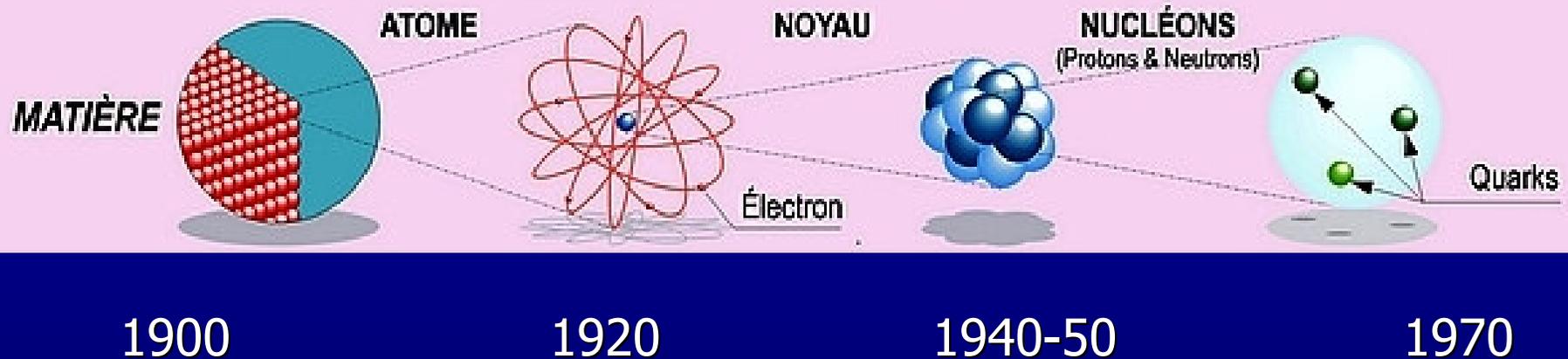
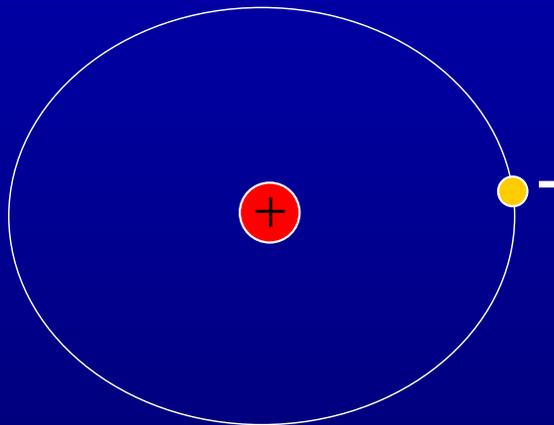


De l'atome au quark – mais quelles sont donc les particules élémentaires ?



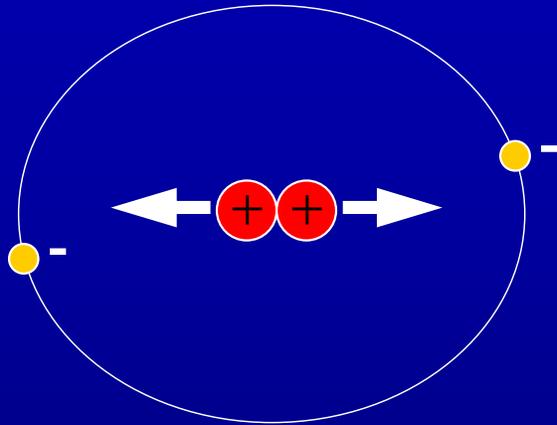
L'atome le plus simple (N = 1)



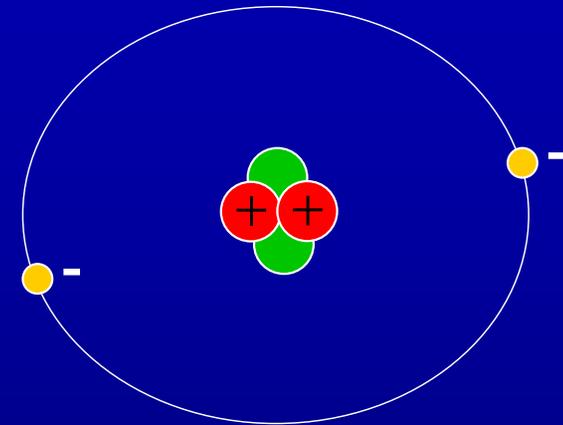
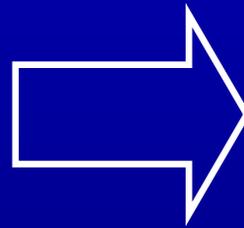
	Proton
	Électron

Hydrogène ${}^1\text{H}_1$

Hélium (N = 2) : le 'velcro' nucléaire



Hélium...
(ne tient pas!)

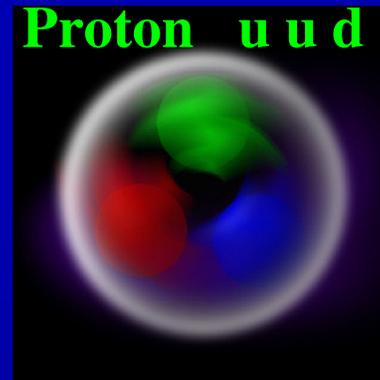


Hélium ${}^4\text{He}_2$

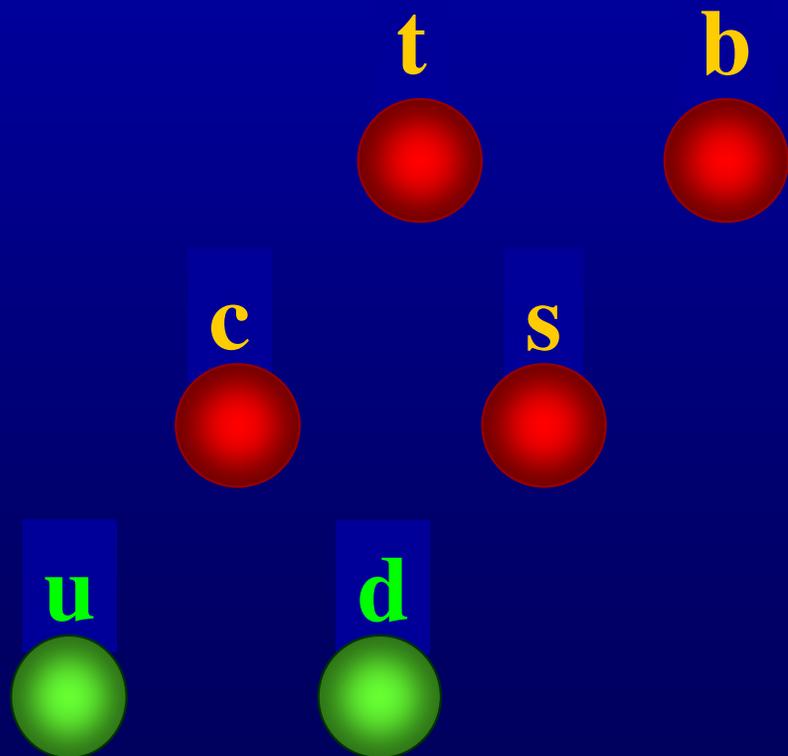
	Proton
	Neutron
	Électron

(~ 1930)

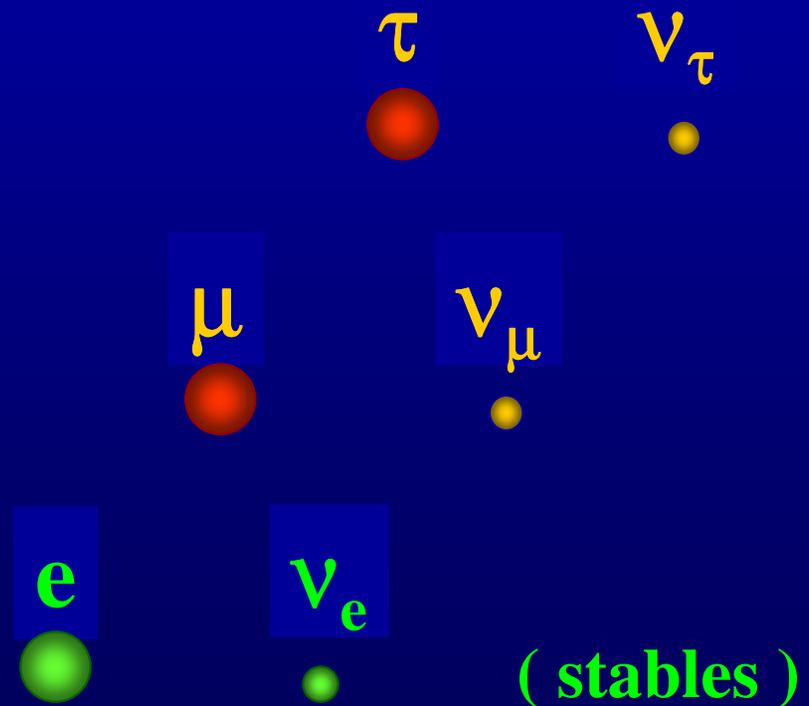
Les (*nouveaux*) constituants de la matière



Quarks (??)

