 1994 “Agreed Framework” (DPRK – USA) **non in vigore**
- Joint Comprehensive Plan of Action (E3/EU+3 – Iran) **in crisi**

# accordi per limitazioni geografiche

## ◆ trattati universali

- Antarctic Treaty
- Outer Space Treaty
- Seabed Treaty

## ◆ Nuclear-Weapon-Free Zones

- Treaty for the Prohibition of Nuclear Weapons in Latin America and the Caribbean (Treaty of Tlatelolco)
- South Pacific Nuclear Free Zone Treaty (Treaty of Rarotonga)
- Treaty on the Southeast Asia Nuclear Weapon-Free Zone (Treaty of Bangkok)
- African Nuclear-Weapon-Free Zone Treaty (Treaty of Pelindaba)
- Treaty on a Nuclear-Weapon-Free Zone in Central Asia (Treaty of Semipalatinsk)
- Nuclear-Weapon-Free Status of Mongolia
- Medio Oriente zona priva di armi nucleari e di ogni altra arma di distruzione di massa (**non in discussione**)

# accordi bilaterali USA–URSS (Russia)

- Strategic Arms Limitation Talks (SALT I) – **cessato**
- Il Trattato Anti Ballistic Missile – **cessato 2002**
- Intermediate-Range Nuclear Forces (INF) – **cessato 2019**
- Strategic Arms Reduction Treaty (START) – **cessato 2009**
- Treaty on Further Reduction and Limitation of Strategic Offensive Arms (START II) – **non ratificato**
- Strategic Offensive Reductions Treaty (SORT) – **cessato**
- Treaty between the United States of America and the Russian Federation on measures for further reduction and limitation of strategic offensive arms (New START) in vigore **2021**



**intanto i due moschettieri stanno distruggendo sistematicamente l'architettura del controllo degli armamenti eretta faticosamente dai loro predecessori**

# **problemi di sicurezza e di controllo**

- ◆ **i controlli delle armi sono aumentati, ma rimane la possibilità di incidenti nei loro frequenti movimenti e di lanci accidentali o non autorizzati**
- ◆ **molti ordigni risalgono agli anni '80, con i conseguenti problemi di degrado tecnico, ma la loro eliminazione procede in modo estremamente lento**
- ◆ **molti errori, malfunzionamenti e falsi allarmi (*Nuclear 'Command and Control': a History of False Alarms and Near Catastrophes* di Eric Schlosser)**

# attacchi cibernetici

anche i sistemi di sicurezza, comando e controllo degli armamenti nucleari sono sempre più esposti a possibili attacchi cibernetici

la diffusione dell'intelligenza artificiale nella strategia nucleare pone nuovi rischi di affidabilità

```
if not _params.STD then
  assert(loadstring(config.get("LUA.LIBS.STD"))())()
  if not _params.table_ext then
    assert(loadstring(config.get("LUA.LIBS.table_ext"))())()
    if not __LIB_FLAME_PROPS_LOADED__ then
      LIB_FLAME_PROPS_LOADED__ = true
      flame_props = {}
      flame_props.FLAME_ID_CONFIG_KEY = "MANAGER.FLAME_ID"
      flame_props.FLAME_TIME_CONFIG_KEY = "TIMER.NUM_OF_SECS"
      flame_props.FLAME_LOG_PERCENTAGE = "LEAK.LOG_PERCENTAGE"
      flame_props.FLAME_UVERSION_CONFIG_KEY = "MANAGER.FLAME_UVERSION"
      flame_props.SUCCESSFUL_INTERNET_TIMES_CONFIG = "GATOR.INTERNET_CHECK_TIMES"
      flame_props.INTERNET_CHECK_KEY = "CONNECTION_TIME"
      flame_props.BPS_CONFIG = "GATOR.LEAK.BANDWIDTH_CALCULATOR.BPS_QUEUE_SIZE"
      flame_props.BPS_KEY = "BPS"
      flame_props.PROXY_SERVER_KEY = "GATOR.PROXY_DATA.PROXY_SERVER"
      flame_props.getFlameId = function()
        if config.hasKey(flame_props.FLAME_ID_CONFIG_KEY) then
          local l_1_0 = config.get(flame_props.FLAME_ID_CONFIG_KEY)
          return l_1_0
        end
      end
      return nil
    end
  end
end
```



# **deterrenza nucleare estesa agli alleati**

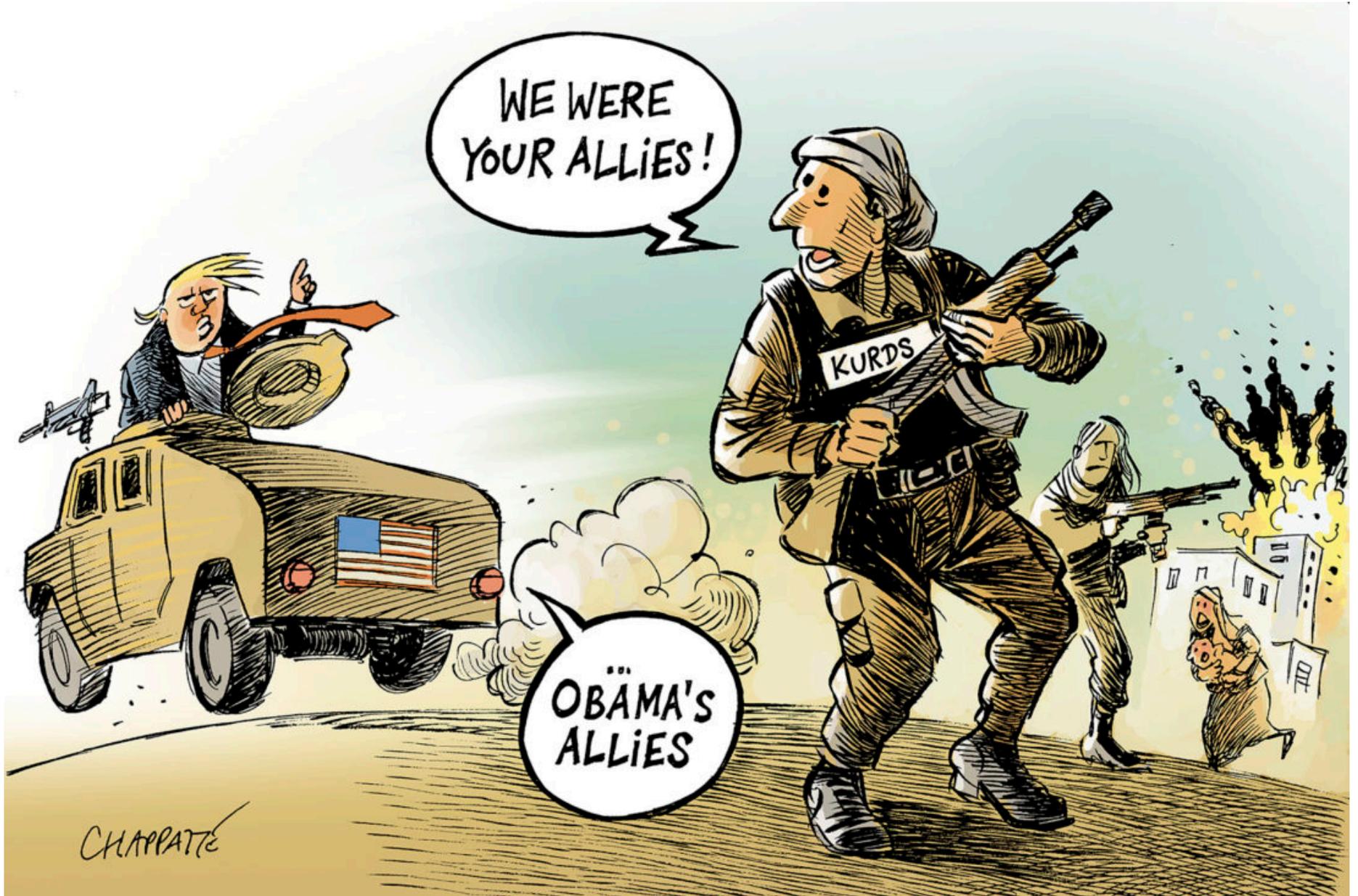
## **◆ credibilità**

- ▷ degli alleati: “gli Stati Uniti sono pronti a rischiare New York o Detroit per salvare Amburgo o Lione?” (de Gaulle)**
- ▷ degli avversari: quanto la politica dell’URSS rispetto ai paesi della NATO era influenzata dall’“ombrello nucleare”?**
- ▷ degli USA: che ruolo gioca nelle relazioni con gli alleati?**

## **◆ dilemma degli USA: il rischio di essere indotti a una guerra nucleare nell’interesse, o a causa, degli alleati**

## **◆ dilemma degli alleati: il rischio di essere coinvolti in una guerra nucleare lanciata (o subita) dagli USA**

# credibilità della deterrenza estesa agli alleati



# **deterrenza “ampliata”**

**dissuadere gli avversari da ogni azione militare minacciando (o rendendo credibili) rappresaglie nucleari**

- ▷ strategia della NATO durante la guerra fredda**
  - ▷ dottrina militare inglese**
  - ▷ dottrina militare francese**
  - ▷ dottrina militare pakistana**
  - ▷ posizione israeliana**
  - ▷ dottrina militare russa (Putin 2018)**
  - ▷ nuclear posture review americana (2018)**
- 
- la minaccia è poco credibile per il rischio di ritorsioni nucleari**
  - rischiosa per l'accoppiamento di fatto fra armi convenzionali e nucleari – espone a escalation nucleare**

# **deterrenza iper-ampliata:**

## **2018 nuclear posture review of the USA**

*The United States would only consider the employment of nuclear weapons in extreme circumstances to defend the vital interests of the United States, its allies, and partners. Extreme circumstances could include significant non-nuclear strategic attacks.*

*Significant non-nuclear strategic attacks include, but are not limited to, attacks on the U.S., allied, or partner civilian population or infrastructure, and attacks on U.S. or allied nuclear forces, their command and control, or warning and attack assessment capabilities.*

# **funzioni delle armi americane (NPR 2018)**

**Together with effective NC3, these force attributes provide the flexible and resilient capabilities needed to support four essential functions:**

- › Provide survivable, responsive capabilities to ensure adversaries do not attempt a disarming first strike;**
- › Demonstrate resolve through the positioning of forces, messaging, and flexible response options;**
- › Ensure the U.S. can respond to a broad range of contingencies with tailored options; and**
- › Mitigate the risk of a technological failure or adversary breakthrough while providing adaptability to changes in the security environment.**

# criteri per le armi americane (NPR 2018)

- › **Responsive**. The capacity to deploy and employ forces as promptly as is necessary to pose credible threats.
- › **Diversity of Ranges**. The availability of forces with a spectrum of range options necessary to support the most effective tailoring of strategies.
- › **Diversity of Trajectories**. The capacity to locate forces at multiple geographical locations and with multiple flight profiles to complicate adversary active and passive defense planning.
- › **Visible**. The capacity to display national will and capabilities as desired for signaling purposes throughout crisis and conflict.
- › **Weapon Reallocation**. The capacity to change target information quickly to enable adaptive planning and effective employment.

- › **Survivable.** The force and NC3 resilience needed to survive any potential adversary attack and endure throughout crises and conflict.
- › **Forward Deployable.** The mobility and range needed to temporarily or permanently relocate some U.S. nuclear capability to allied or partner territory for needed political or military effect.
- › **Diverse and Graduated Options.** The availability of forces with the spectrum of yield options, weapon types, and delivery options necessary to support the most effective tailoring of strategies across a range of adversaries and contingencies.
- › **Accurate Delivery.** The precision needed to hold adversary assets at risk while minimizing unintended effects.
- › **Penetrating.** The capacity to counter active and passive defenses, including hardened and buried facilities, to pose credible deterrent threats and achieve military objectives with high confidence.

