

Illustrations

- 1) 2 accélérateurs du CERN :
Collisionneurs ppbar versus
colisionneur e+e-
SPS versus LEP
- 2) 'Overview' de deux
installations/projets majeurs
 - 1) Le LHC
 - 2) Un grand projet aujourd'hui : ILC
- 3) *Applications de l'interaction laser-
électron*

Le CERN : la Science à l'échelle Européenne depuis un demi-siècle

The Twenty Member States of CERN

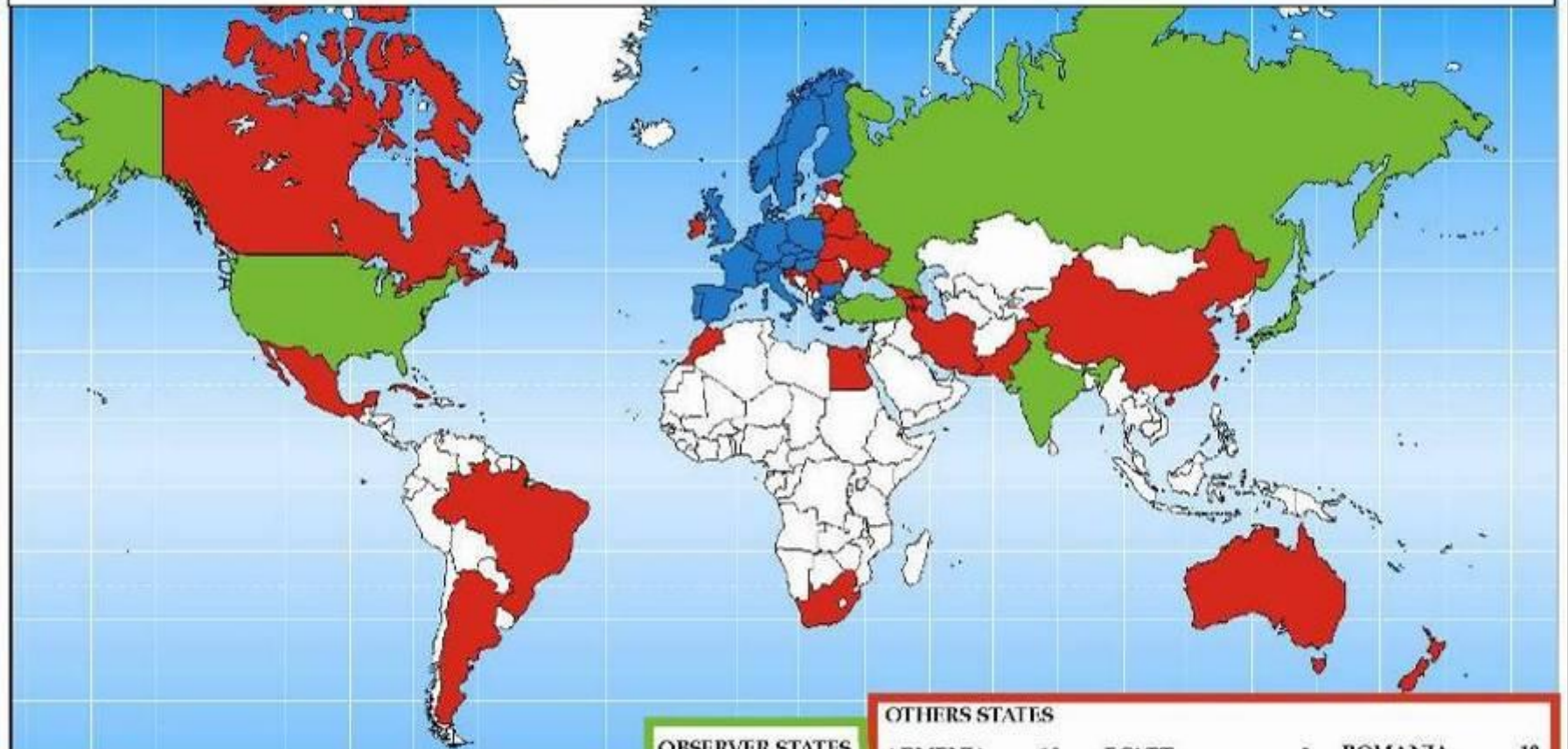


Member States (Dates of Accession)

 AUSTRIA (1959)	 DENMARK (1953)	 GREECE (1953)	 NORWAY (1953)	 SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)
 BELGIUM (1953)	 FINLAND (1991)	 HUNGARY (1992)	 POLAND (1991)	 SWEDEN (1953)
 BULGARIA (1999)	 FRANCE (1953)	 ITALY (1953)	 PORTUGAL (1986)	 SWITZERLAND (1953)
 CZECH FR (1993)	 GERMANY (1953)	 NETHERLANDS (1953)	 SLOVAK FR (1993)	 UNITED KINGDOM (1953)

Qui travaille au CERN ?