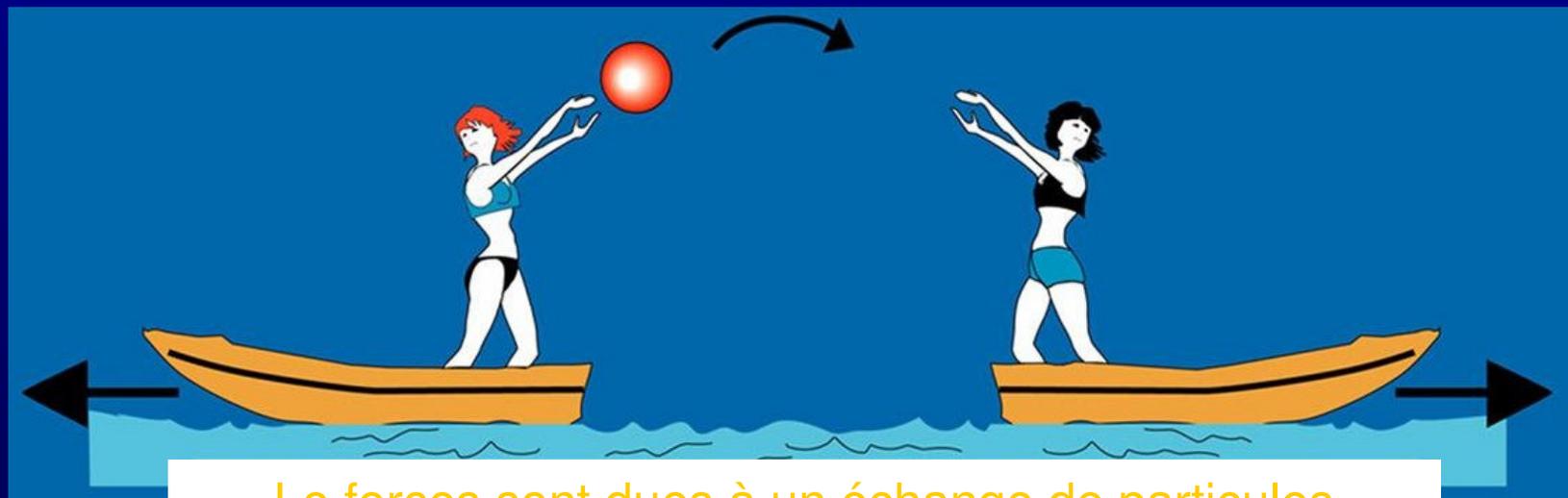


Leptons ('légers')



Les vecteurs de force entre particules = les agents des interactions

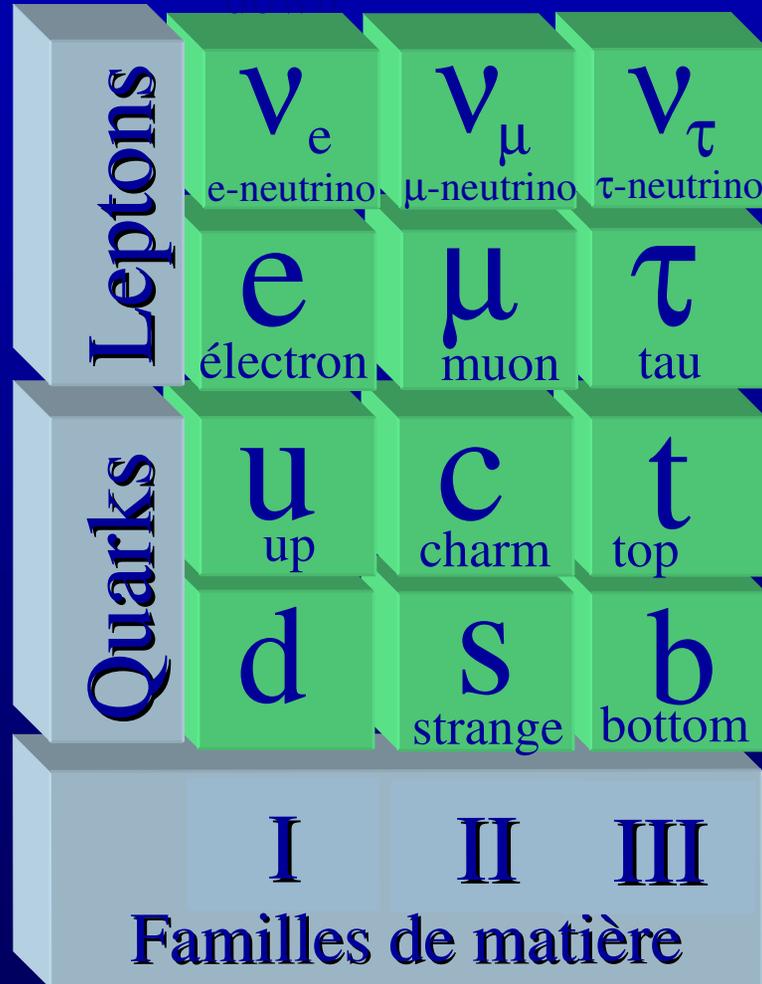
TYPE	INTENSITÉ RELATIVE	VECTEUR	OÙ ?
FORCE NUCLÉAIRE FORTE	~ 1000	GLUONS (masse zéro)	NOYAU ATOMIQUE
FORCE ELECTRO-MAGNETIQUE	~ 1	PHOTONS (masse zéro)	ATOMIC SHELL
FORCE NUCLEAIRE FAIBLE	$1 / 100$	BOSONS Z^0 , W^+ , W^- (lourds)	RADIOACTIVITÉ
GRAVITATION	10^{-35}	GRAVITONS (?)	CORPS CELESTES



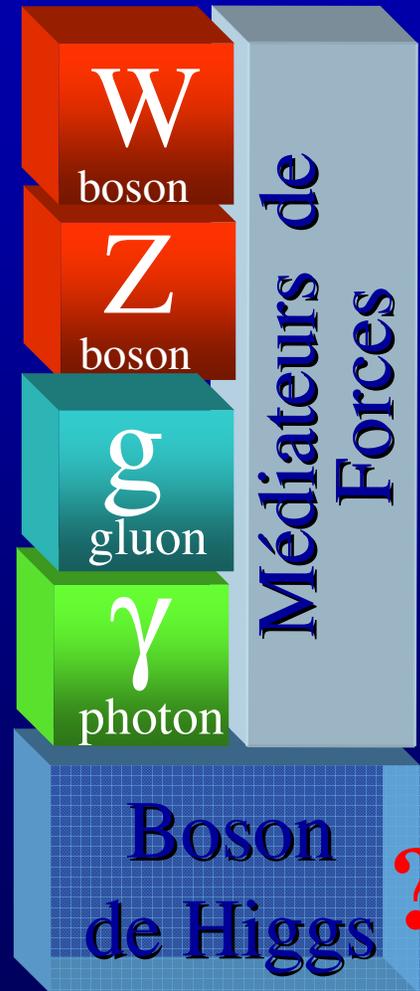
Le forces sont dues à un échange de particules

Le Modèle Standard

Constituents matériels



Forces



Gravité :



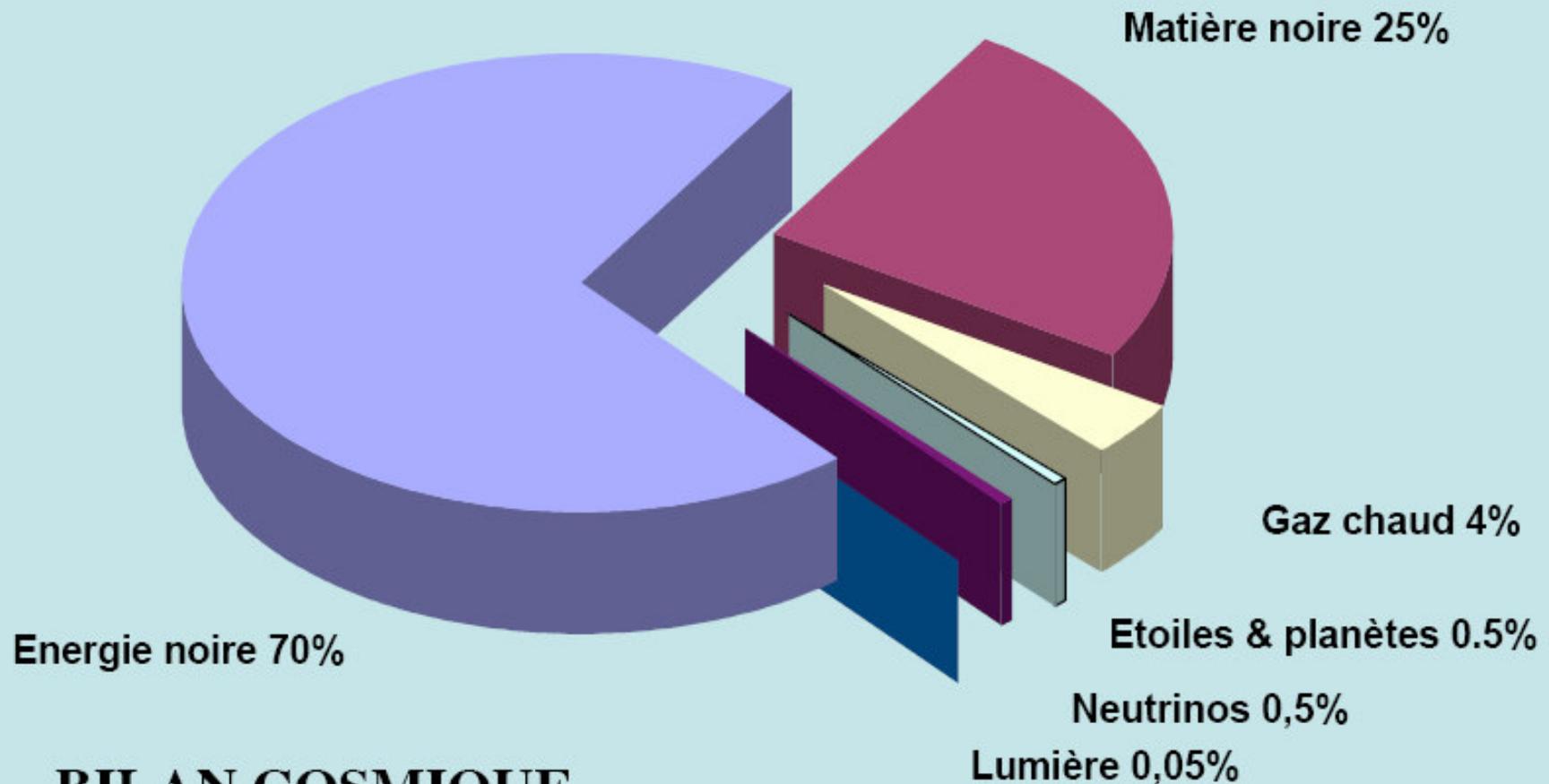
Le
phantôme
de l'opéra



Les grandes questions...