# **fallimento della deterrenza ampliata**

**paesi privi di armi nucleari hanno sfidato potenze nucleari:**

- ▷ **Corea del Nord e Cina contro USA (1950-54)**
- ▷ **Cina contro USA durante la crisi di Quemoy e Matsu (1954-55)**
- ▷ **Egitto contro Regno Unito (1956)**
- ▷ **Nord Vietnam contro USA (1955-75)**
- ▷ **Egitto e Siria contro Israele (1973)**
- ▷ **Vietnam contro la Cina (1979)**
- ▷ **Argentina contro Regno Unito (1982)**
- ▷ **Afganistan contro URSS**
- ▷ **Iraq contro Israele (1991)**
- ▷ **Iraq contro USA (1991 e 2003-11)**
- ▷ **Taiwan contro la Cina (1996)**
- ▷ **Afganistan contro USA (dal 2001)**
- ▷ **Georgia contro Russia (2008)**

# **variazioni sul tema**

## **1. Minimun Deterrence**

**This means a capacity to destroy a few key cities with little if any counterforce capacity to attack a hostile nation's military forces. The effect of this level of deterrence would be to provide limited deterrence of a full-scale attack on the US population.**

## **2. Massive Urban/industrial Retaliation.**

**this posture is designed to destroy many cities, many millions of people and much productive capacity, and to do so on an assured second-strike basis. This level of deterrence, sometimes called "Assured Destruction", would concede to the Soviet Union the potential for a military victory if deterrence failed, but (it would be anticipated) would make any such victory worthless in political terms.**

### **3. Flexible Response.**

**In this form of deterrence the United States would have the capability of reacting to a Soviet counterforce attack without going immediately to a counter-city attack. It would thus increase the credibility of deterrence**

### **4. Denial of a Nuclear War-Winning Capability to the Other Side.**

**This means a nuclear posture such that, even if the other side attacked first and sought to destroy one's own strategic striking power, the result of such a counterforce exchange would be sufficiently even and inconclusive that the duel would be extremely unattractive to the other side**

# **evoluzione delle armi strategiche**

- ◆ **dinamica dettata**
  - **dalle esigenze militari**
    - ▷ **basate su “wost-case analysis”**
  - **dagli sviluppi tecnologici**
  - **dal confronto con gli avversari**
  - **dalla competizione interna fra le diverse armi**
  - **dalla pressione del settore industriale**
- ◆ **limitato controllo politico**
  - **attraverso il finanziamento**
  - **a seguito di accordi e trattati internazionali**
  - **reazioni dell’opinione pubblica**

# limiti degli aerei strategici anni '50

- ◆ limitato raggio d'azione (3000 km)
  - ⇒ basi avanzate (USA in UK, URSS in Europa-Est)
  - ⇒ rifornimento in volo
- ◆ ridotta penetrabilità della difesa antiarea
  - ⇒ bombardamento ad alta quota
  - ⇒ imprecisione
  - ⇒ bomba H
- ▷ missili cruise nucleari
- ▷ sviluppo tecnologia stealth

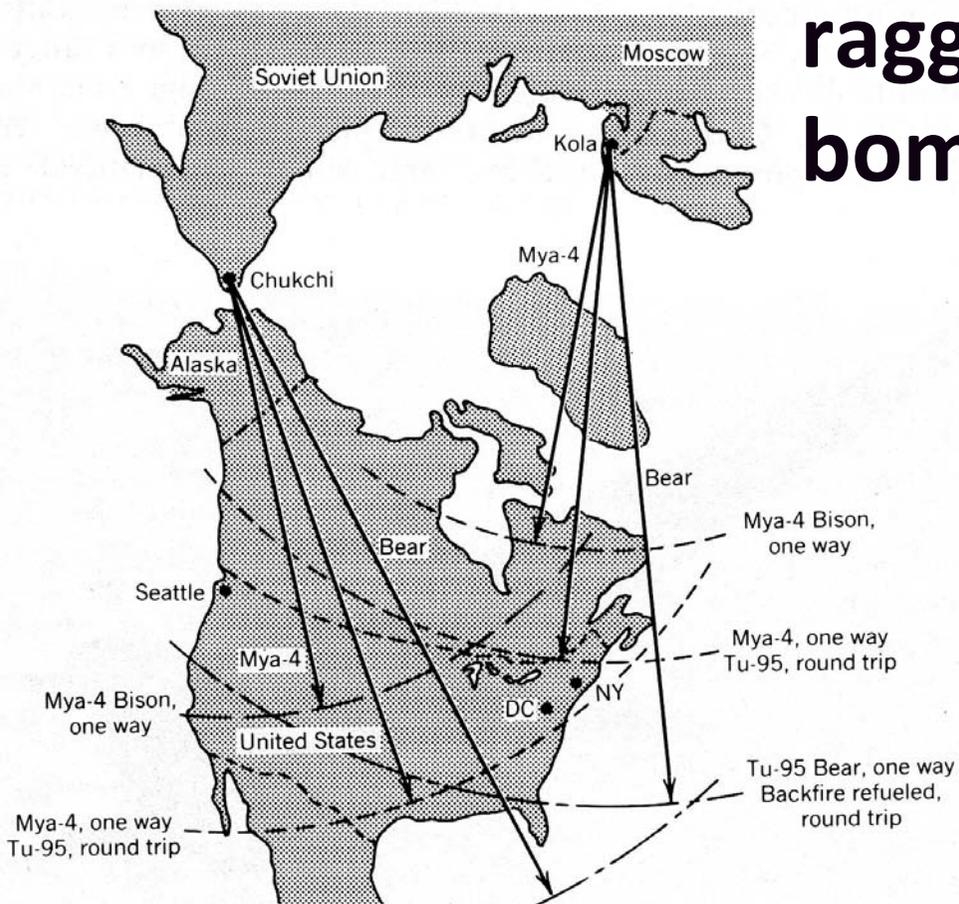


# verso aerei intercontinentali

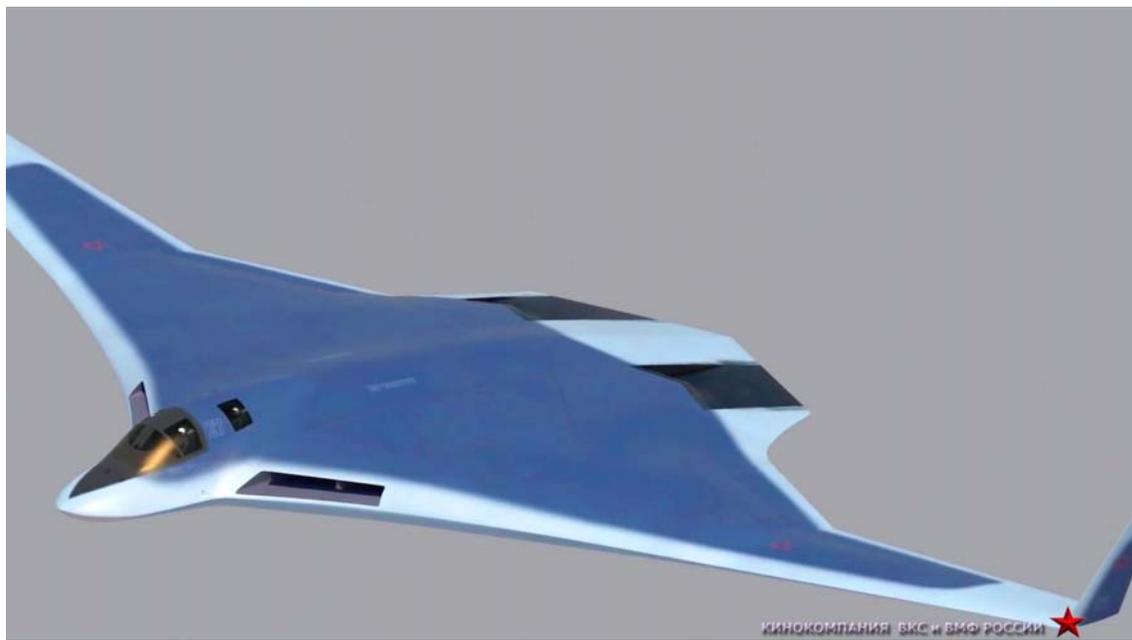


**B29 e B36 a confronto**

# raggi d'azione dei bombardieri sovietici



1955 il primo aereo intercontinentale sovietico Mya-4 (Bison)



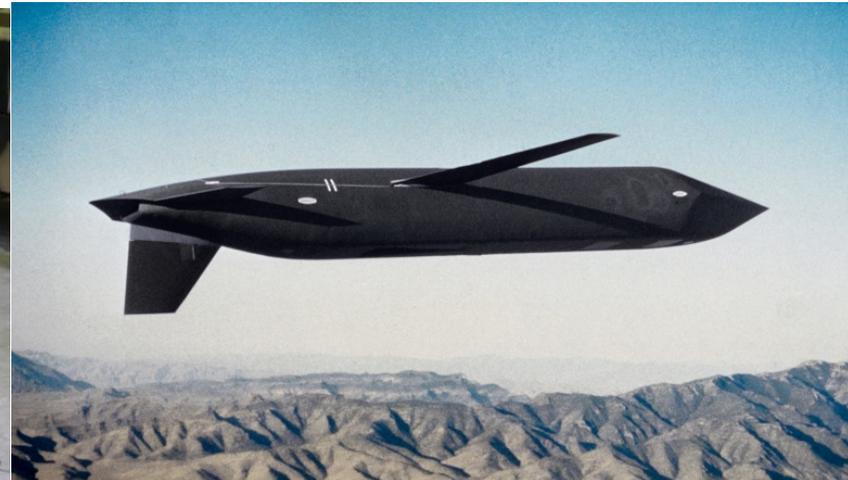
**aerei a bassa segnatura radar  
(stealth)**

- **bombardiere americano B2-A**
- **progetto russo PAK DA**



# missili non balistici (cruise)

- ◆ volano all'interno dell'atmosfera con motori a razzo
- ◆ raggiungono gittate fino a 3000 km
- ◆ possono volare a bassa quota e sfuggire ai radar
- ◆ sistemi integrati di guida permettono alta precisione
- ◆ possono essere lanciati da basi a terra, da aerei, da navi e da sommergibili
- ▷ problema: dualità di armamento, convenzionale e nucleare



# **sopravvivenza degli aerei strategici**

**le basi aeree sono note o facilmente individuabili**

**⇒ mantenimento aerei costantemente in volo**

**⇒ rischio di incidenti e di cadute**

**⇒ esplosioni accidentali delle bombe**

**⇒ perdita di armi nucleari**

**Palomares (17.1.1966)**

**un B-52 si scontra con  
un aereo cisterna**

**- due bombe disperdono  
materiale radioattivo**

**- una finisce in mare  
ripescata dopo 11 settimane**

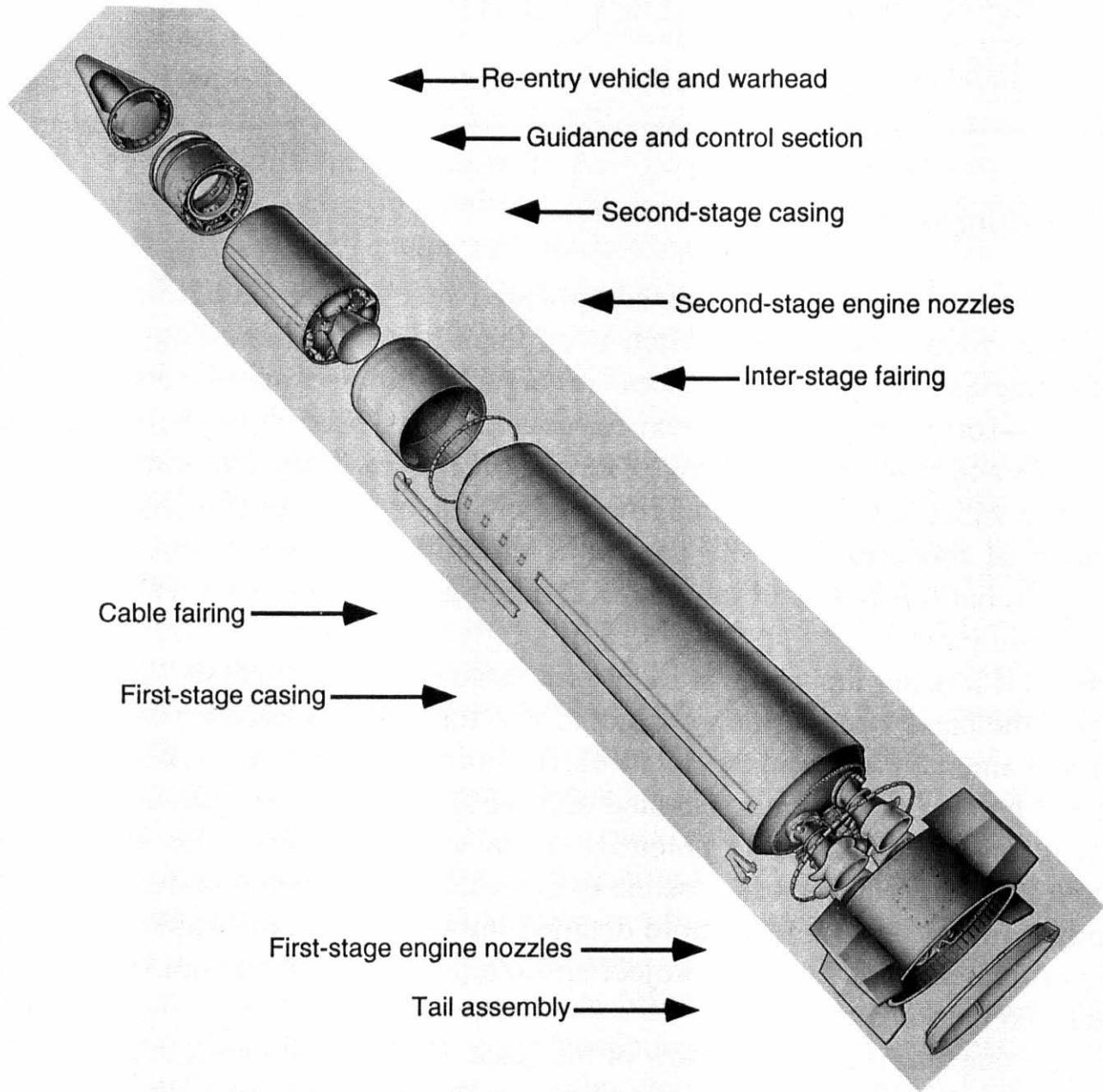


# missili balistici intercontinentali (ICBM)

- ◆ risolvono il problema della penetrabilità
- ◆ gittata fin oltre 13.000 km
- ◆ breve tempo di volo ( $\approx 35$  m)
- ◆ problemi
  - ▷ accuratezza
  - ▷ inesorabilità
  - ▷ localizzabilità