Distribution of All CERN Users by Institute on 8 September 2004



MEMBER STATES		
AUSTRIA	GERMANY	4419
BELGIUM	GREECE	
BULGARIA	HUNGARY	
CZECH REPUBLIC	ITALY	
DENMARK	NETHERLANDS	
FINLAND	NORWAY	
FRANCE	POLAND	
	PORTUGAL	
	SLOVAKIA	
	SPAIN	
	SWEDEN	
	SWITZERLAND	
	UNITED KINGDOM	

OBSERVER STATES	
INDIA	62
ISRAEL	33
JAPAN	94
RUSSIA	774
TURKEY	24
USA	631

1621

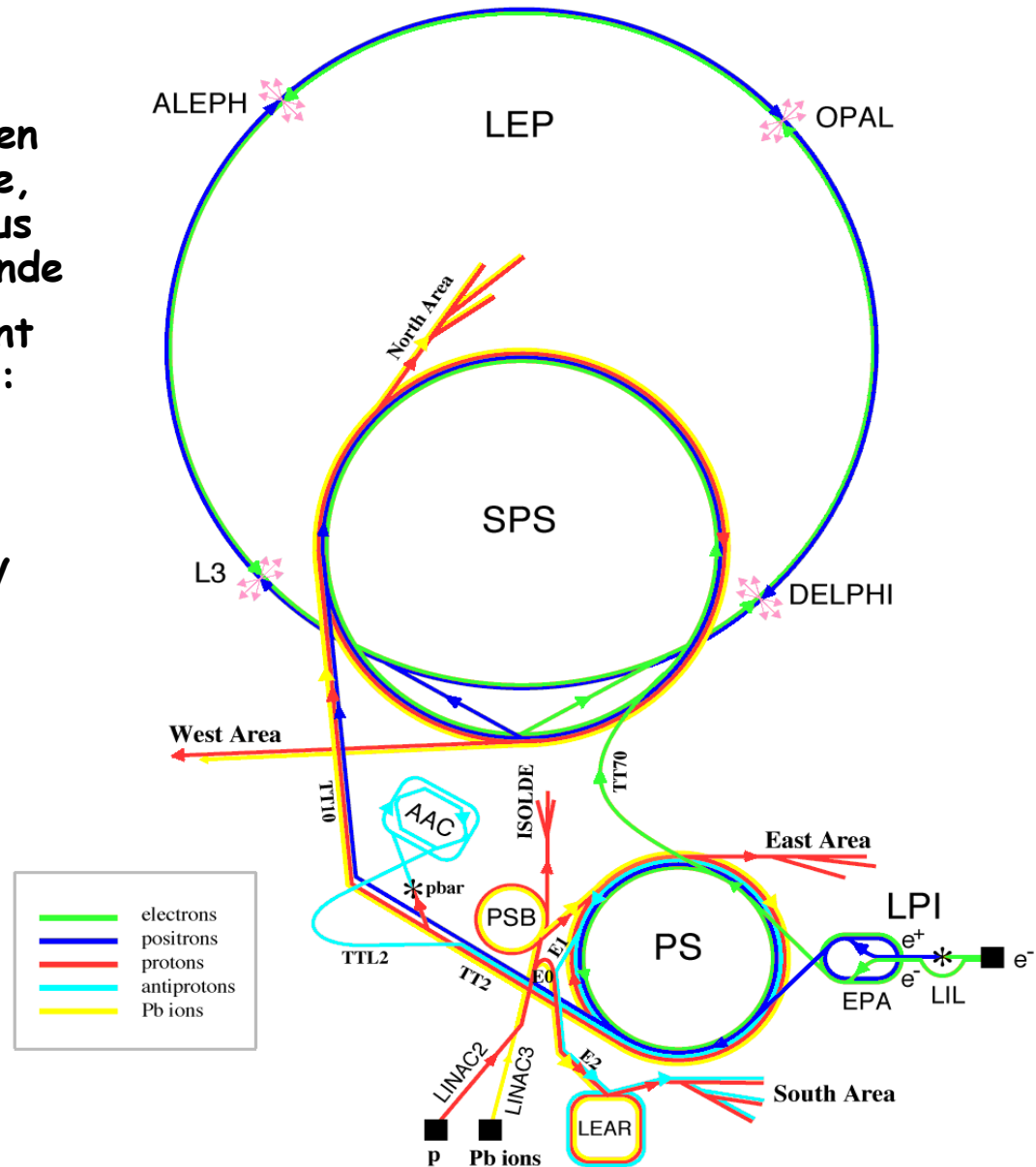
OTHERS STATES

ARMENIA	10	EGYPT	3	ROMANIA	19
ARGENTINA	1	GEORGIA	6	SLOVENIA	6
AUSTRALIA	10	CROATIA	15	TAIWAN	20
AZERBAIJAN	2	IRELAND	6	UKRAINE	11
BRAZIL	29	IRAN	4	YUGOSLAVIA	11
BEARUS	14	KOREA	19	SOUTH AFRICA	2
CANADA	69	LITHUANIA	1		
CHINA	55	MOROCCO	8		
CUBA	3	MEXICO	15		
CYPRUS	5	NEW ZEALAND	2		
ESTONIA	6	PAKISTAN	11		