- Quelle est l'origine de la masse des particules ?
- Peut-on "unifier" les interactions électromagnétique, faible et forte ? Et la gravité ?
- Pourquoi a-t-on trois "générations" de matière
- Où est passée l'antimatière ?
- Qu'est-ce que la "matière noire" ?

Etonnante composition...La matière dans l'Univers est essentiellement non baryonique



BILAN COSMIQUE

**LA MATIERE NOIRE DOMINE
LA MATIERE !**

15 March 1999 - Carlofest !



Seminar in honour of Prof. C. Rubbia
on the occasion of his 65th birthday
on Tuesday, 16 March 1999 at 2:30 p.m.
CERN, Main Auditorium

cooling (Rubbia)

1. Injection into

2. Injection into

3. Continuous cooling

4. Injection into

5. Injection into

Programme

Welcome	by G. Charpak
Kaon Physics and CP Violation	by V. Fitch (University of Princeton)
Neutrino Physics	by K. Winter (CERN)
Vector Bosons and Standard Model (theory)	by G. Hoffert (University of Utrecht)
Vector Boson Discovery (experiments)	by A. Astbury (TRIUMF)
A Nuclear Physicist looks at Accelerator Transmutation Technologies	by A. Kerman (MIT)
Address	by C. Rubbia
Closing remarks	by L. Malani, Director-General of CERN

A reception, offered by Prof. L. Malani, at CERN, Restaurant No. 1, will follow.

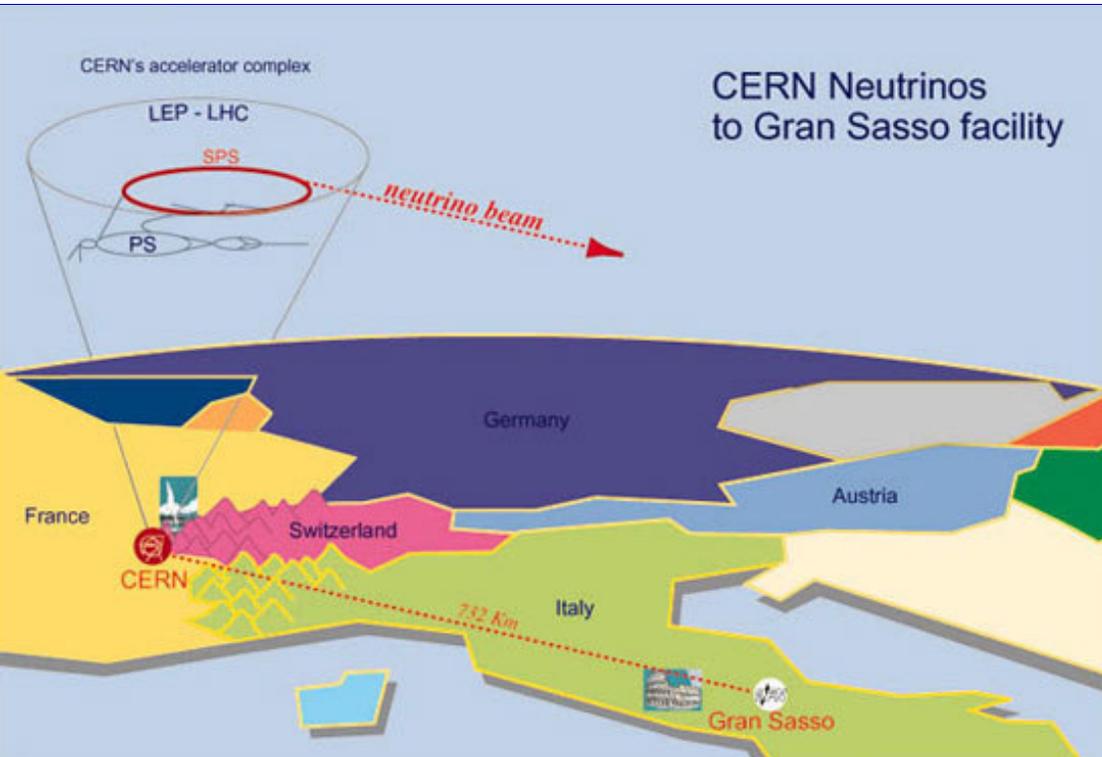
De 1994 à 1999

C. Rubbia n'a pas été inactif :

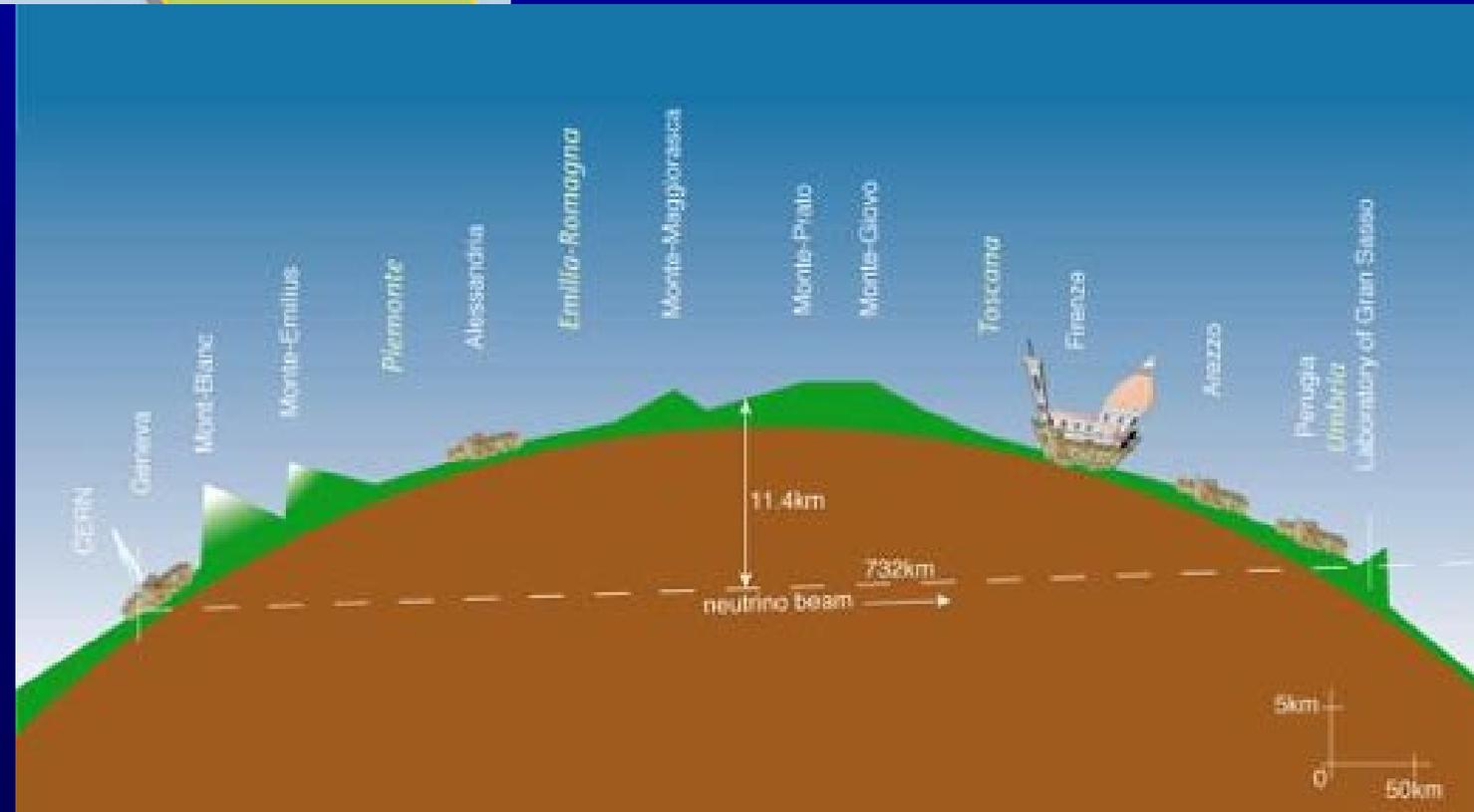
- il a développé un projet novateur de réacteur nucléaire (le '**Rubbiatron**').
- Il a été nommé professeur de physique à Pavia.
- Il a poussé la construction d'un laboratoire pour la lumière de synchrotron *Elettra* à Trieste...
- ...et l'envoi d'un faisceau de neutrinos vers le Gran Sasso en Italie.