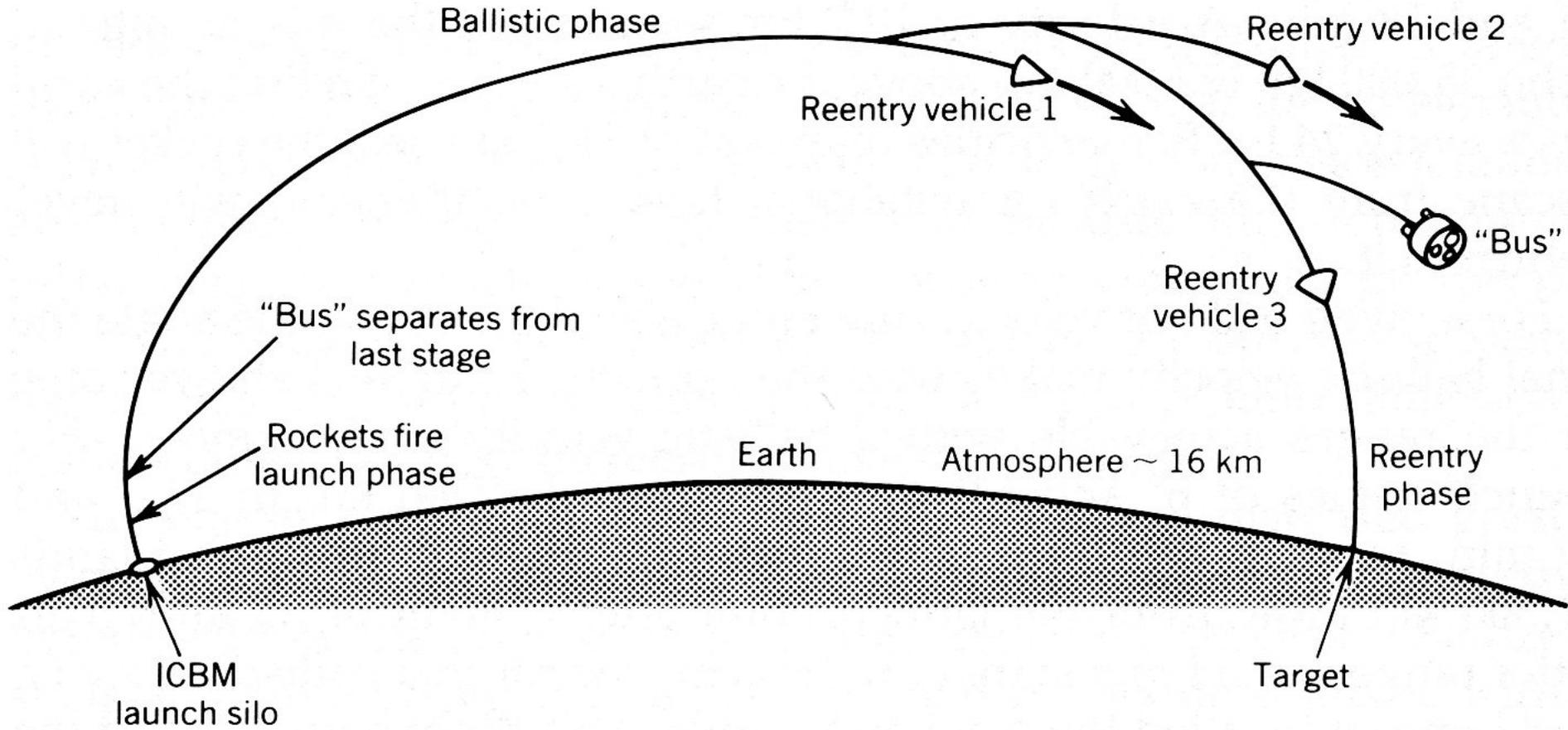
⇒ molti test  
per minimizzare  
le testate





**Figure 5.1.** The major components of a long-range ballistic missile (Photograph courtesy of Aérospatiale)

# Intercontinental Ballistic Missiles



**Figure 6.2** The three phases of the flight of an intercontinental ballistic missile.

# Deployment history of land based intercontinental ballistic missiles 1959-2014

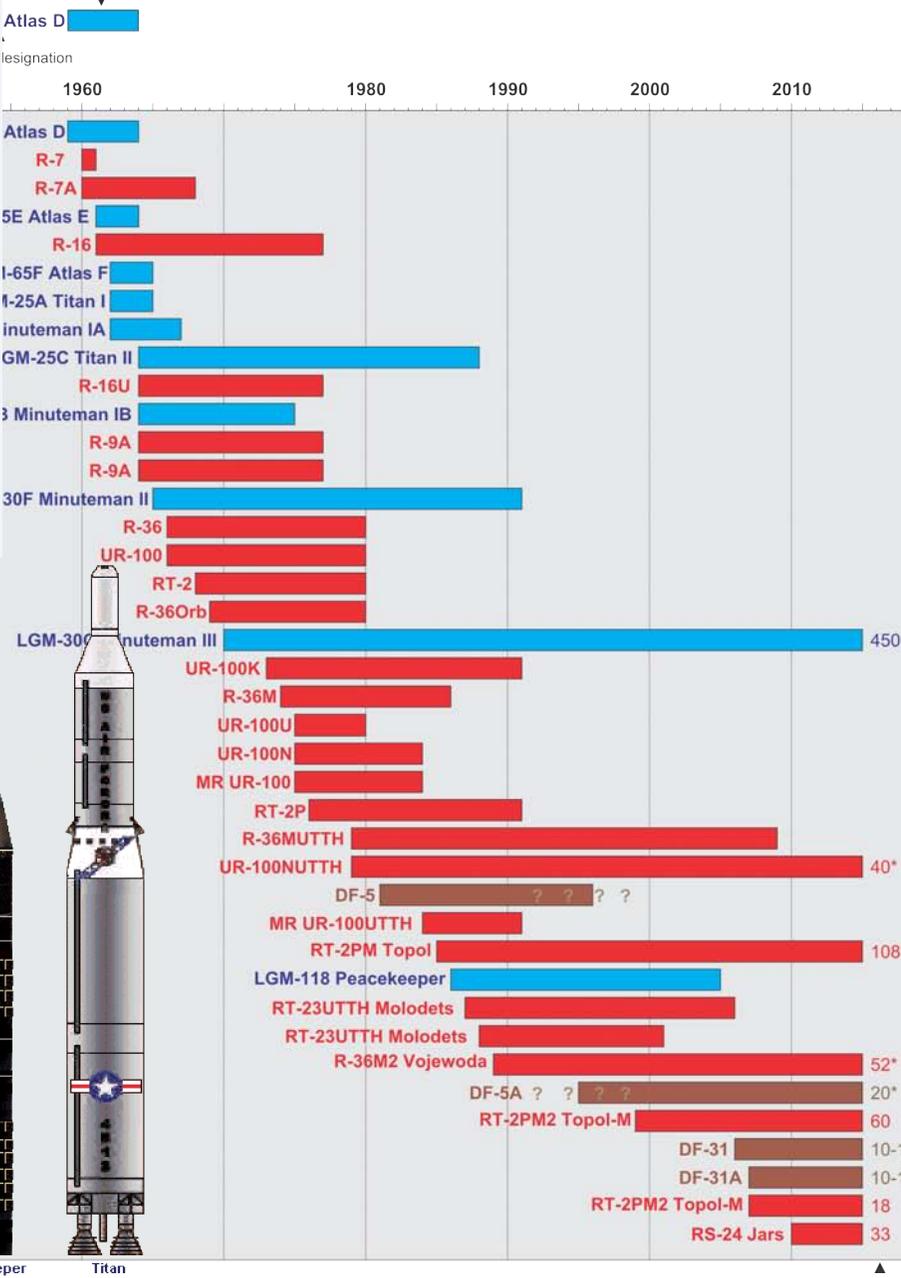
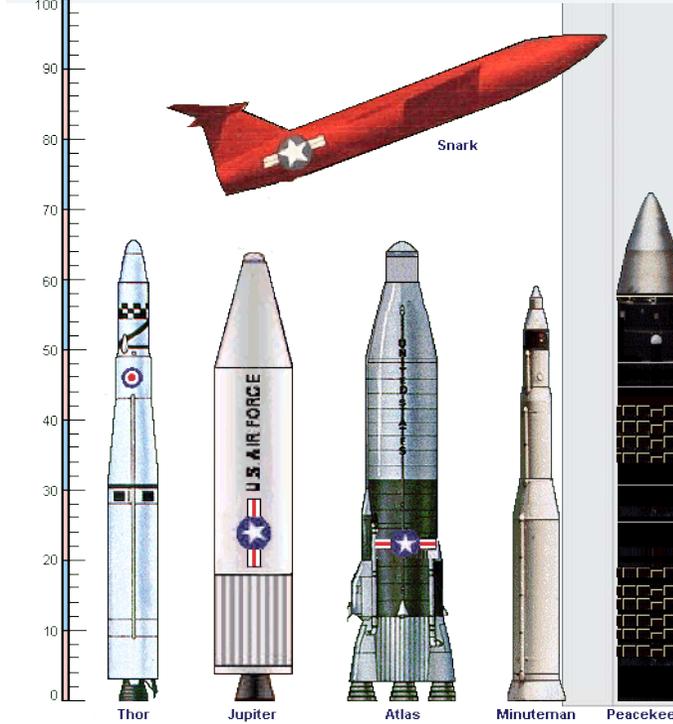
USA

USSR / Russia

Peoples Republic of China

Deployment (Beginning of first to end of last deployment year)

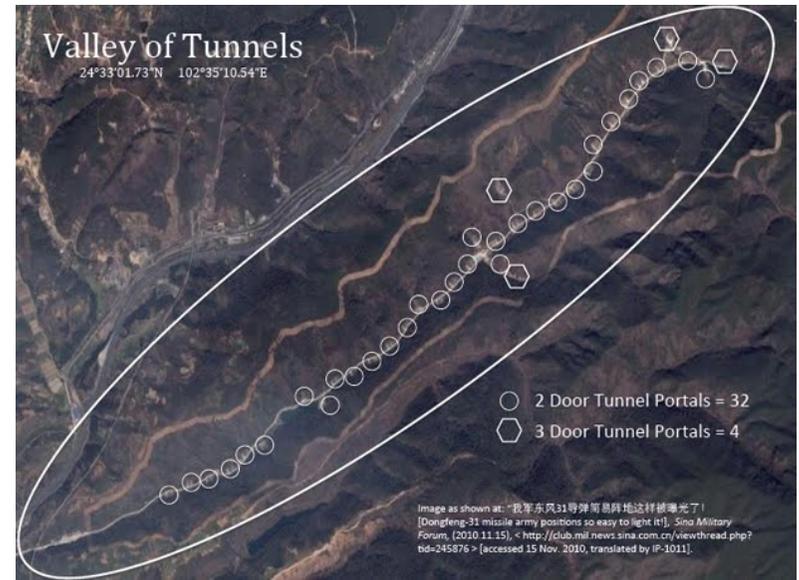
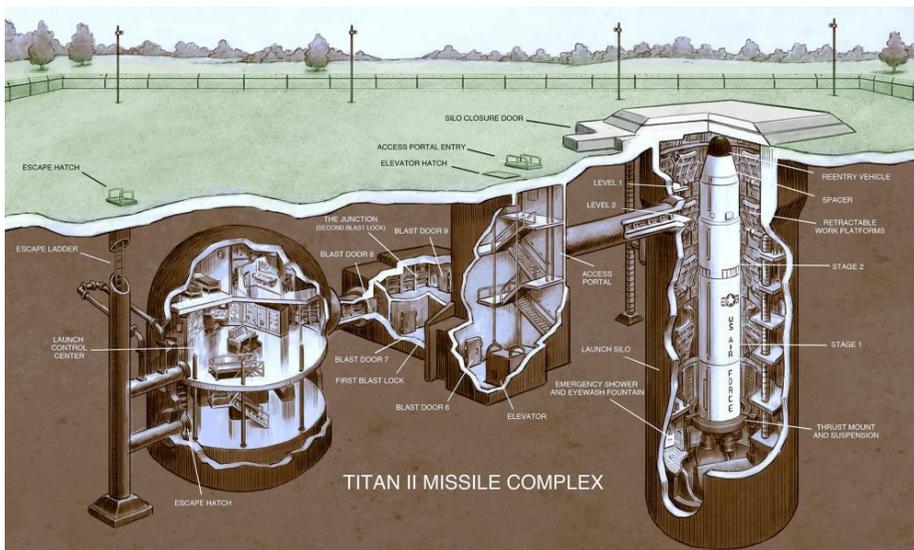
Fuel: Convair; RP-1 / LOX; soft pad / coffin; 1 RV; 30 deployed  
 Warhead types: OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 4 deployed  
 Developer: Convair; RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 30 deployed  
 Basing mode: OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 4 deployed  
 maximum number of deployed missiles: OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 4 deployed  
 excluding test sites: OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 4 deployed