363

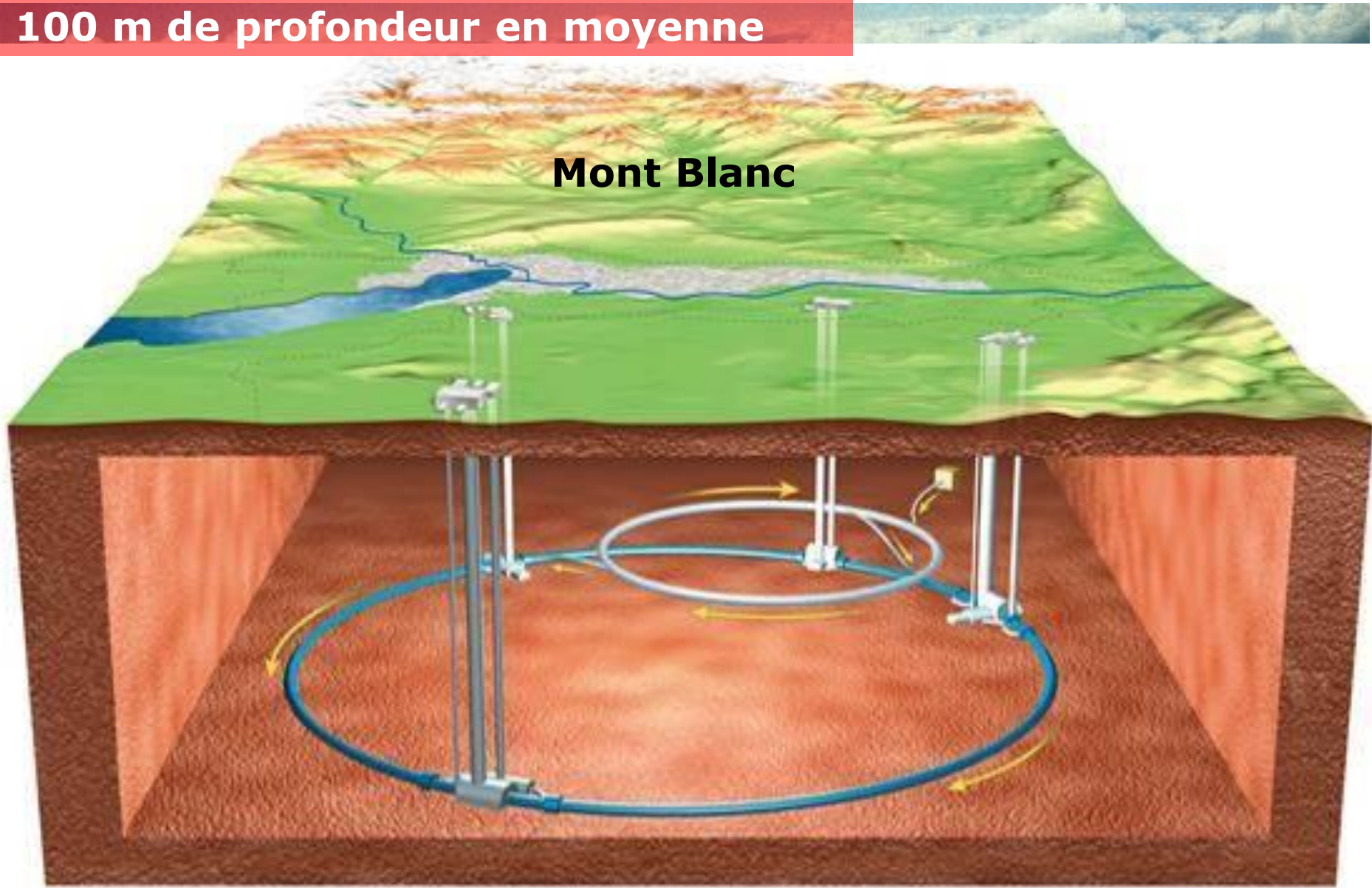
Le CERN..... jusqu'à très récemment

- avec le PS comme point de départ, en opération depuis les années soixante, le CERN constitue aujourd'hui le plus grand complexe accélérateur du monde
- les synchrotrons du CERN accélèrent des types de particules différentes: électrons, positrons, protons, antiprotons et ions lourds
- LEP **était** un collisionneur électrons-positrons de $2 \times 100 \text{ GeV}$