Carlo e la luce di sincrotrone





Le CERN envoie un faisceau de neutrinos sous les Alpes vers un détecteur distant de 730 km



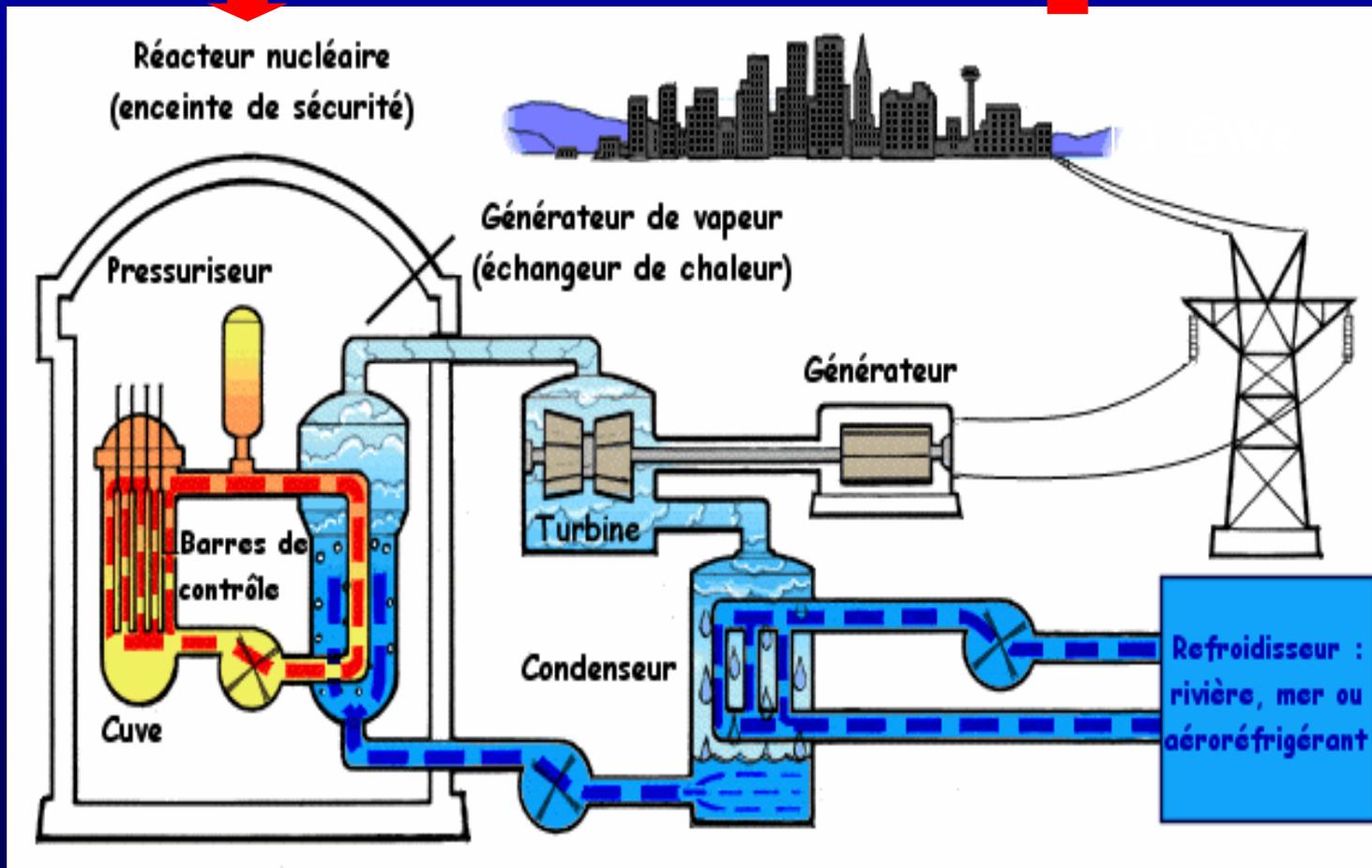
Le 'Rubbiatron'

Le réacteur PWR (modèle le plus utilisé en France)

Deux circuits d'eau : primaire (155 bar et 345 °C) et
Secondaire : vapeur => turbine/génératrice => condenseur

3 GW thermiques

1 GW électrique



Que faut-il pour alimenter 1 centrale nucléaire* de 1 GWe ?

120 tonnes d'Uranium naturel
(97.3% de U-238, 0.7% de U-235) →

22 tonnes d'Uranium enrichi (recharge)
(3.5% de U-235) →

1 tonne de U-235 brûlé en 20 mois.

→ **22 tonnes de déchets radioactifs** tous les 20 mois.

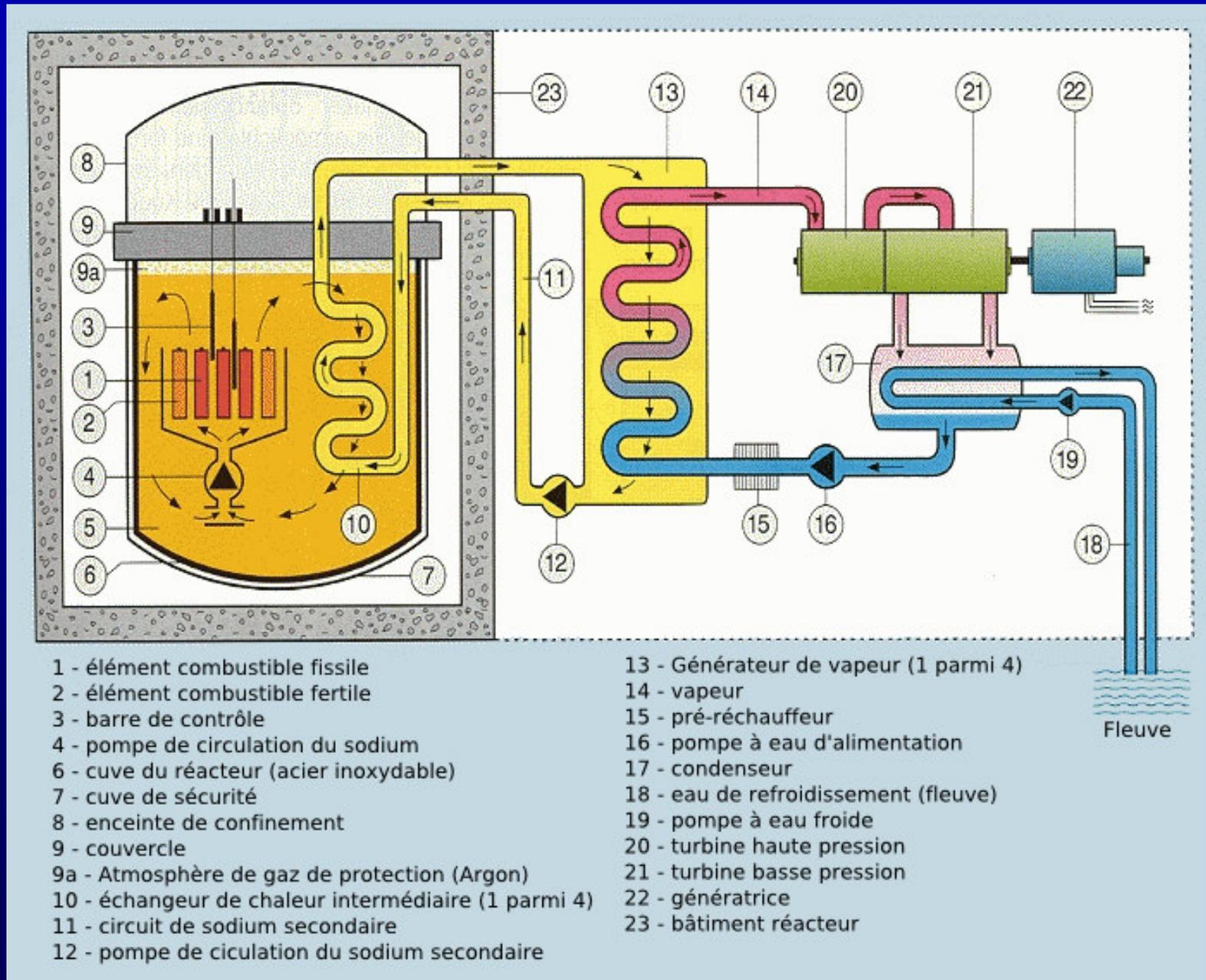
* (59 centrales en France, 445+ dans le monde)

Et si on avait un réacteur qui utilise 'tout' l'uranium naturel (la IVe génération*) ?

- Si on a recours à la surgénération, **TOUT** le minerai d'uranium (U-235 *et* U-238) est utilisé.
- Le potentiel énergétique est multiplié par **100**; de plus, on peut 'incinérer' le déchets existants.
- Les **réserves** estimées correspondent à plusieurs milliers d'années de production.
- On peut utiliser aussi le **thorium-232**, 4 fois plus abondant que l'uranium.
- Les **déchets radioactifs** descendent en dessous du niveau des futures centrales à fusion (ITER).

* surgénérateur, 'breeder', auto-fertilisant, etc.