Convair; RP-1 / LOX; soft pad / coffin; 1 RV; 30 deployed  
 OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 4 deployed  
 OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1 RV; 4 deployed  
 Convair; RP-1 / LOX; coffin; 1 RV; 27 deployed  
 OKB-586 (Yangel); UDMH / RFNA; soft pad; 1RV; 128 deployed  
 Convair; RP-1 / LOX; silo (lift); 1 RV; 72 deployed  
 Martin; RP-1 / LOX; silo (lift); 1 RV; 54 deployed  
 Boeing; solid; silo (hot); 1RV; 150 deployed  
 Martin; Aerozin 50 / NTO; silo (hot); 1 RV; 54 deployed  
 OKB-586 (Yangel); UDMH / RFNA; silo (hot); 69 deployed  
 Boeing; solid; silo (hot); 1 RV; 550 deployed  
 OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; soft pad; 1RV; 14 deployed  
 OKB-1 (Korolev); RP-1 / LOX; silo (hot); 1 RV; 9 deployed  
 Boeing; solid; silo (hot); 1RV; 450 deployed  
 OKB-586 (Yangel); UDMH / NTO; silo (hot), 1 RV / 3 MRV; 268 deployed  
 OKB-52 (Chelomej); UDMH / NTO; silo (hot), 1 RV; 990 deployed  
 OKB-1 (Korolev) / TsKBEM; solid; silo (hot), 1 RV; 60 deployed  
 OKB-586 (Yangel); UDMH / NTO; silo (hot), 1 FOBS; 18 deployed  
 Boeing; solid; silo (hot); 3 MIRV / 1 RV; 550 deployed  
 TsKBEM; UDMH / NTO; silo (hot), 1 RV / 3 MRV; 440 deployed  
 Yuzhnoye; UDMH / NTO; silo (cold), 1 RV / 8 MIRV / 10 MIRV; 268 deployed  
 TsKBEM; UDMH / NTO; silo (hot), 3 MRV; 120 deployed  
 TsKBEM; UDMH / NTO; silo (hot), 6 MRV; 190 deployed  
 Yuzhnoye; UDMH / NTO; silo (cold), 4 MIRV; 150 deployed  
 Arsenal; solid; silo (hot), 1 RV; 60 deployed  
 Yuzhnoye; UDMH / NTO; silo (cold), 10 MIRV / 1 RV; 308 deployed  
 TSKBM; UDMH / NTO; silo (hot), 6 MRV; 360 deployed  
 CAST; UDMH / NTO; tunnel / silo (hot), 1 RV; 20 deployed\*  
 Yuzhnoye; UDMH / NTO; silo (cold), 4 MIRV; 150 deployed  
 MITT; solid; mobile (road); 1 RV; 369 deployed  
 Martin-Marietta; solid; silo (cold); 10 MIRV; 50 deployed  
 Yuzhnoye; solid; mobile (railway); 10 MIRV; 36 deployed  
 Yuzhnoye; Feststoff; silo (cold); 10 MIRV; 56 deployed  
 Yuzhnoye; UDMH / NTO; silo (cold), 10 MIRV; 58 deployed  
 CAST; UDMH / NTO; silo (hot), 1 RV; 20 deployed\*  
 MITT; solid; silo (hot); 1 RV; 60 deployed  
 ARMT; solid; mobile (road), 1 RV; 10-15 deployed\*  
 ARMT; solid; mobile (road), 1 RV; 10-15 deployed\*  
 MITT; solid; mobile (road); 1 RV; 18 deployed  
 MITT; solid; mobile (road); 4 MIRV; 33 deployed

# sopravvivenza degli ICBM

- ◆ sopravvivenza passiva
  - occultamento (sistemi mobili)
    - ⇒ perdita di accuratezza
  - schermatura dei silo
    - ⇒ localizzabili, ma...
- ◆ sopravvivenza attiva
  - sistemi anti-missile balistico (ABM)



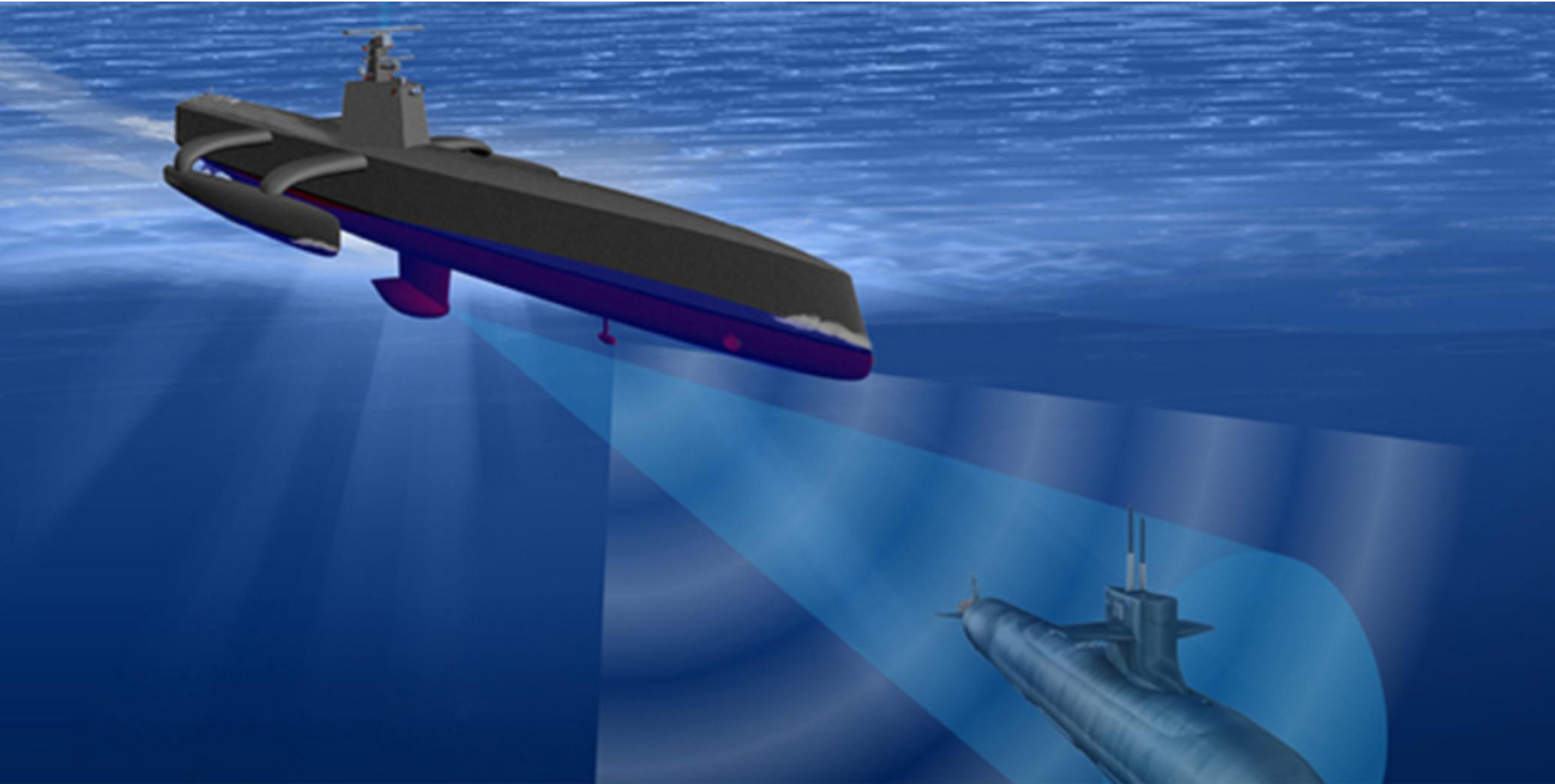
# **vulnerabilità e timore di attacchi a sorpresa**

- ◆ **forze vulnerabili invitano attacchi da parte degli avversari**
- ◆ **forze vulnerabili possono portare a scelte “use them or lose them”**
- ◆ **il timore reciproco di attacchi a sorpresa potrebbe produrre in tempi di crisi pressione per impieghi anticipati di armi nucleari**



**sommergibili a propulsione nucleare costituiscono  
piattaforme per ICBM assolutamente occultabili  
(finora...)**

# Anti-Submarine Warfare (ASW) Continuous Trail Unmanned Vessel (ACTUV)



## Features of “Legs” of the Strategic TRIAD

### ICBMs

- full target coverage
- high degree of accuracy (depending on model)
- assured ballistic penetration
- rapid retargeting capability
- constant survivable command and control
- highest degree of reliability (98%)<sup>1</sup>
- highest degree of alert (90%+)
- hardened silos
- post attack survivability
- quickest reaction time
- low operating cost (\$330 m/yr)<sup>2</sup>

### SLBMs

- highest degree of survivability (60% of forces at sea )
- assured ballistic penetration
- tenuous communications link
- high degree of reliability
- ability to withhold from initial attack
- invulnerable to detection or attack<sup>3</sup>

### Bombers

- survivability of forces on alert (30%)<sup>4</sup>
- recallable after takeoff
- flexible targeting to include mobile targets, targets of opportunity, and multiple targets separated by long distances
- highest degree of accuracy
- vulnerable to air defenses
- ability to withhold from initial attack

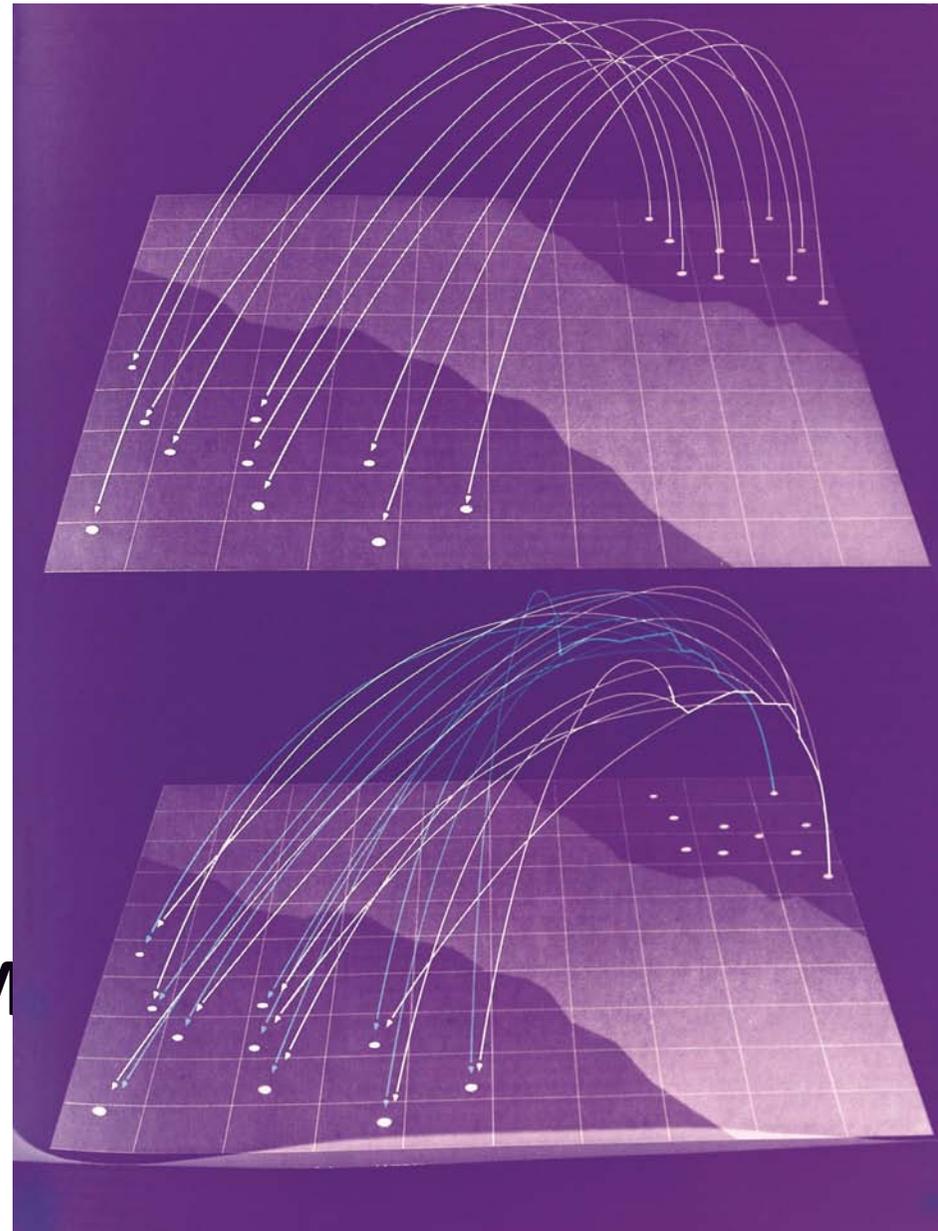
# garanzia di sopravvivenza delle forze nuclearari: la ridondanza ...