LEP : 27 km de circonférence
100 m de profondeur en moyenne

Mont Blanc



Une des grandes découvertes du
CERN en collisionneur Ppbar
le SPS

Découverte des bosons W^\pm et Z^0 au SPS

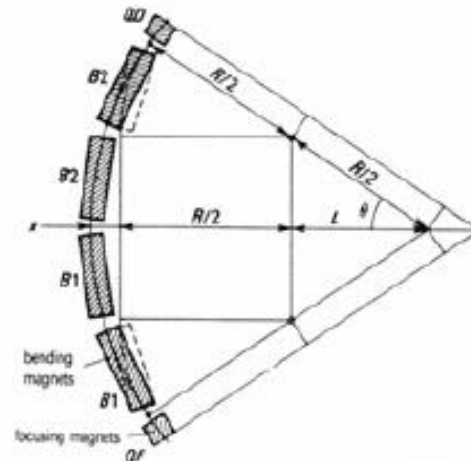
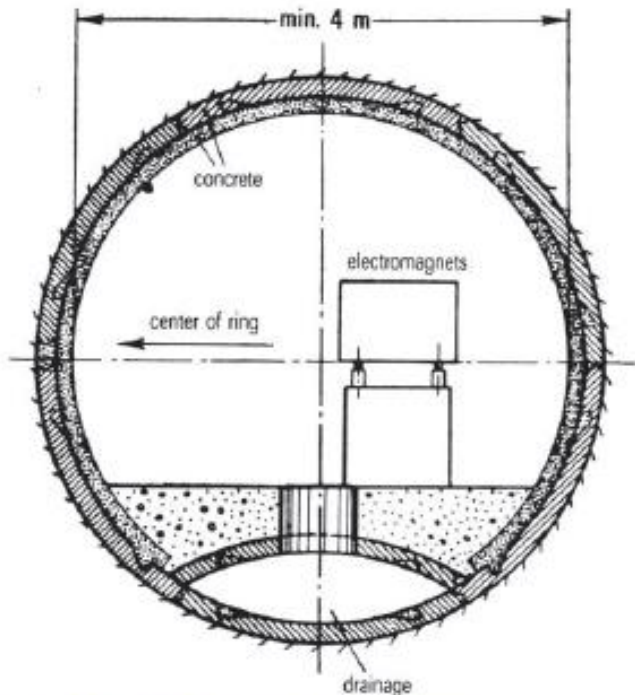
450 GeV protons