Superphénix : réacteur à neutrons rapides et caloporteur sodium



C. Rubbia – Amplificateur d'énergie

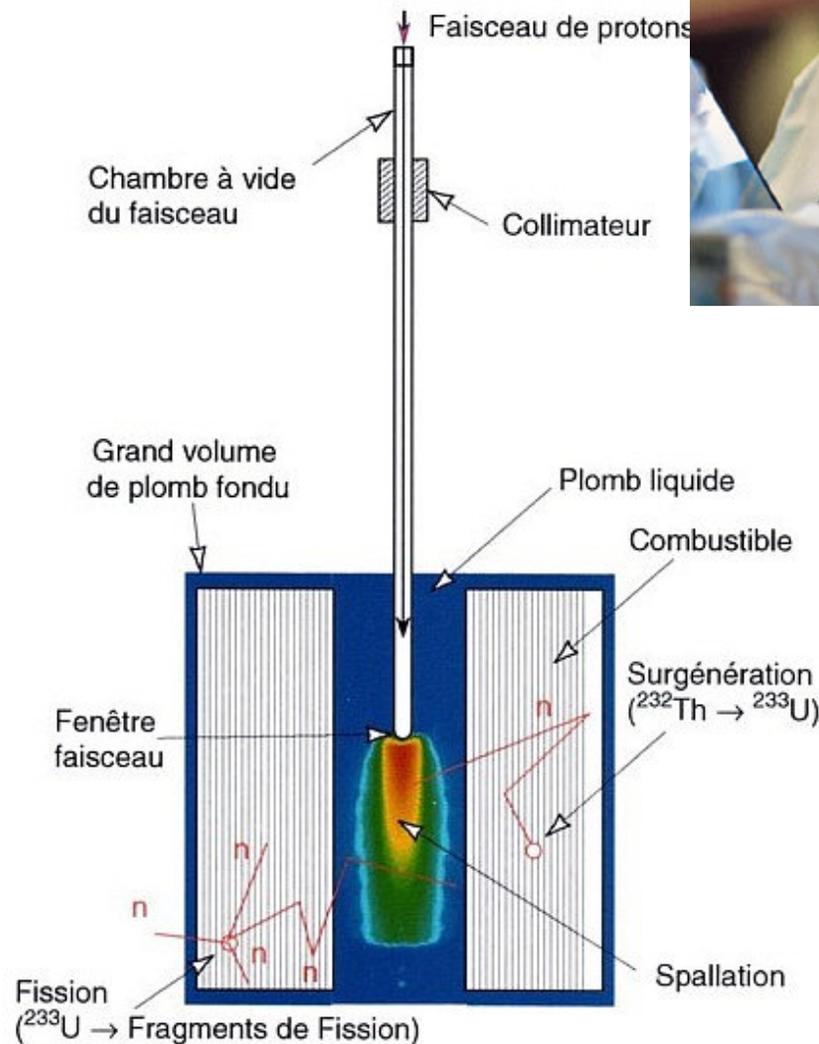
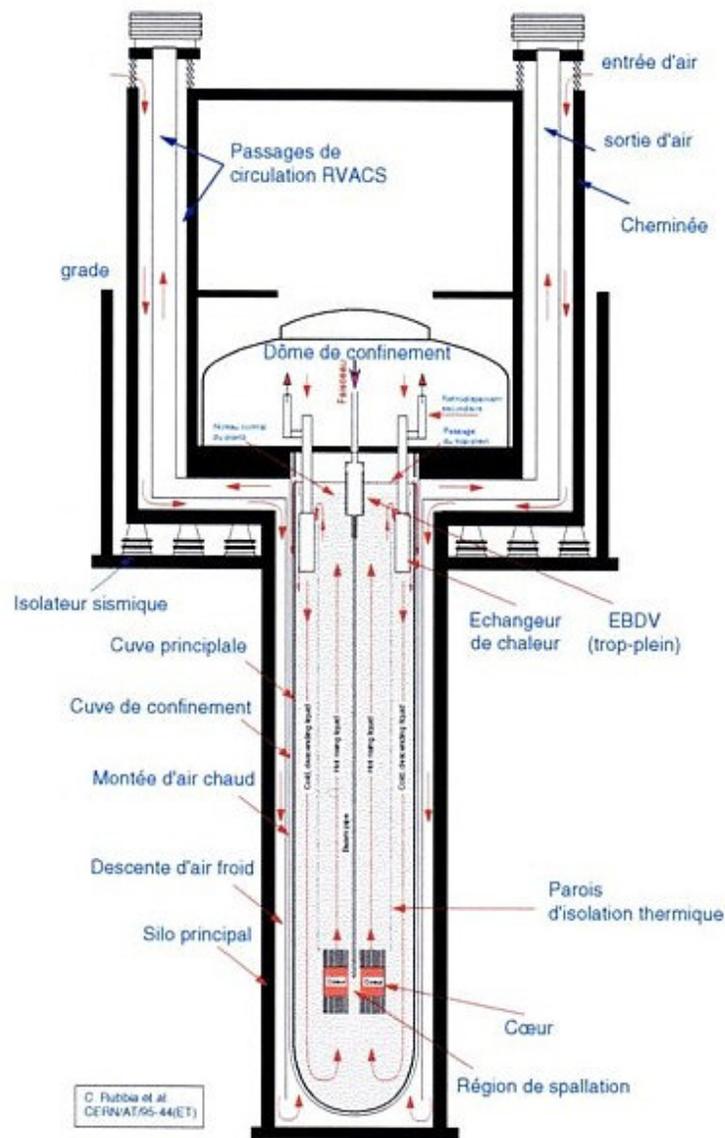
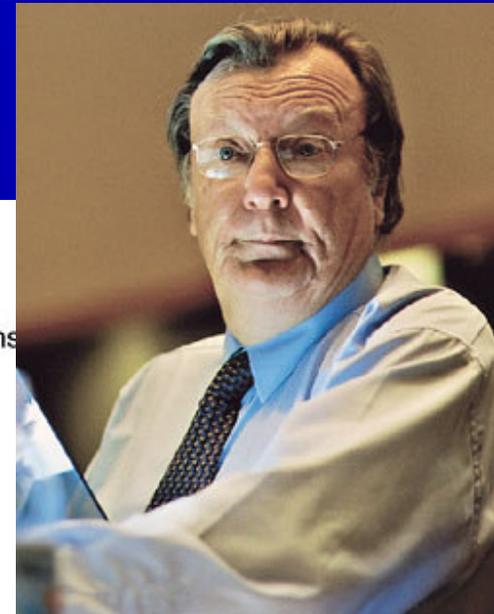
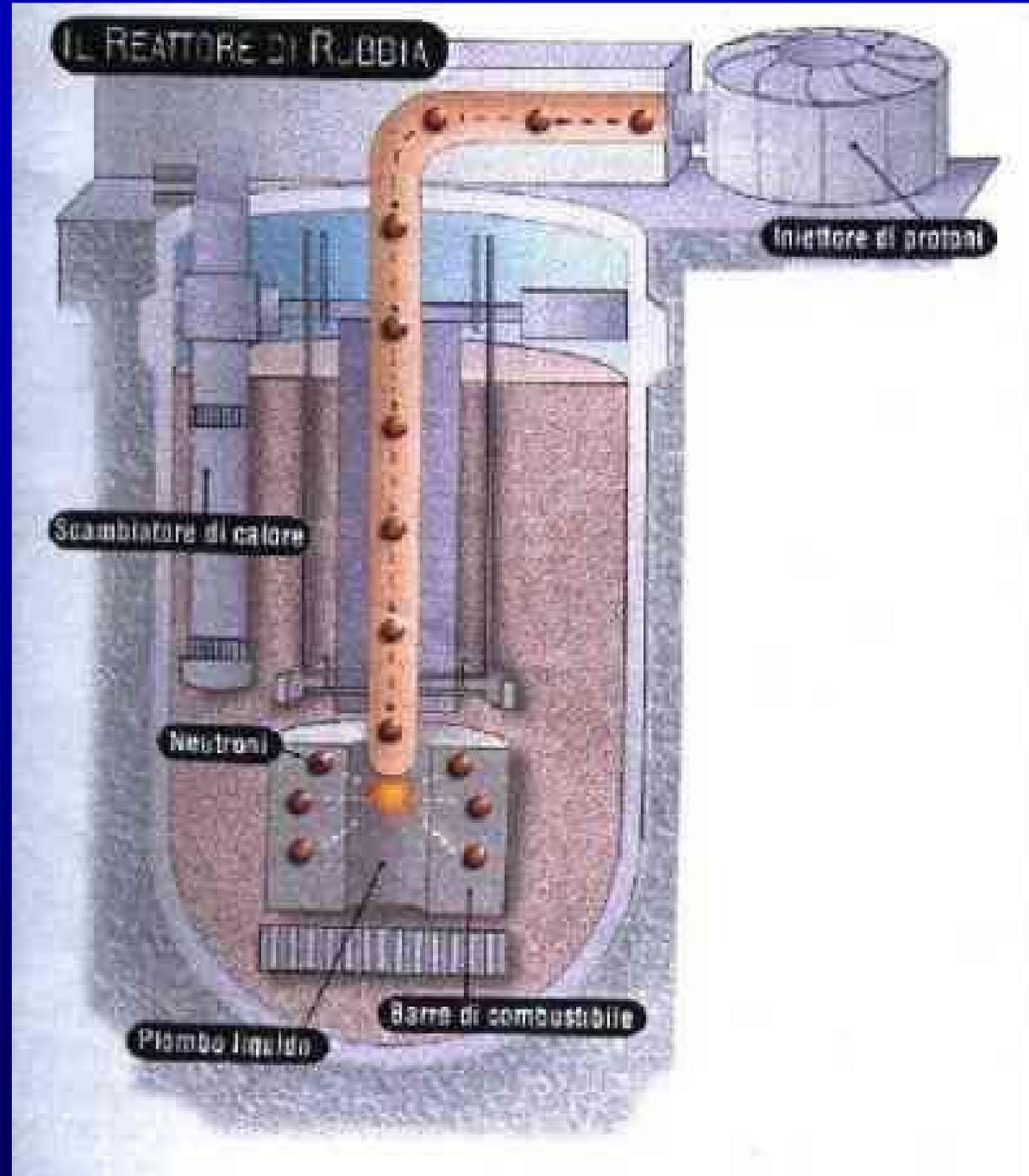
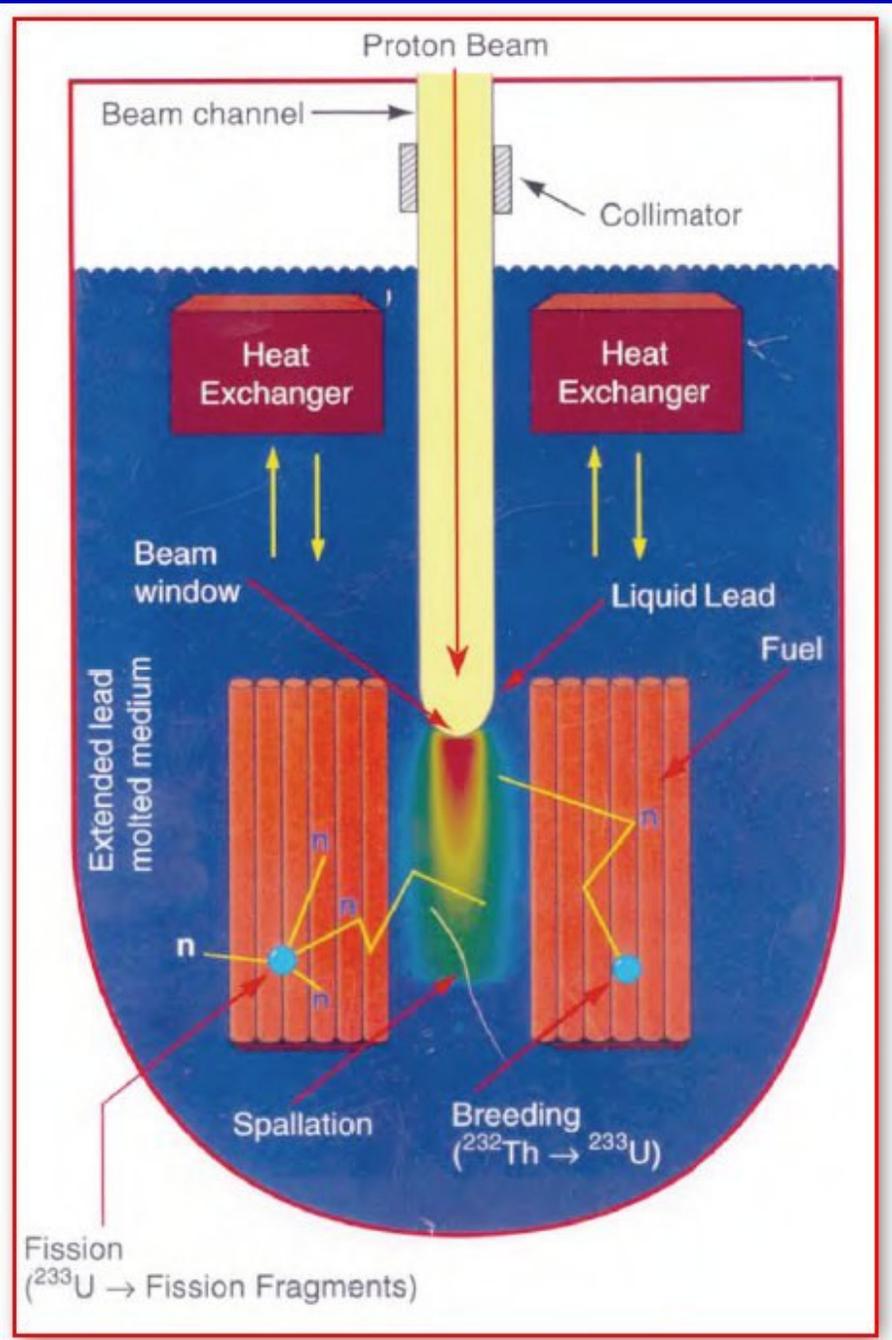
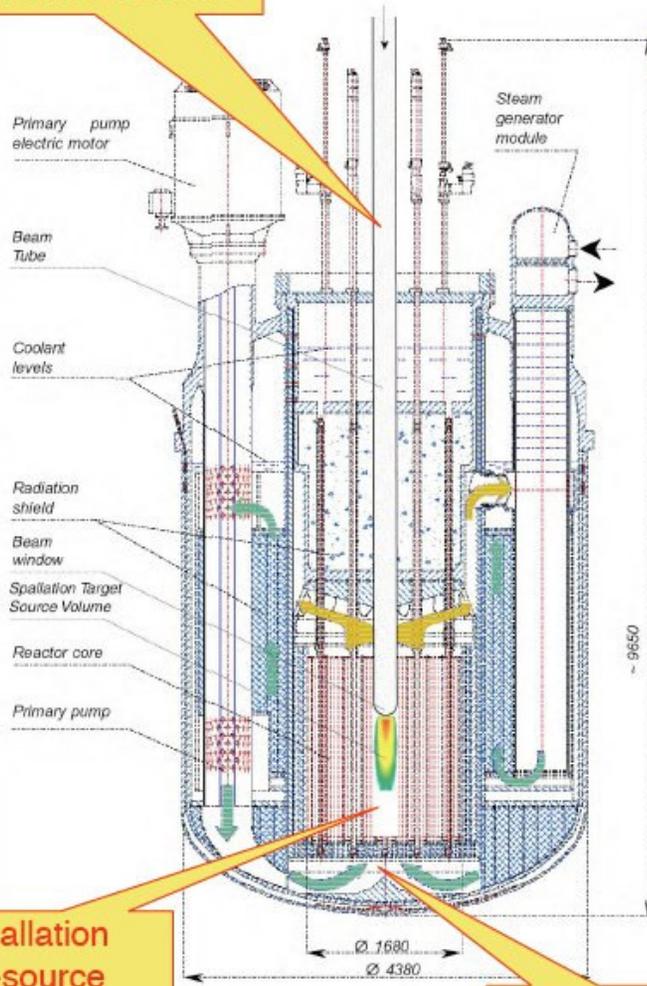