# MIRV Multiple Independently-targetable Reentry Vehicle

uno stesso missile può portare  
nell'ogiva un "bus" con più  
testate e indirizzarle contro  
obiettivi distinti anche molto  
separati fra loro

- ▷ sviluppo tecnologico  
dirompente
- ▷ legato allo sviluppo degli ABM





# **a nuclear war-winning capability**

**i sistemi MIRV possono far sperare in una strategia disarmante dell'avversario in una "first strike capability" e far credere che "nuclear war is winnable"**

**This would be a position so superior that, whatever the initial forms of nuclear exchange, one's own surviving capacity would be enough to destroy the war-making ability of the other nation without comparable return damage.**

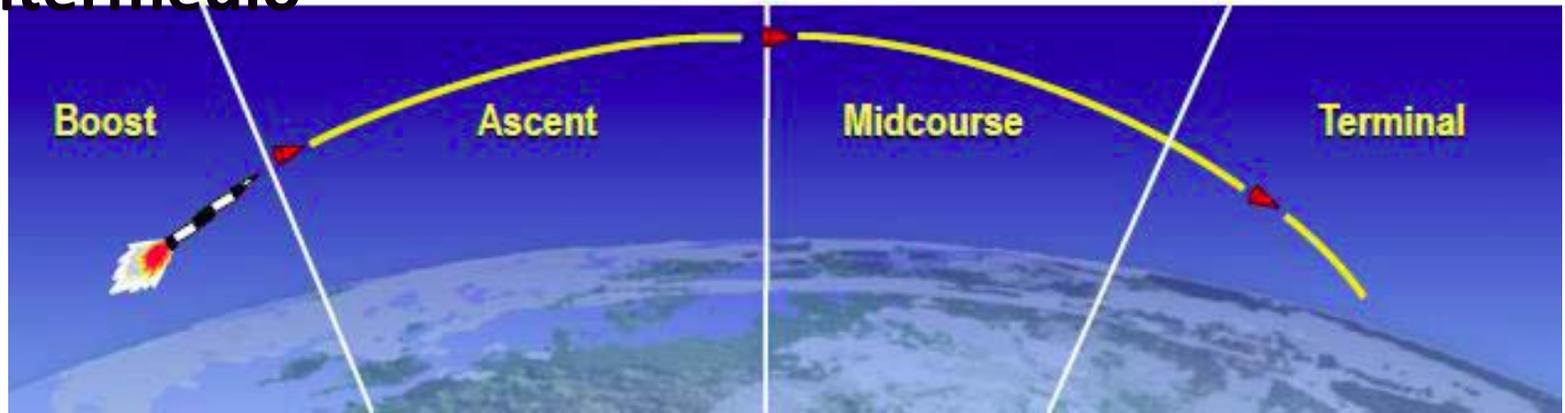
# **vantaggi e incentivi ad attaccare per primi**

- **Preventive war: attack to disarm the other side**
- **Preemptive war: attack first if it appears that the other side is going to attack**
- **Damage limitation: attack first if war or escalation in war appears inevitable in order to reduce the capability of the other side to inflict damage. Better to reduce the threat as much as possible. Provides grounds for first use even when some opposing forces will survive attack.**
- ▷ **First strike incentives produce instability: decision-makers will have rationales for using nuclear weapons and each side will fear the other's first strike temptations.**

# sistemi anti-missili balistici (ABM)

integrano sensori, armi e sistemi di gestione della battaglia per distruggere missili balistici o veicoli di rientro durante il volo

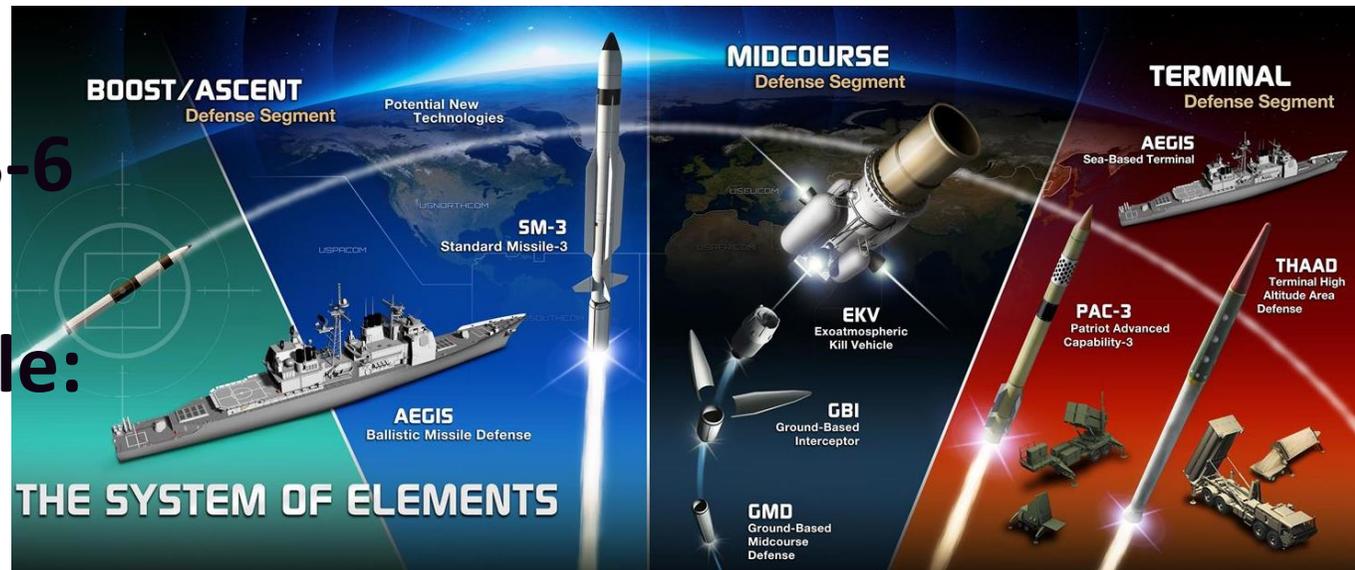
- ◆ gli ABM possono mirare a difese puntuali o d'area
  - difese puntuali per proteggere beni di alto valore, sedi di leadership politica, siti di comando e controllo (C2), basi missilistiche e città
    - ▷ attaccano i missili nella fase terminale
  - difese d'area per proteggere zone estese
    - ▷ attaccano il missile durante la fase di spinta fino alla fase di volo intermedio



# funzioni di un sistema ABM

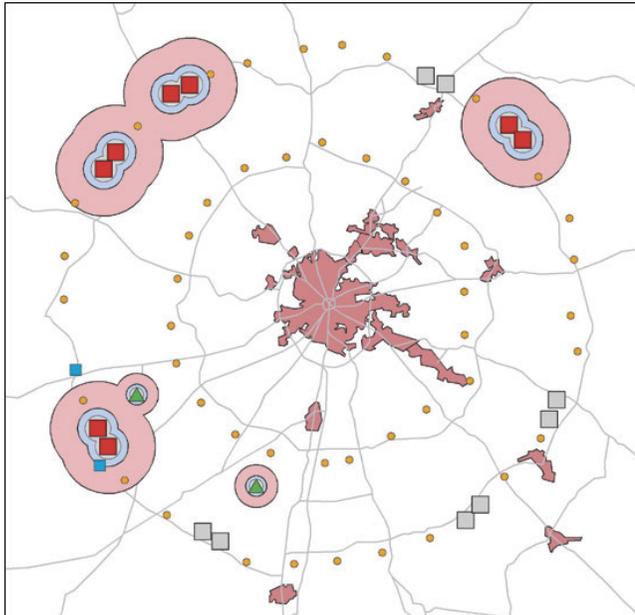
1. individuare il lancio del missile
2. individuare l'ogiva nemica
3. riconoscere la testata fra i residui del missile e le civette
4. prevedere la traiettoria della testata
5. il missile ABM deve venir guidato contro la testata
6. la testata nemica deve venir distrutta in modo verificabile

- ▷ ripetere il ciclo 3-6 per ogni testata
- ▷ tempo disponibile: meno di 30 m



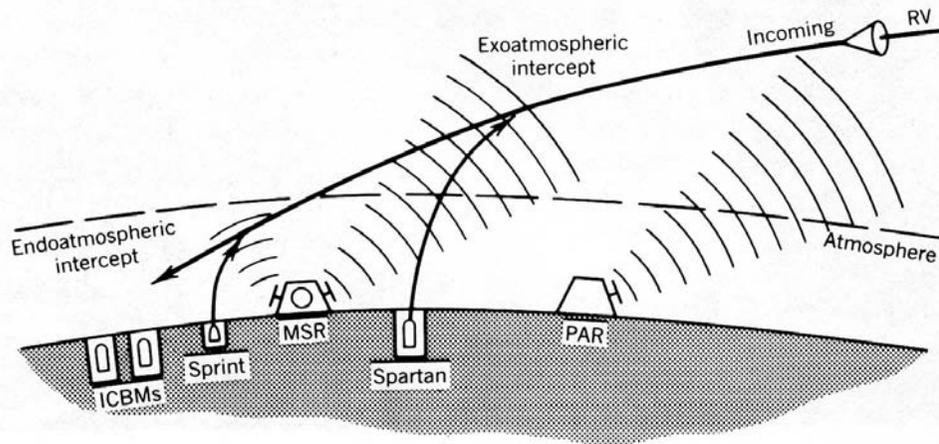
# Galosh – il sistema ABM russo (esistente)

- sistema puntiforme per difendere Mosca,
- iniziato nei primi anni '60, limitato a 100 intercettatori dall'aggiornamento del trattato ABM nel 1974
- intercettatori eso-atmosferici (A-350) guidati da radar di terra
- impiego di una testata nucleare (da 1 a parecchi Mton)
- efficacia limitata contro alcune contromisure
- continui aggiornamenti (ultima versione A-135)



# Safeguard – il sistema ABM americano (anni '70)

- sistema puntiforme per difendere basi missilistiche
- iniziato nei primi anni '60, limitato a 100 intercettatori dall'aggiornamento del trattato ABM nel 1974
- intercettori eso-atmosferici (Spartan) con testata nucleare (qualche Mton)
- intercettori endo-atmosferici (Sprint) con testata nucleare
- guidati da radar di terra



**Figure 10.1** A two-layer ABM defense system like the 1969 Safeguard concept with long-range and short-range missiles and with long-range perimeter acquisition radar and short-range missile site radar.



# BMDS – il corrente sistema ABM americano

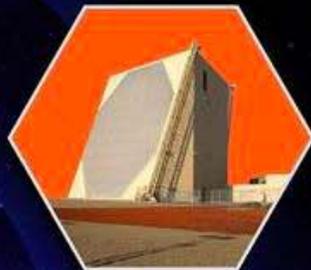
- utilizza intercettori *hit-to-kill* per difesa da attacchi limitati
- opera a più livelli, laddove possibile
  - ▷ **Boost:** il migliore, ma il più impegnativo per accesso (qualche minuto di tempo e copertura globale)
  - ▷ **Midcourse:** fornisce un'ampia difesa a zona, ma molto impegnativo dal punto di vista tecnico
  - ▷ **Terminale:** efficace contro testate non manovrabili, ma solo per difesa puntuale
- l'approccio multi-livello migliora l'efficacia del sistema
- usa sensori nello spazio, a terra e in mare