158 GeV/nucléon ions Pb

$2\pi R = 6,9$ Km

744 dipôles, 216 aimants de focalisation

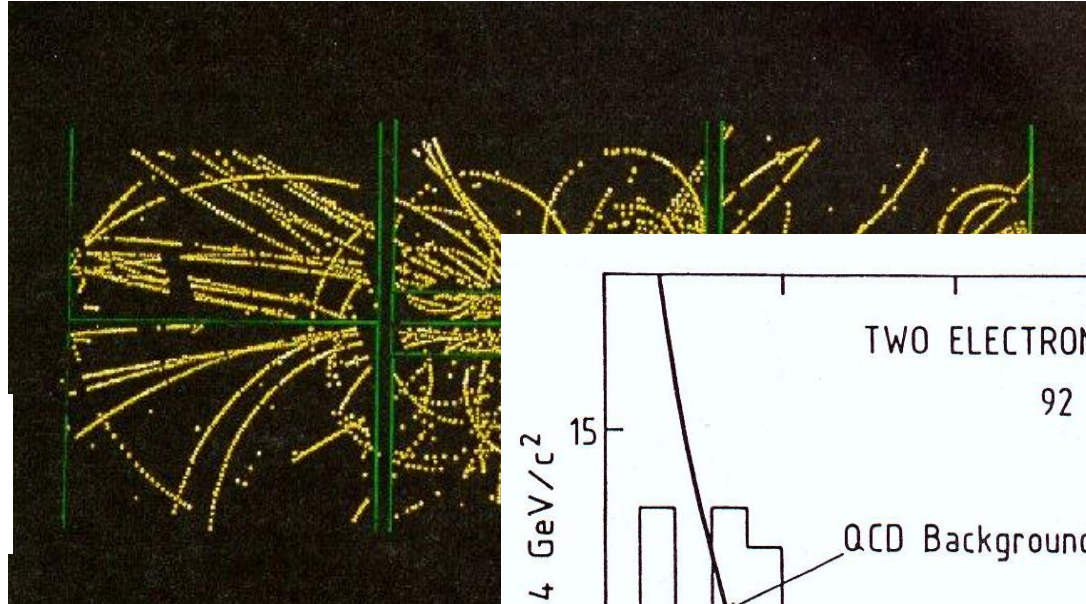
Section de la chambre à vide : 10×5 cm



- Expériences UA1 et UA2 du SPS

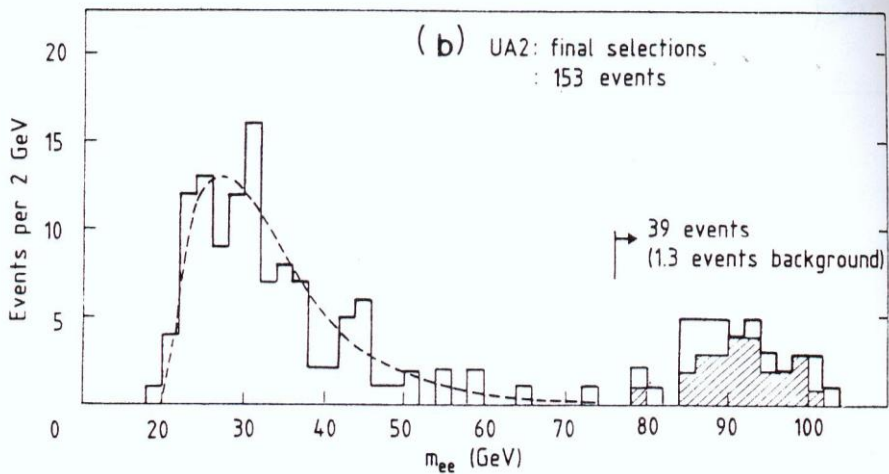
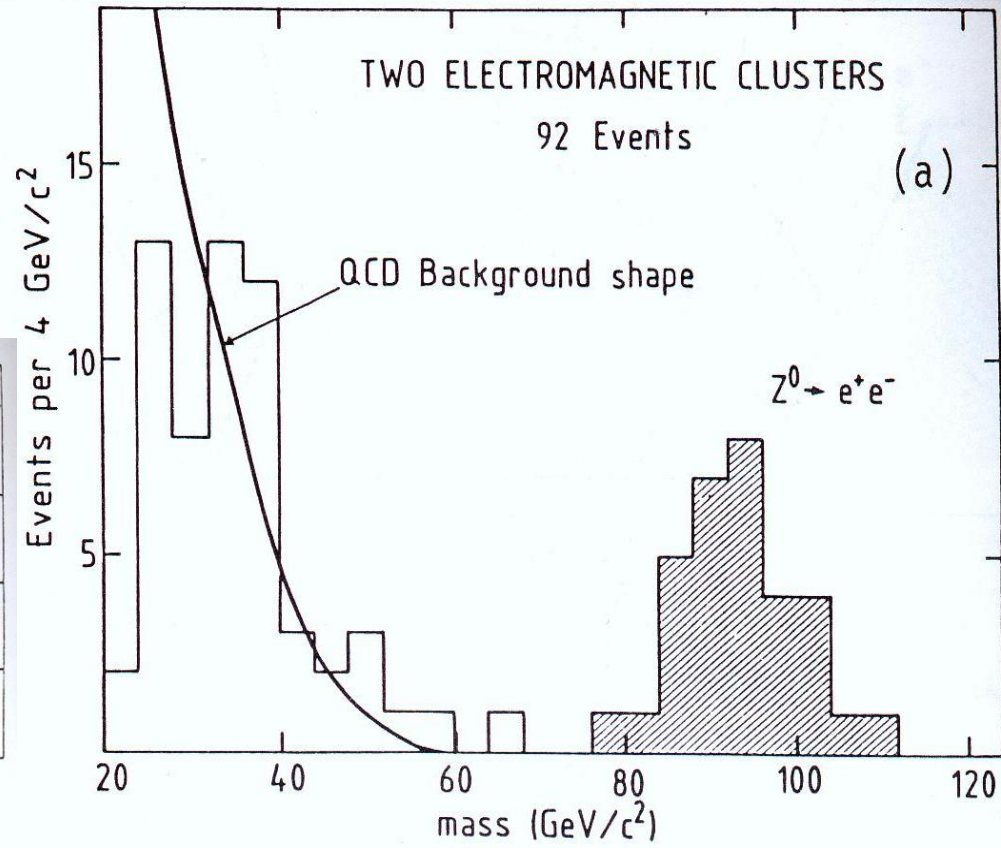
$$p\bar{p} \rightarrow W^+ X^- \quad W^+ \rightarrow l^+ \nu_l$$

$$p\bar{p} \rightarrow Z^0 X^0 \quad Z^0 \rightarrow l^+ l^-$$



UA1:
 $Z^0 \rightarrow e^+e^-$

UA2:
 $Z^0 \rightarrow e^+e^-$

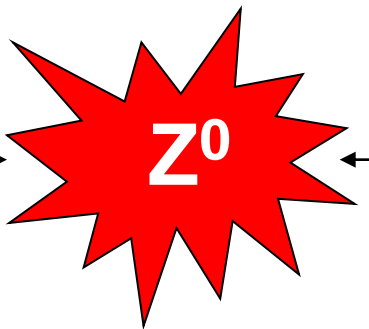


Les mesures de précision en
collisionneur e⁺e⁻ au CERN:
Le LEP

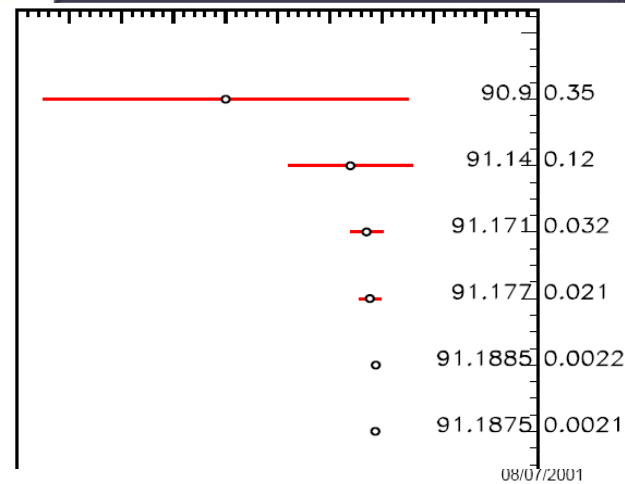
Mesures de précision au LEP 1989-2001

LEP1 : 'usine

$E_{e^-} \sim 45 \text{ GeV}$



- Before SLC
- SLC 1989
- LEP Moriond 1990
- LEP ICHEP90 Singapore
- LEP EPS95 Brussels
- LEP now