Figure 30 : Schéma de l'Amplificateur d'Énergie (adapté de la Ref. 1), et schéma de principe montrant la « flamme » de neutrons produits par le faisceau de protons se propageant jusqu'au cœur du système où elle permet de détruire les TRU par fission.



Typical Pb-Bi fast sub-critical unit (Russian design)

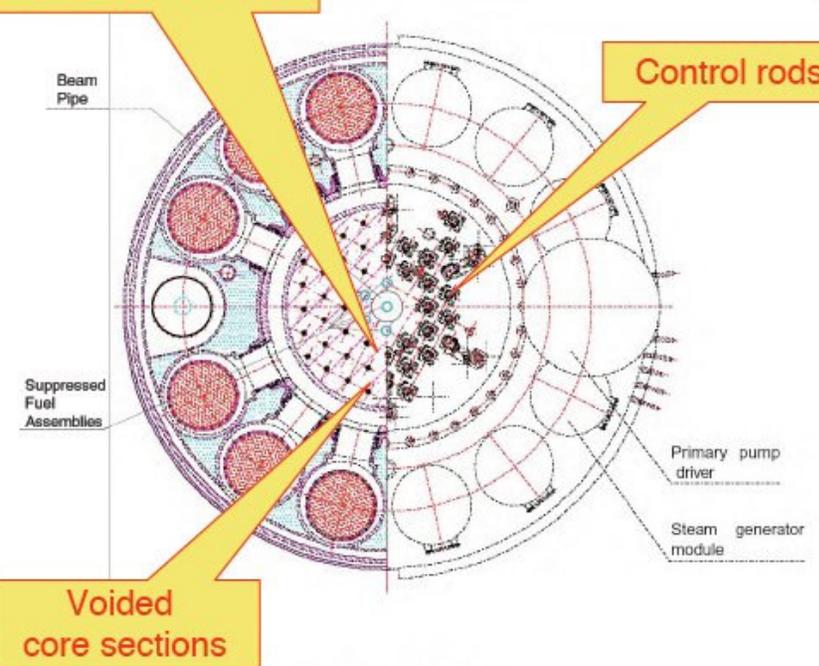
Beam and insertion tube



Spallation n-source

Voided core sections

Beam and insertion tube



Voided core sections

Control rods

Fig. 2. Reactor Top View

$T_p = 600 \text{ MeV}$
 $I_p = 3.5 \text{ mA/GWth for } k = 0.995$
 $I_p = 7.0 \text{ mA/GWth for } k = 0.99$

Actuellement

Le projet de C. Rubbia est abandonné.

Cette nouvelle technologie demanderait des longues études et essais, et elle ne sera jamais disponible si l'on reste dans l'inaction.