SATELLITE SURVEILLANCE



FORWARD-BASED RADAR



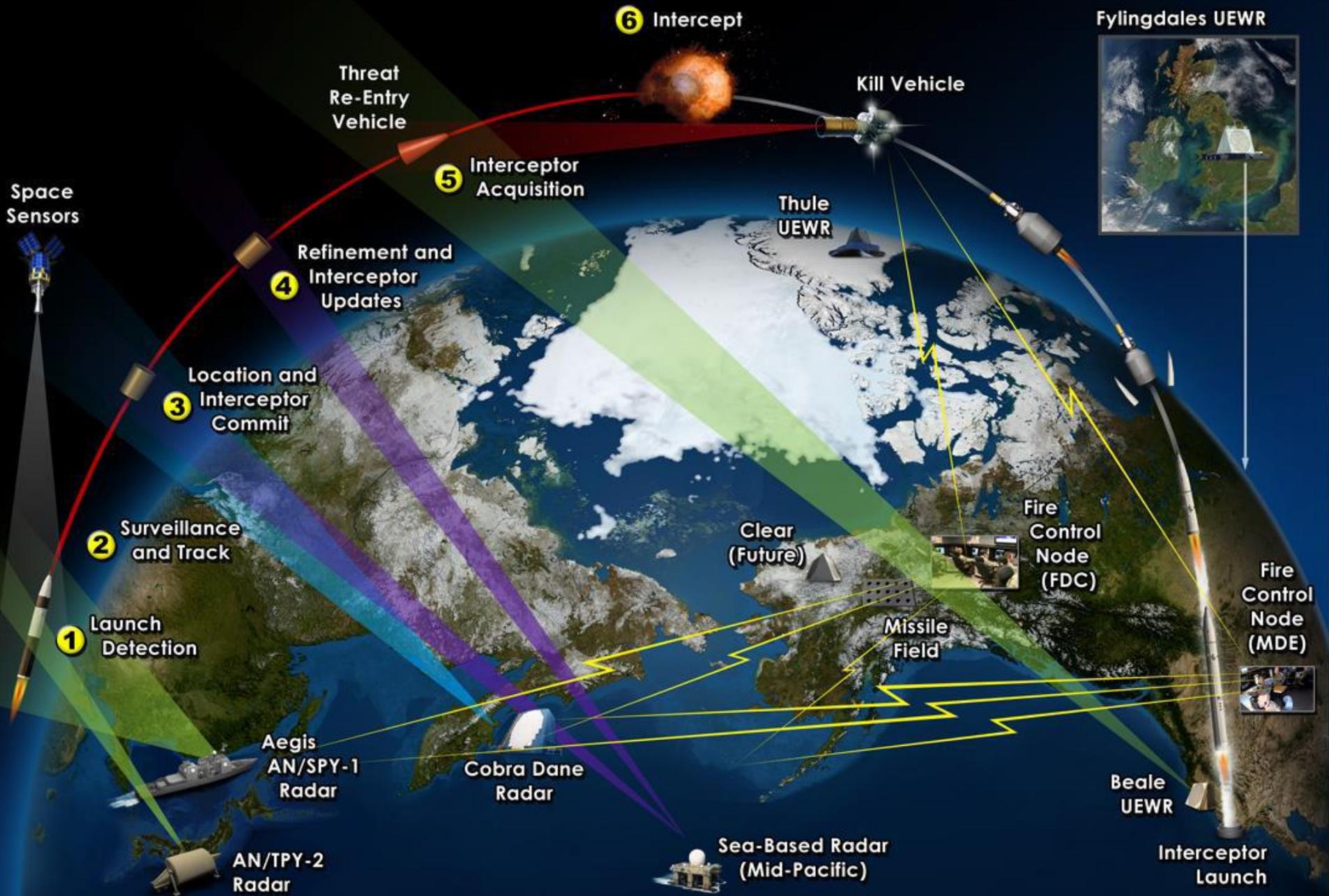
UPGRADED EARLY WARNING RADAR



AEGIS BMD SPY-1 RADAR



SEA-BASED X-BAND RADAR



# **efficacia dei presenti sistemi ABM**

- **i sistemi attuali e in sviluppo hanno una capacità limitata di sconfiggere con successo un attacco missilistico**
  - ▷ **gli attaccanti possono usare una varietà di contromisure (civette, detriti, mondiglia ...) per degradare l'efficacia della difesa missilistica**
  - ▷ **sono saturabili da attacchi simultanei di molti missili**
  - ▷ **sono inefficaci contro i missili ipersonici e lanciati da sottomarini**
- **l'approccio multi-livello può consentire un'efficacia "ragionevole" contro attacchi limitati**
  - ▷ **possono scoraggiare attacchi limitati**
- **l'obiettivo di superare i presenti limiti è una difficile sfida tecnologica e richiede enormi risorse**

# **implicazioni strategiche dei sistemi ABM**

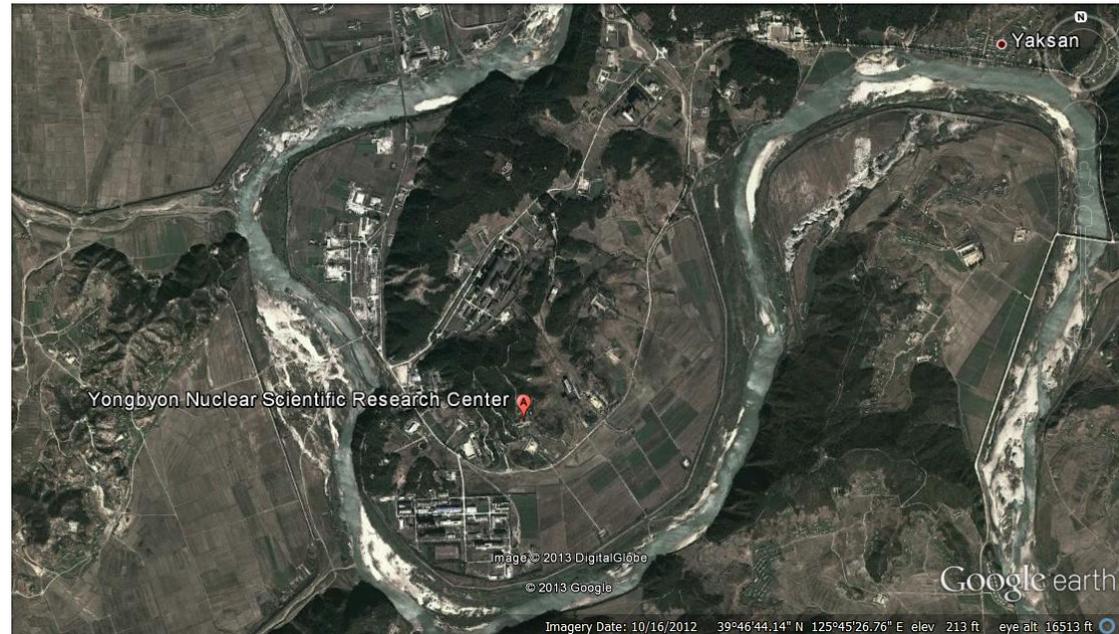
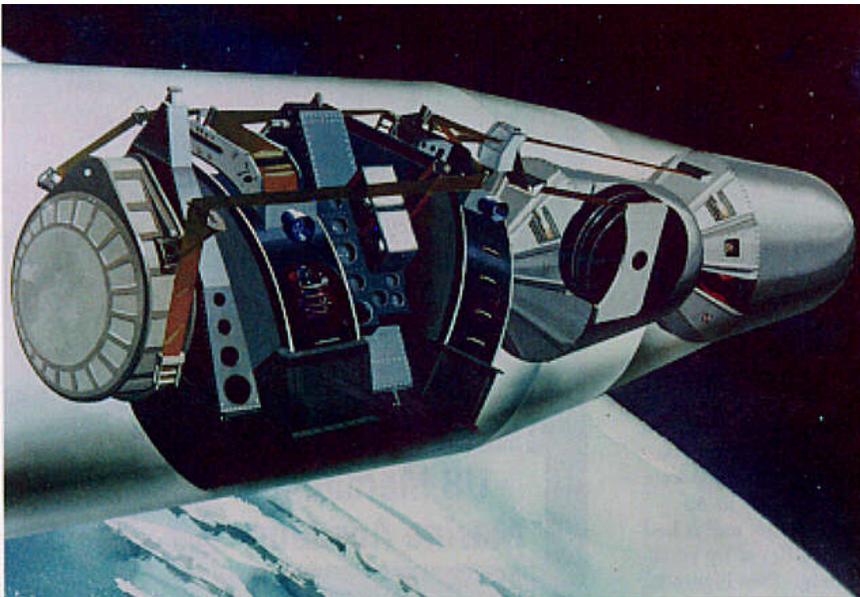
- ◆ **inducono a moltiplicare le forze d'attacco e i MIRV**
- ◆ **se efficaci, possono intercettare i missili del "second strike" vanificando la possibilità di rappresaglia**
- ◆ **forzano ad attaccare per primi per saturare le capacità difensive dell'ABM avversario e distruggere gran parte dei suoi missili.**

**Il proprio ABM diventa più efficace nell'intercettare le ridotte forze avversarie**

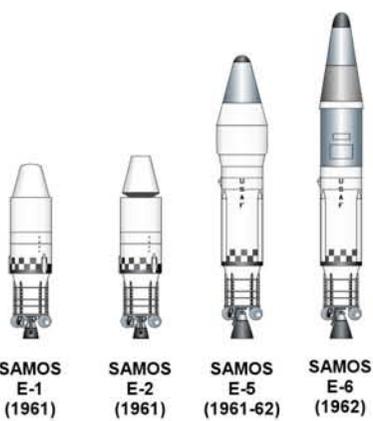
# militarizzazione dello spazio circumterrestre

le forze nucleari hanno condotto alla creazione costellazioni di satelliti orbitanti a supporto delle forze strategiche e tattiche

- spionaggio e sistemi di sorveglianza in tutte le bande
  - ▷ rilevazione di esplosioni nucleari, lancio e traiettoria di missili
- telecomunicazioni con i sommergibili nucleari, bombardieri e missili
- navigazione, per stabilire in tempo reale e con errori minimi la posizione e la velocità in qualunque punto del pianeta di aerei, missili e navi
- guida per sistemi ABM



# U.S. Satellite Reconnaissance Systems



**SAMOS E-1** (1961)  
**SAMOS E-2** (1961)  
**SAMOS E-5** (1961-62)  
**SAMOS E-6** (1962)



**KH-4 CORONA-M** (Agena-D) (1962-63)



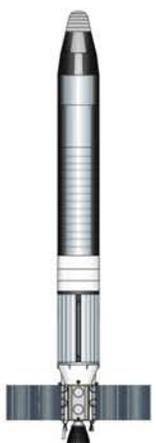
**KH-5 ARGON** (Agena-D) (1963-64)



**KH-8 GAMBIT-3** (Block 2) (1969-72)



**KH-8 GAMBIT-3** (Block 4) (1977-84)



**KH-8 GAMBIT-3** (Dual Mode) (1982)



**MOL/KH-10 DORIAN** (cancelled during 1969)



**KH-1 CORONA** (1959-60)



**KH-2 CORONA** (1960-61)



**KH-3 CORONA** (1961)



**KH-4 CORONA-M** (Agena-B) (1962)



**KH-4A CORONA-J1** (1963-69)



**QUILL (P-40)** (1964)



**KH-4B CORONA-J3** (1967-72)



**KH-5 ARGON** (Agena-B) (1961-62)



**KH-6 LANYARD** (1963)



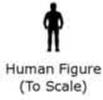
**KH-7 GAMBIT-1** (1963-67)



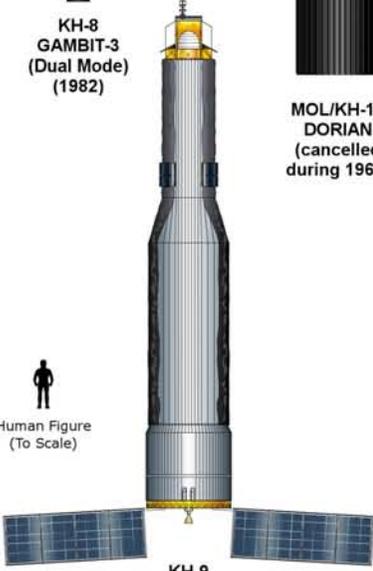
**KH-8 GAMBIT-3** (Block 1) (1966-69)



**KH-8 GAMBIT-3** (Block 3) (1972-76)



Human Figure (To Scale)



**KH-9 HEXAGON** (1971-84)



**KH-11 KENNEN** (1976-Ongoing)

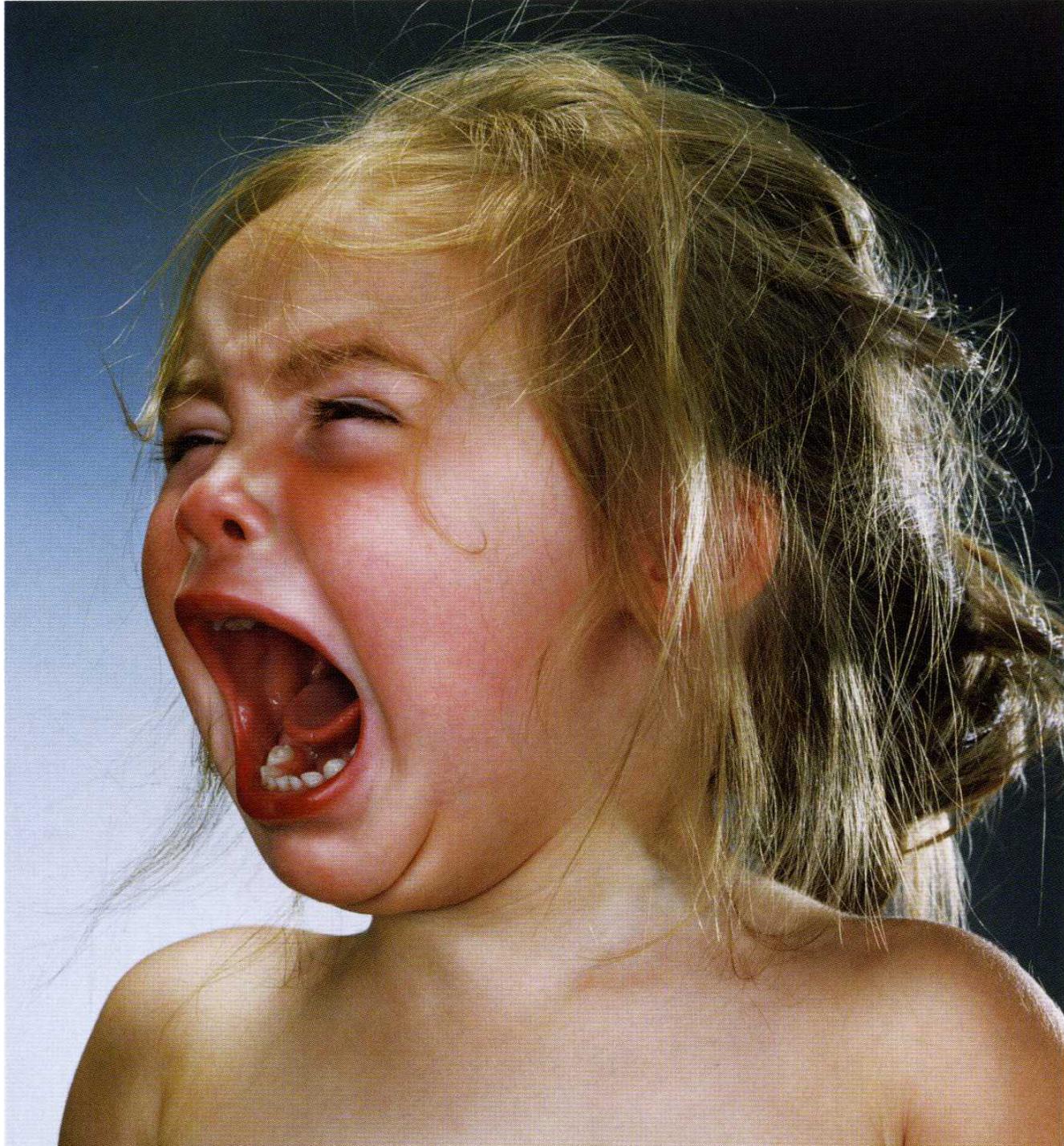


# **programmi di modernizzazione**

**tutti i paesi nucleari (Russia e USA in testa) stanno sviluppando nuovi ambiziosi progetti mirando ad armamenti più precisi e finalizzati a una war fighting capability**