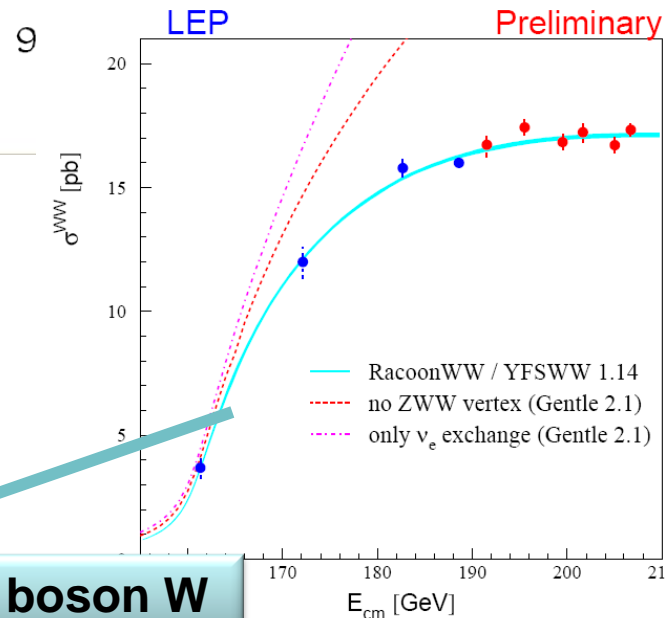


LEP2 : 'usine à W^+W^- '

$E_{e^-} \sim 80 \text{ GeV}$



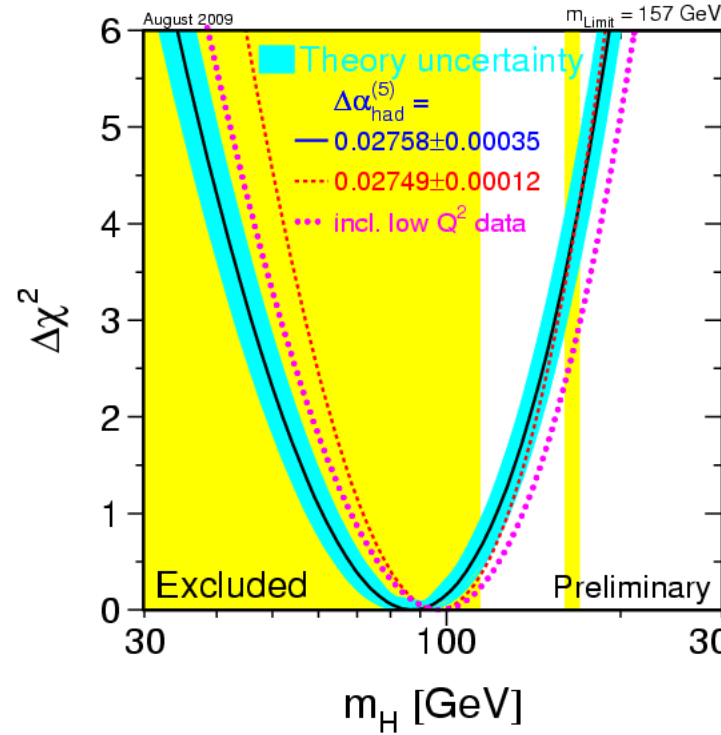
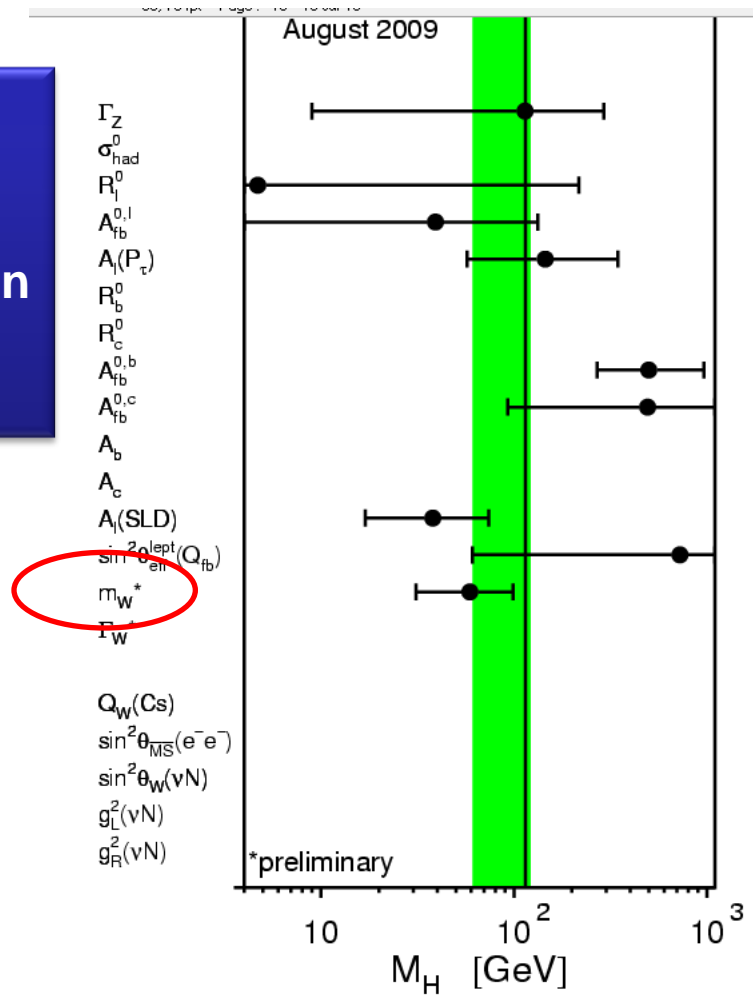
$E_{e^+} \sim 80 \text{ GeV}$