Réacteurs de IVe génération :

<http://www.x-environnement.org/jr/JR04/huffer.html>

L'après-retraite

En Italie, Carlo Rubbia a une chaire de physique à l'université de Pavia.

En 2000 il est nommé à la présidence de l'**ENEA** (**Ente Nazionale Energia Atomica**, anciennement CNEN), pudiquement renommé (en **Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente**) après l'abandon du nucléaire – par referendum - en 1987.

... une organisation basée à **Rome**, avec une structure administrative imposante mais aucun objectif de recherche.

Une centrale solaire ?

Carlo remarque qu'un groupe de chercheurs de l'ENEA a étudié des miroirs paraboliques pour la concentration de l'énergie solaire.

Habitué à contourner les obstacles et aux grands projets, Carlo développe l'idée d'une centrale solaire.

Un emplacement idéal est trouvé près de Siracusa, en Sicile.

Mais les structures de l'ENEA résistent; les 7 membres du CdA ('il bianco') font barrière.

Archimède : un prototype de centrale solaire à concentration près de Syracuse (Sicile) – 20 MWp, 5 MWeff



Projet Archimède (C. Rubbia - Enel)

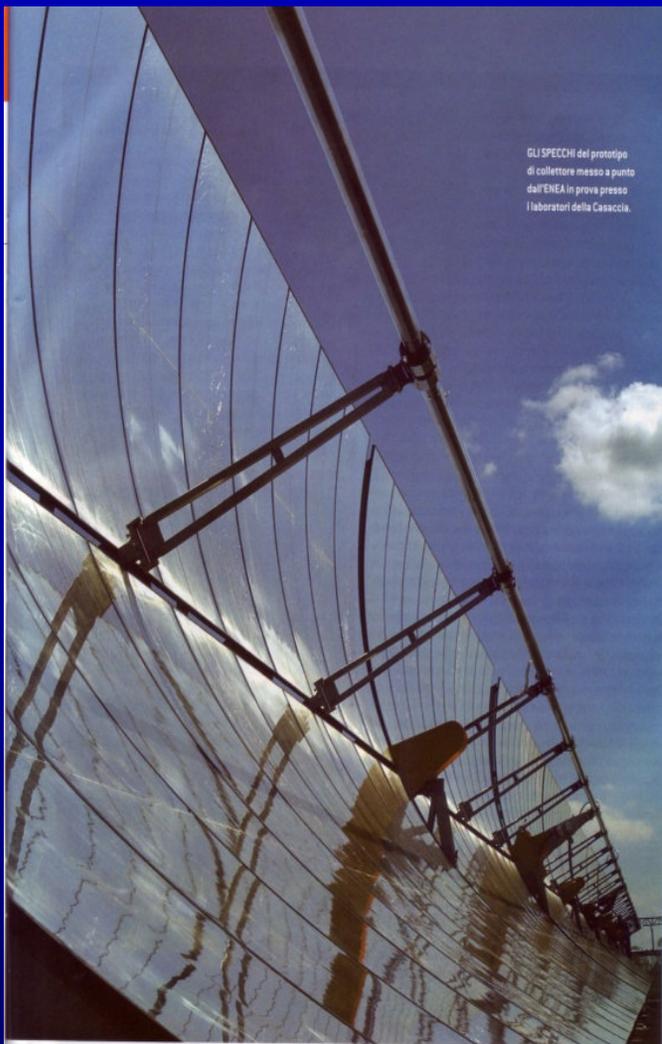


Fig. 15 - Immagine dei collettori solari in prova



Fig. 16 - Montaggio degli specchi di prima generazione (Powerwall)

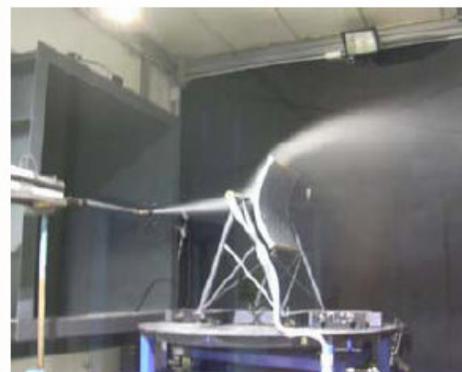
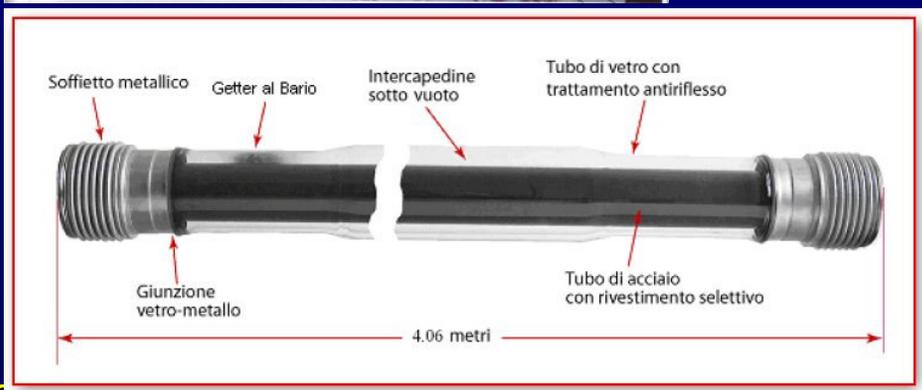


Fig. 17 - Prova in galleria del vento del modello di collettore

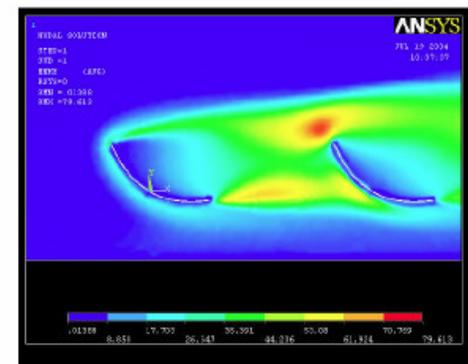


Fig. 18 - Distribuzione dell' energia associata ai moti turbolenti per due file di collettori

Démissions

En 2005 deux évènements décisifs :

- Le gouvernement Berlusconi refuse la construction de la centrale solaire.
- Le CdA nomme un directeur de l'ENEA contre l'avis du président.

Rubbia démissionne avec fracas, et part en Espagne avec son projet de centrale solaire.

L'ENEA est 'commissariato' (le TAR donnera ensuite raison à C. Rubbia).

En Espagne

La CIEMAT, organisation pour les sources d'énergie, est présidée par son ami *Juan Antonio Rubio* (!).

Le parlement espagnol approuve la construction de 20 centrales solaires et lance un programme de recherche dans ce domaine (entre autres).

2006-7 Cacophonie

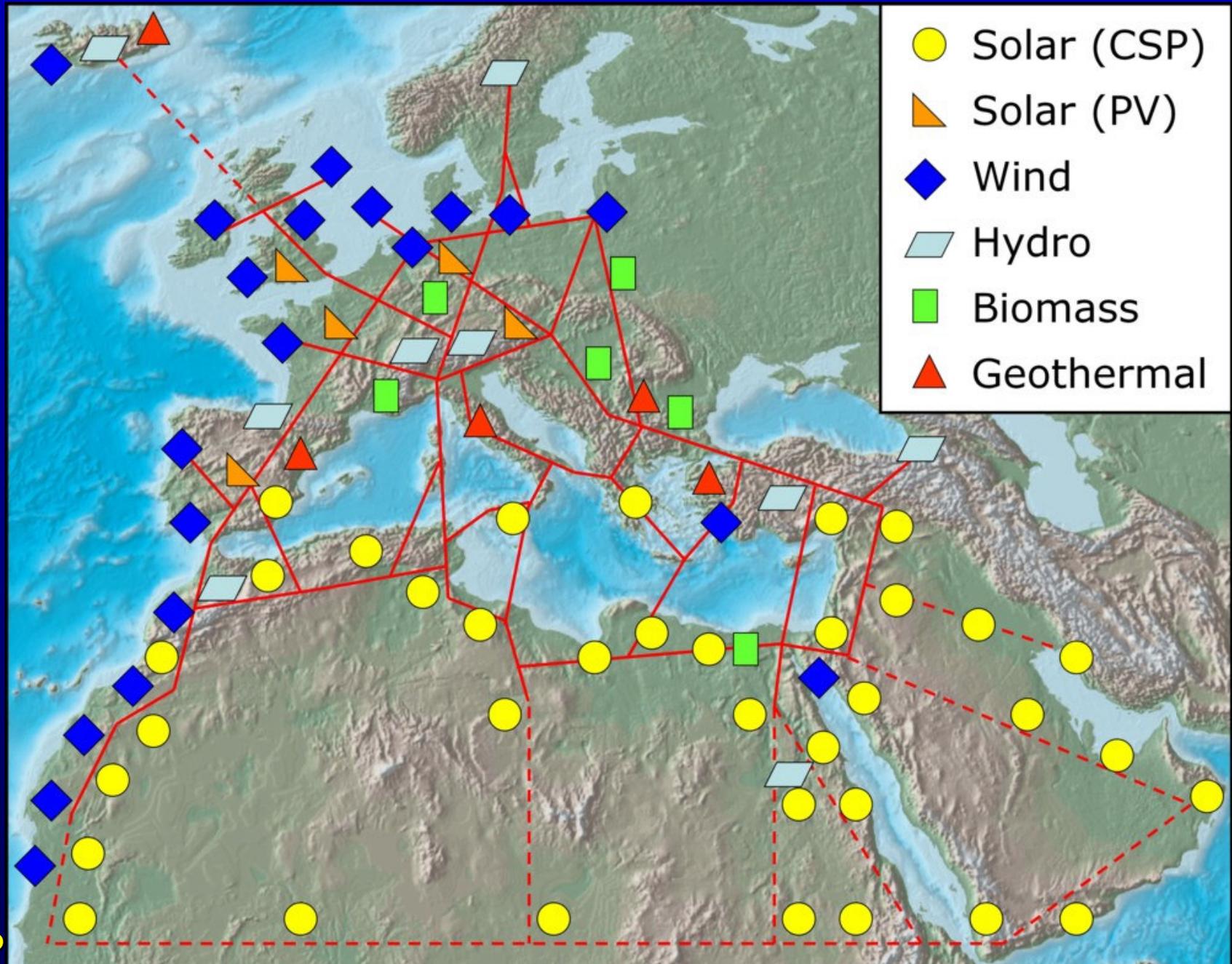
Le gouvernement Prodi rappelle Rubbia en Italie, comme *conseiller* du ministre de l'environnement.