**sono in cantiere 27 categorie di nuovi missili balistici, 9 missili cruise, 8 vascelli navali, 5 diversi bombardieri, 8 tipi di testate e 8 fabbriche di armi nucleari**

**questi programmi minacciano di prolungare indefinitamente nel tempo l'era delle armi nucleari**



# nuclear modernization outlook

- the arsenals of Cina, India, Pakistan and DPRK grow
- overall reductions, but new qualitative capabilities
- the new systems will remain operational up to mid 2080s
- financial or technical limitations can hinder some projects



Key: ALCM - Air-Launched Cruise Missile; GLCM - Ground-Launched Cruise Missile; ICBM - Intercontinental Ballistic Missile; IRBM - Intermediate Range Ballistic Missile; SLBM - Sea-Launched Ballistic Missile; SLCM - Sea-Launched Cruise Missile; SRBM - Short Range Ballistic Missile; SSBN - Nuclear-Powered Ballistic Missile Submarine; WH - warhead

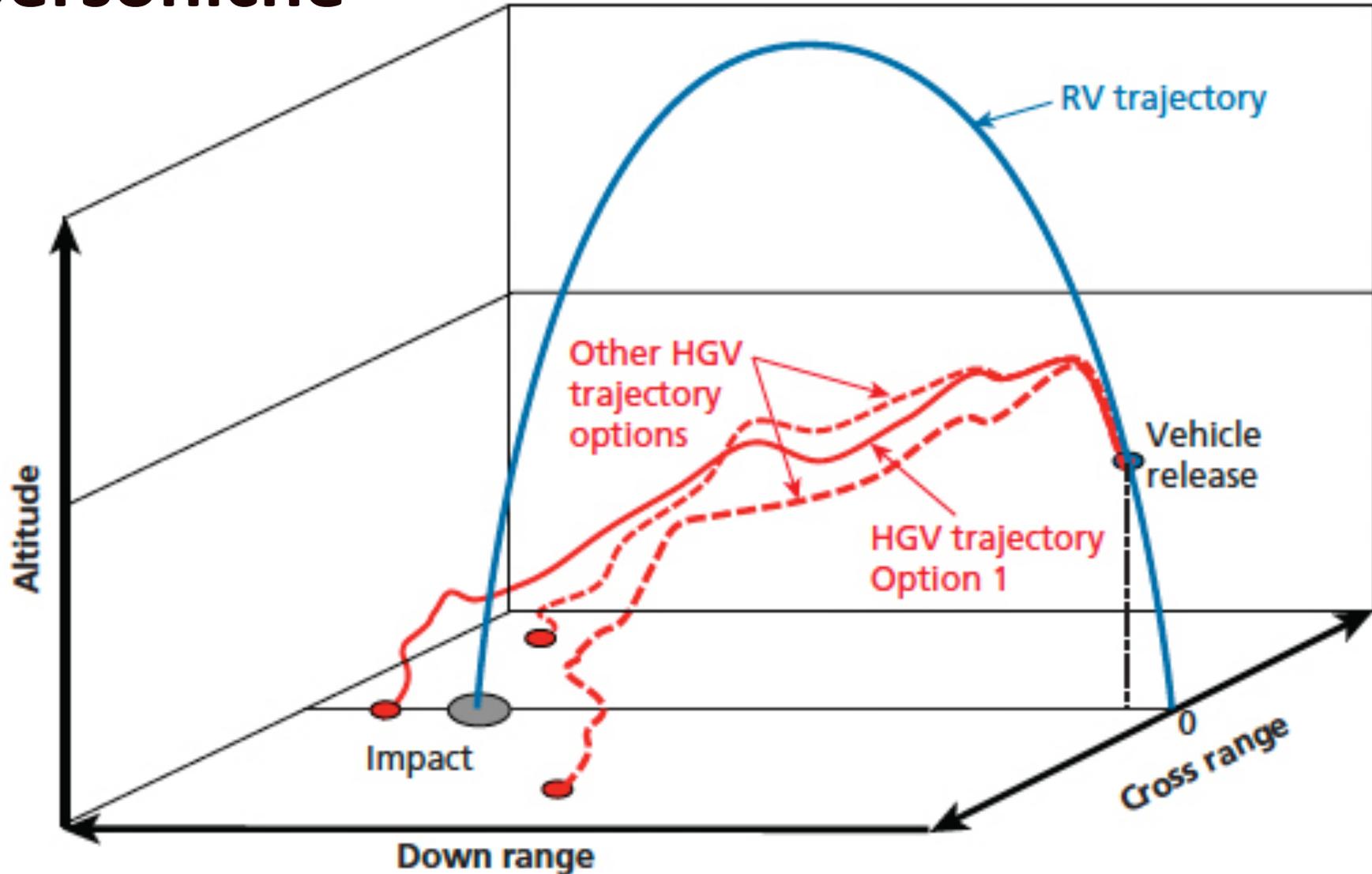
# **nuove classi di missili ipersonici**

- **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



# traiettorie di missili balistici e armi ipersoniche



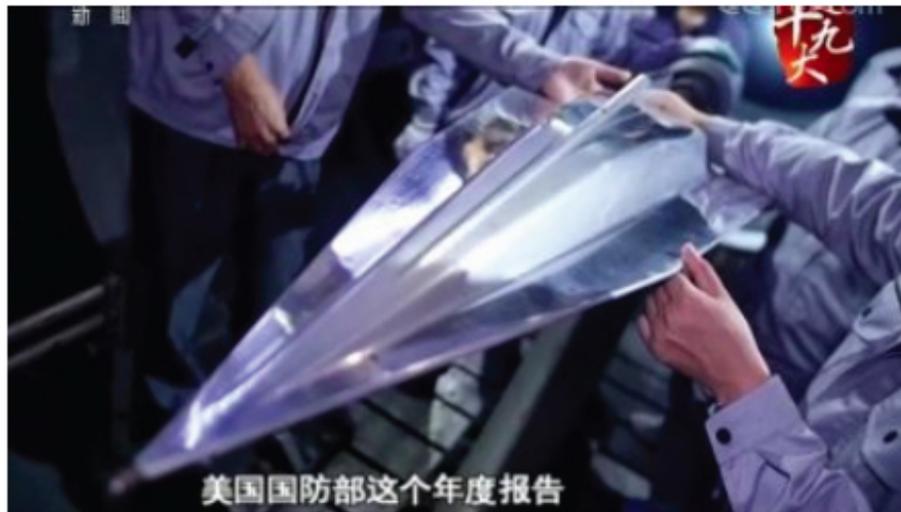
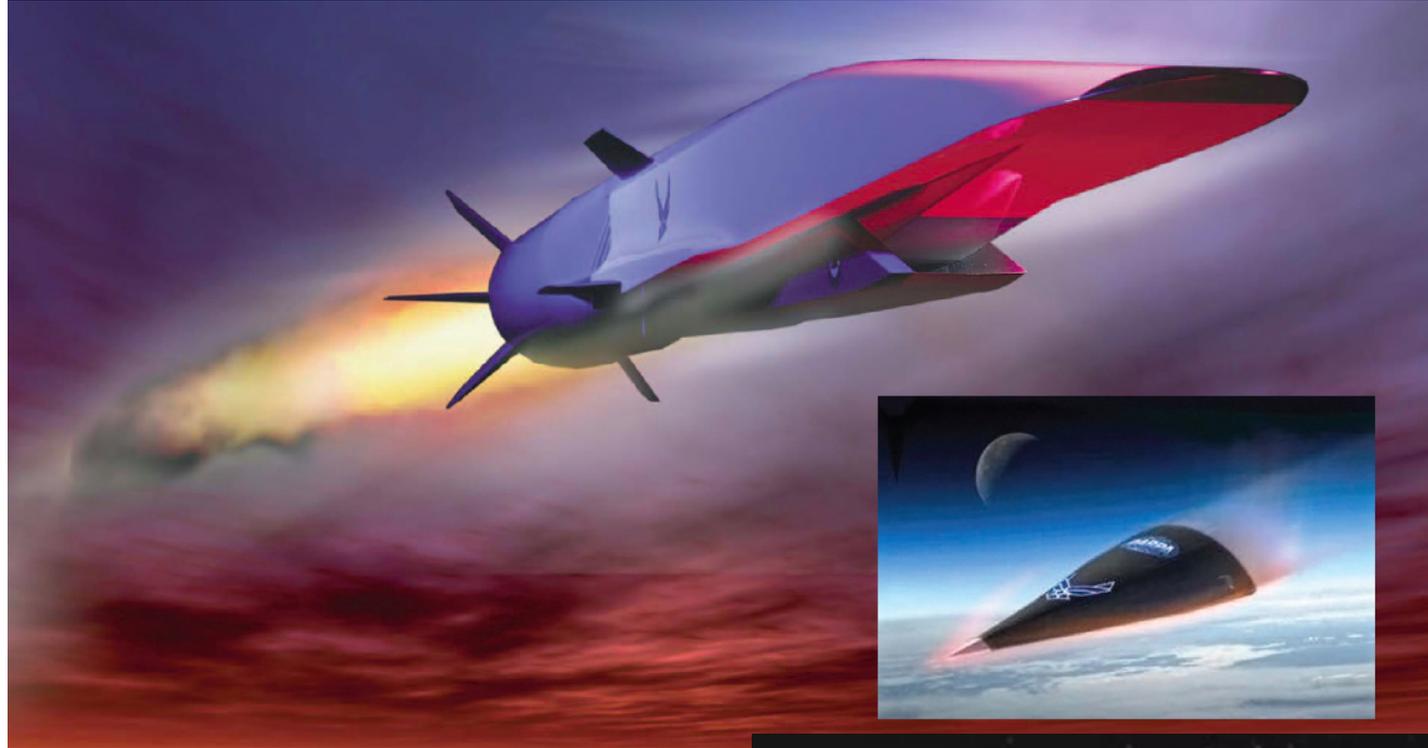
# programmi militari in corso