À partir de cette courbe on détermine la masse du boson W

Pourquoi mesurer précisément m_W ?

- Important en soit
- Contrainte sur la masse du boson de Higgs ...



Mais la précision a un prix !

Ex. : La mesure **précise** de l'énergie des faisceaux
au LEP

→ nécessaire pour réduire les incertitudes expérimentales :

$$\frac{\delta M_W}{M_W} \approx \frac{\delta E_{\text{beam}}}{E_{\text{beam}}}$$

$$\delta M_W(\text{stat}) \sim 30 \text{ MeV} \xrightarrow{\text{Goal}} \delta E_{\text{beam}} < 15 \text{ MeV}$$

$$(E_{\text{beam}} \sim 80\,000 \text{ MeV})$$
$$\rightarrow \delta E_{\text{beam}}/E_{\text{beam}} \sim 10^{-4} \dots$$

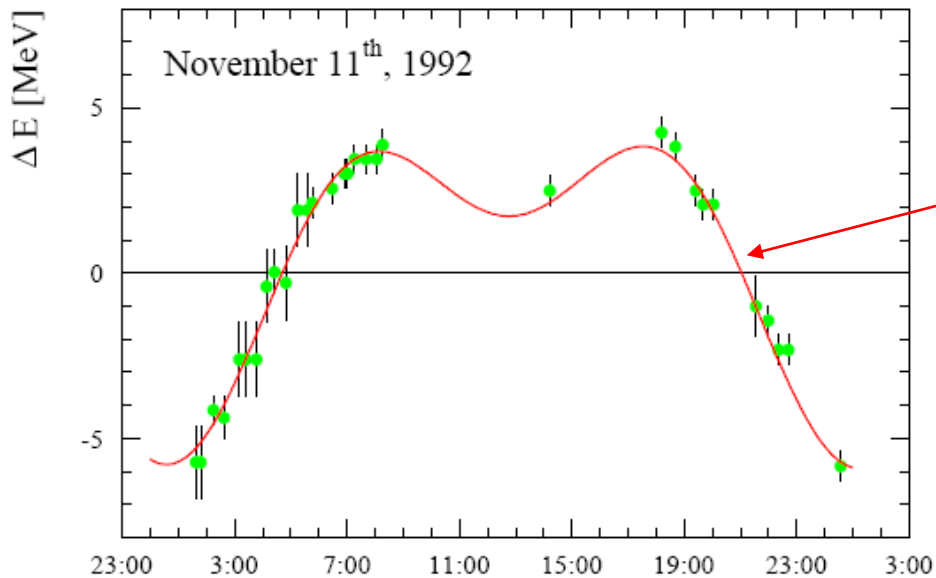
Ces mesures se font en étudiant les trajectoires des particules chargées
dans les champs magnétiques des électroaimants

→ Dépend de la longueur de la trajectoire (~27km)

→ Dépend des courants parasites dans les alims des électroaimants !