Ses avis ont quelque impact médiatique, mais pas plus de poids que d'autres opinions plus ou moins qualifiées.

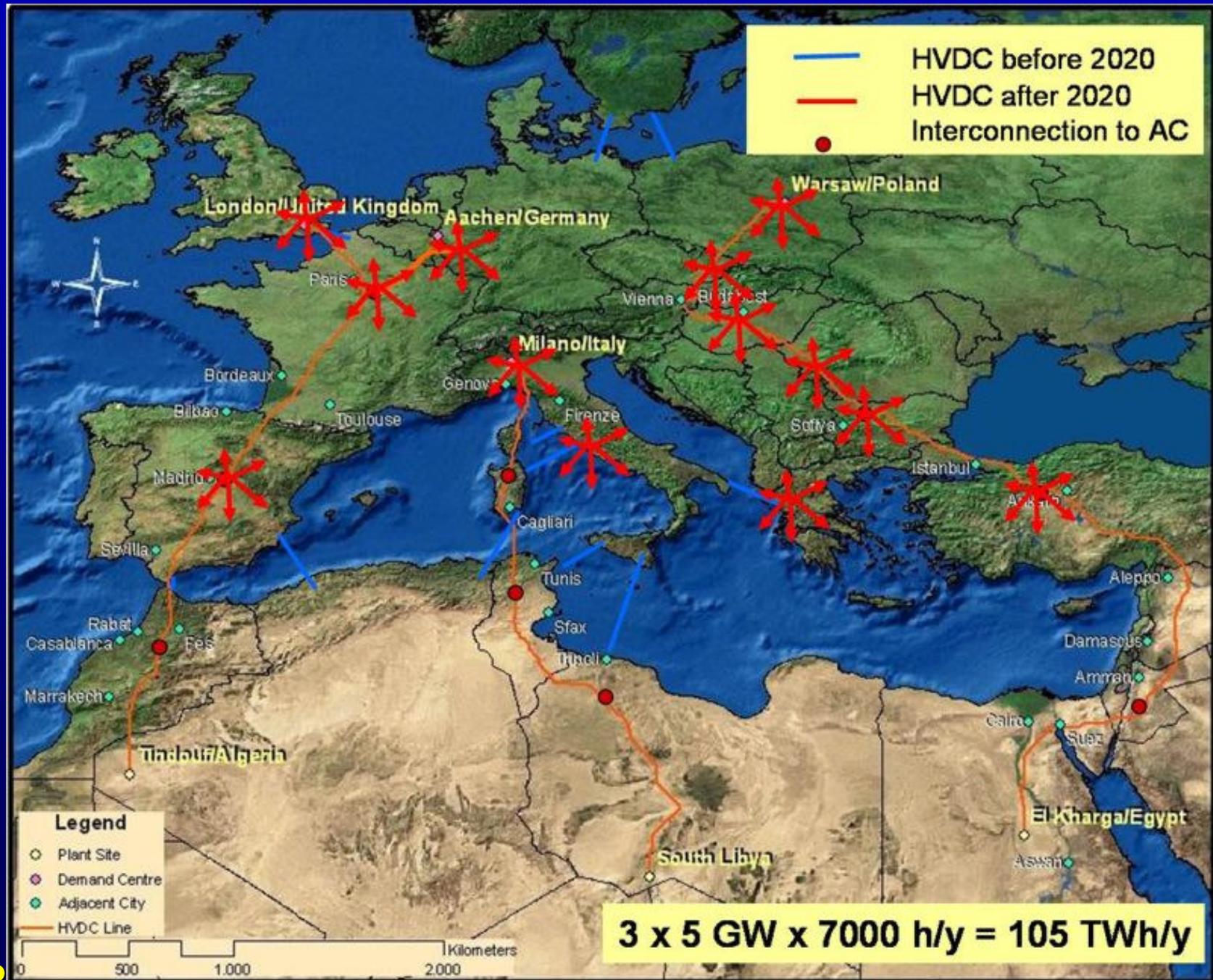
Corrado Clini veut construire des milliers d'éoliennes,
Umberto Veronesi dix nouvelles centrales nucléaires...

Récemment, C. Rubbia a participé au TREC
(*Transmediterranean Renewable Energy Committee*).

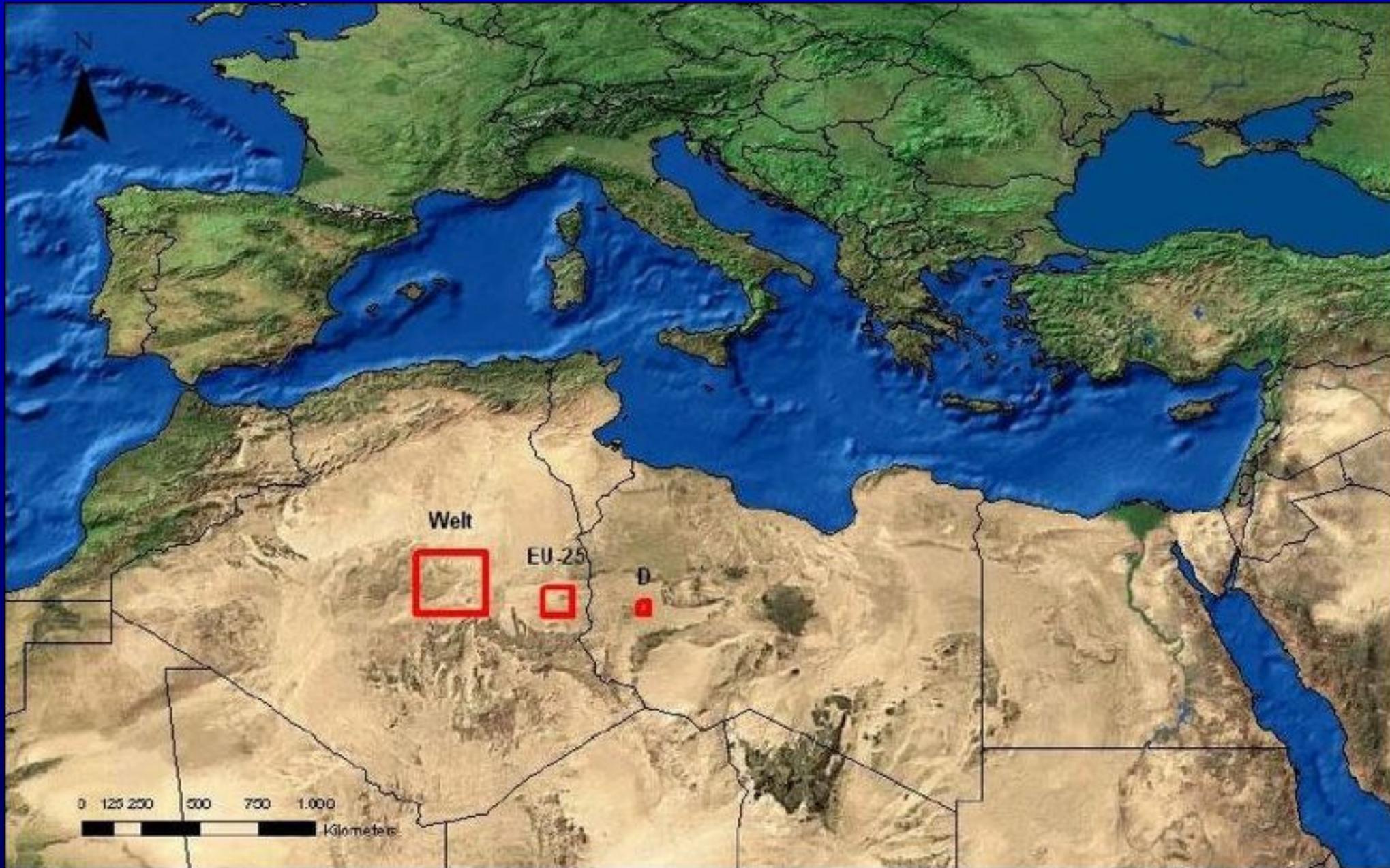
Desertec : Un projet intégré d'approvisionnement en électricité et dessalaison d'eau pour l'Europe, le Proche Orient et le Nord Afrique (2008).



Desertec



Desertec



Desertec, qui le verra ?



Rubbia est vieux, comme ceux de sa génération.

En attendant que l'Europe fasse enfin les bons choix...

... il y aura peut être des moments difficiles !