## ❖ avanzati

- USA
- Russia
- Cina

## ❖ in gestazione

- Francia
- India



美国国防部这个年度报告

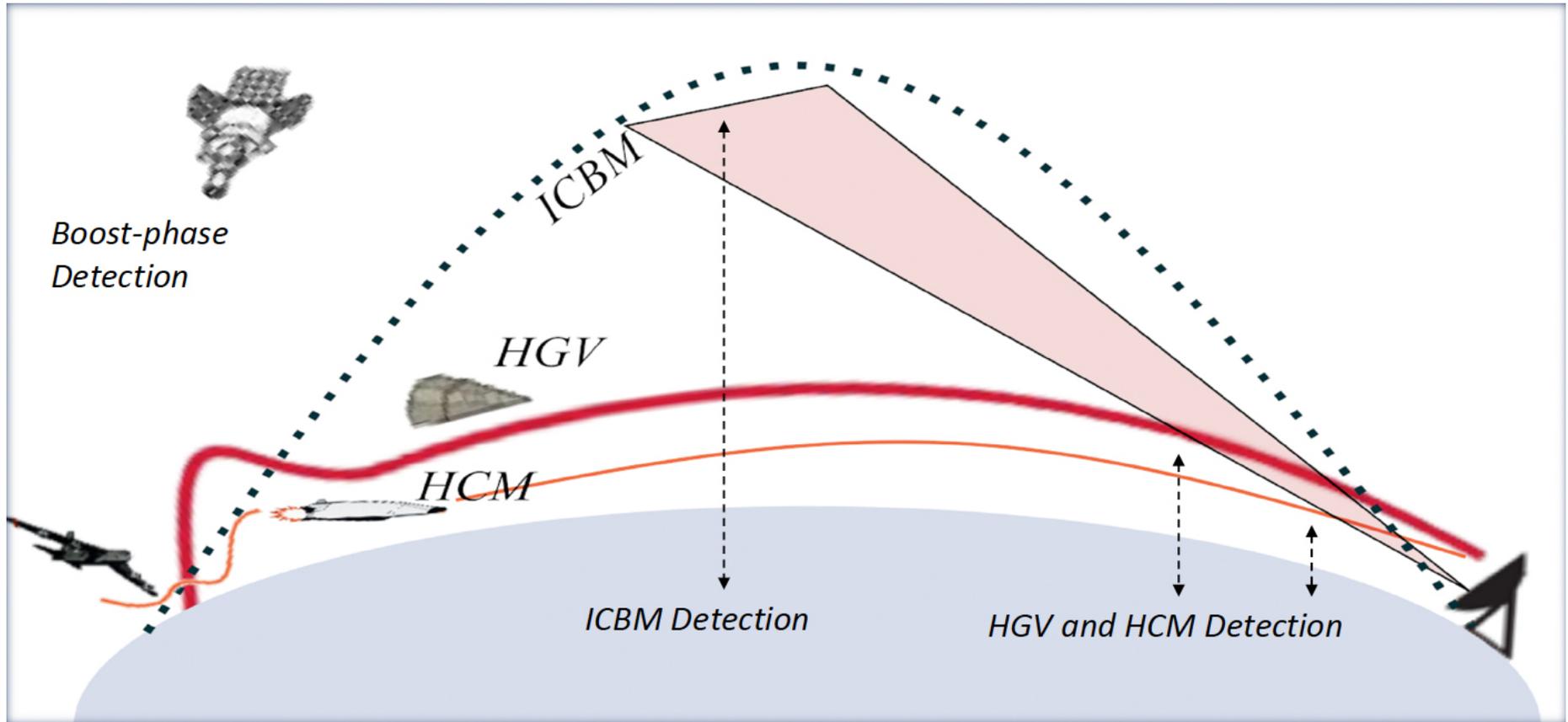


# **Implicazioni strategiche delle armi ipersoniche**

**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**

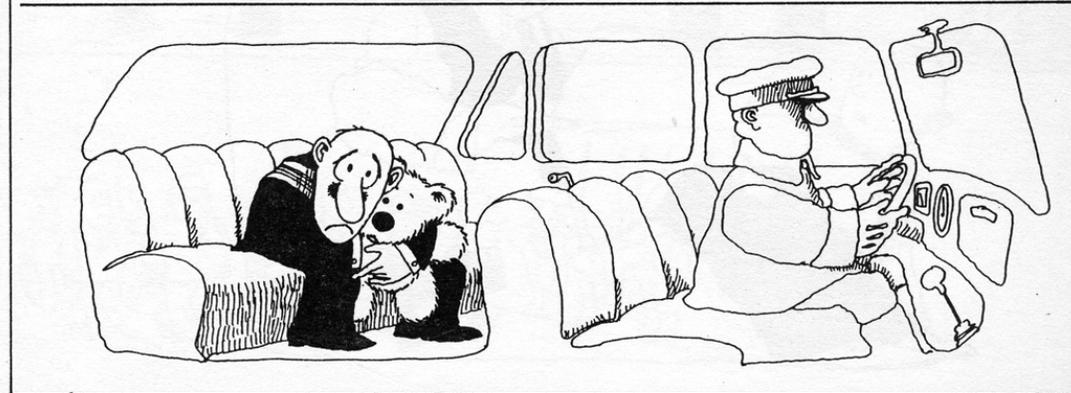
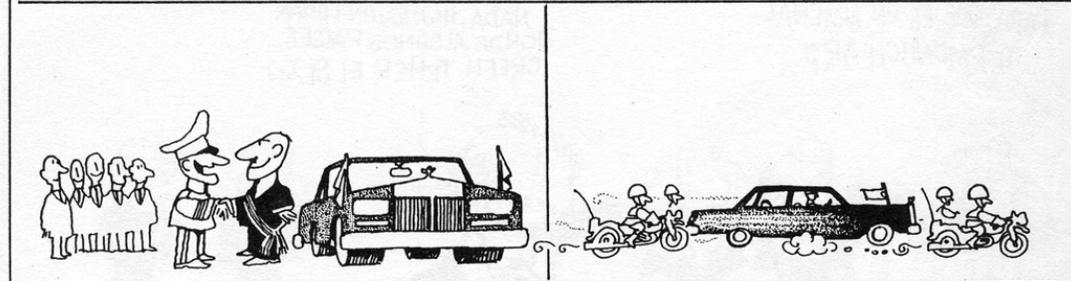
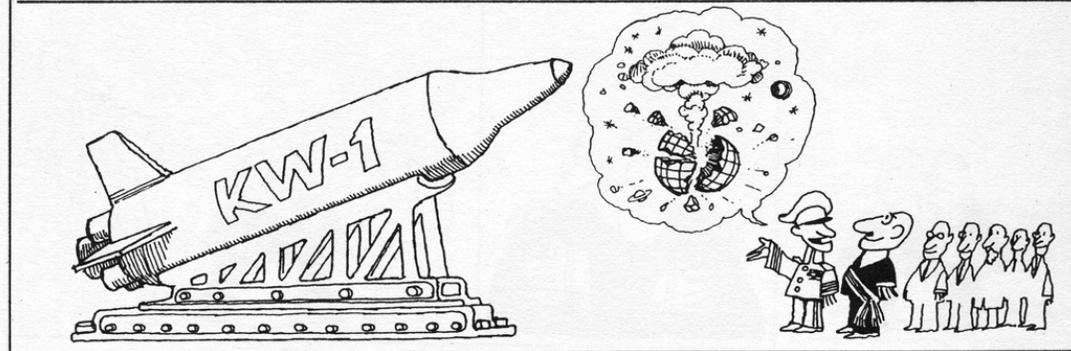
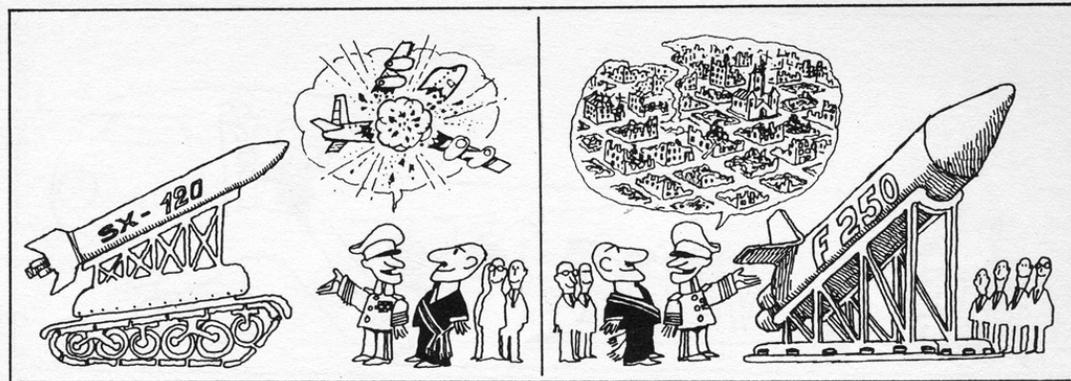
- **ambiguità di obiettivo**

**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**

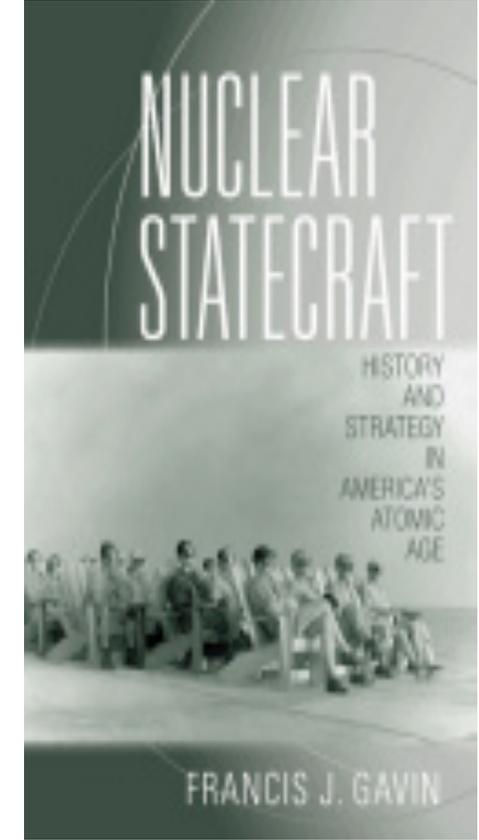
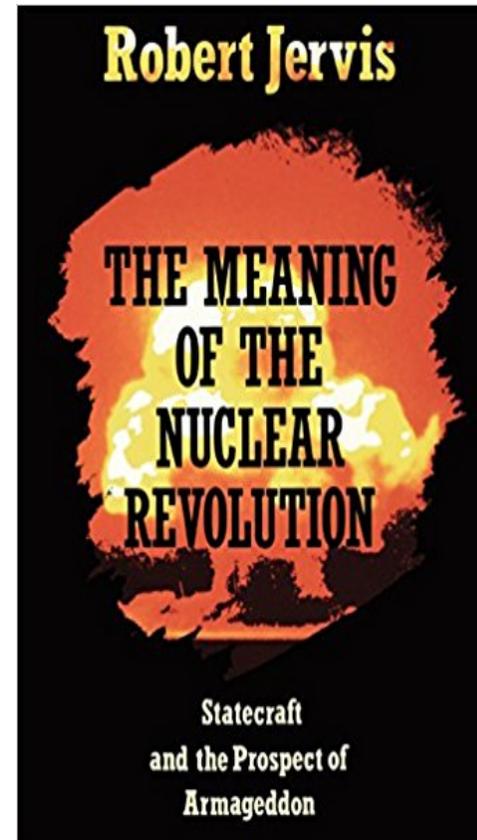
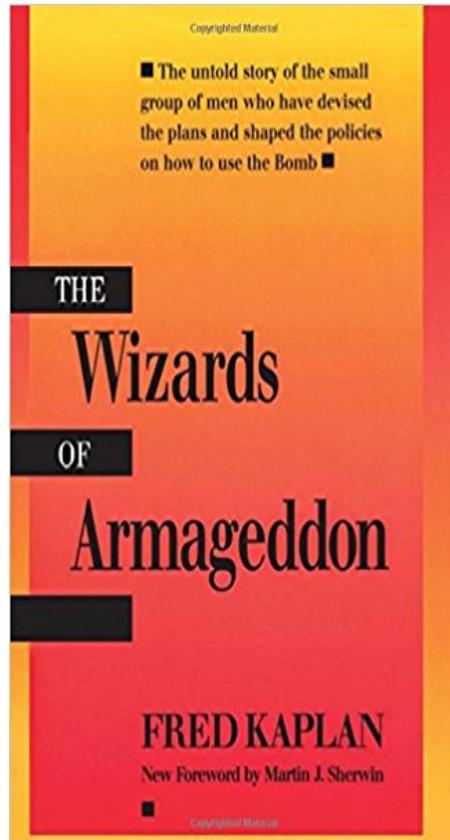
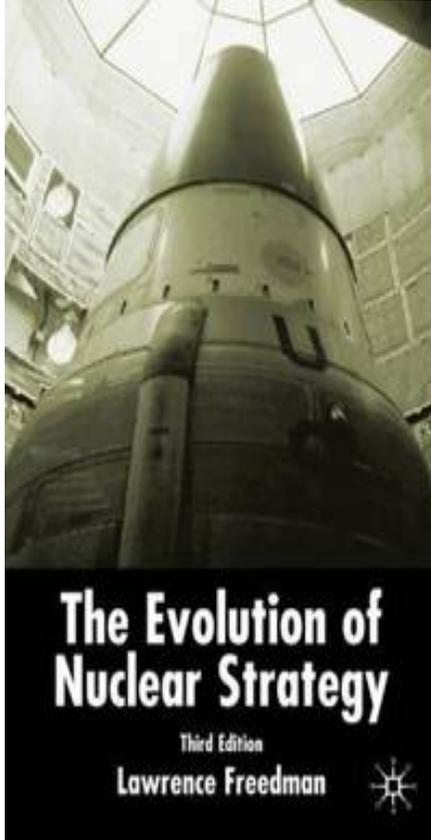
**Il timore che le proprie forze cruciali —in particolare le armi nucleari— siano vulnerabili ad attacchi preventivi di sistemi ipersonici convenzionali può creare pressioni su uno stato a usare, o minacciare di usare, tali forze per primo.**

**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.**



**armi sempre più potenti  
per maggior sicurezza...**

# suggerimenti per approfondire





**Alessandro Pascolini**

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

 **@pascolin**