Les surprises du LEP

Mesure de l'énergie sur 24h

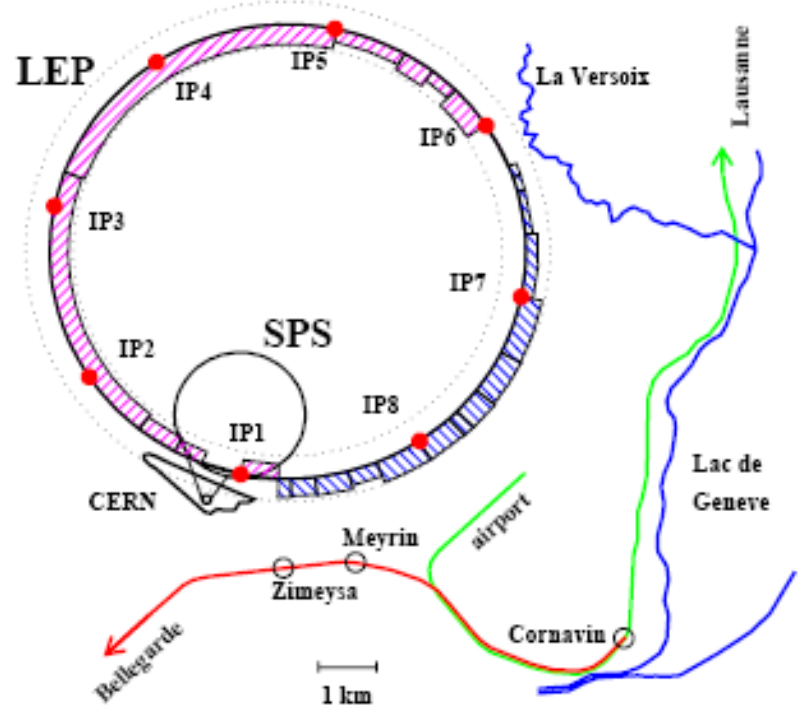
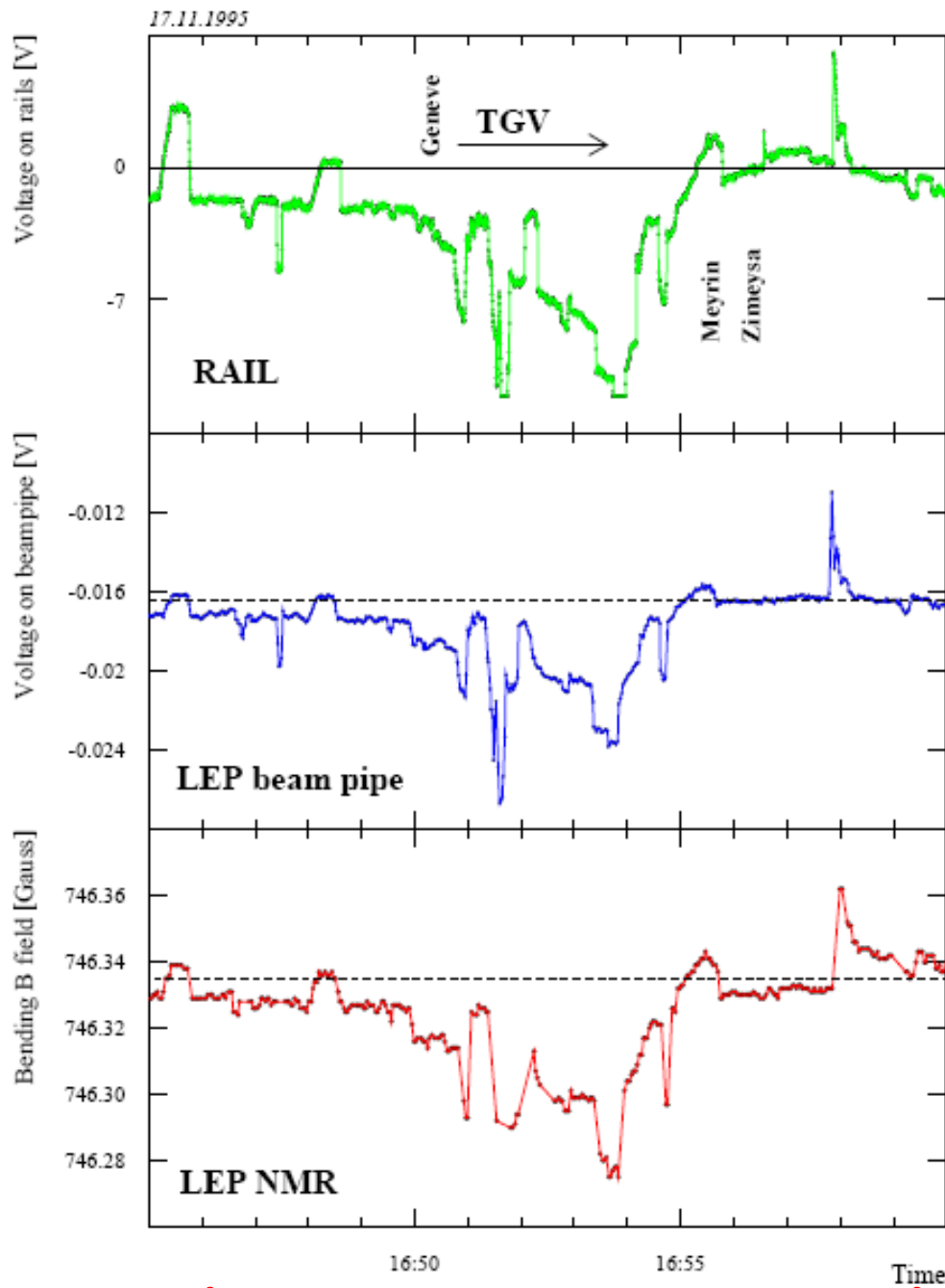


Effet des marées terrestres !
(calcul géophysique)

Variation de la longueur du
LEP de 1mm/27km !!!

→ 10MeV d'erreur ...

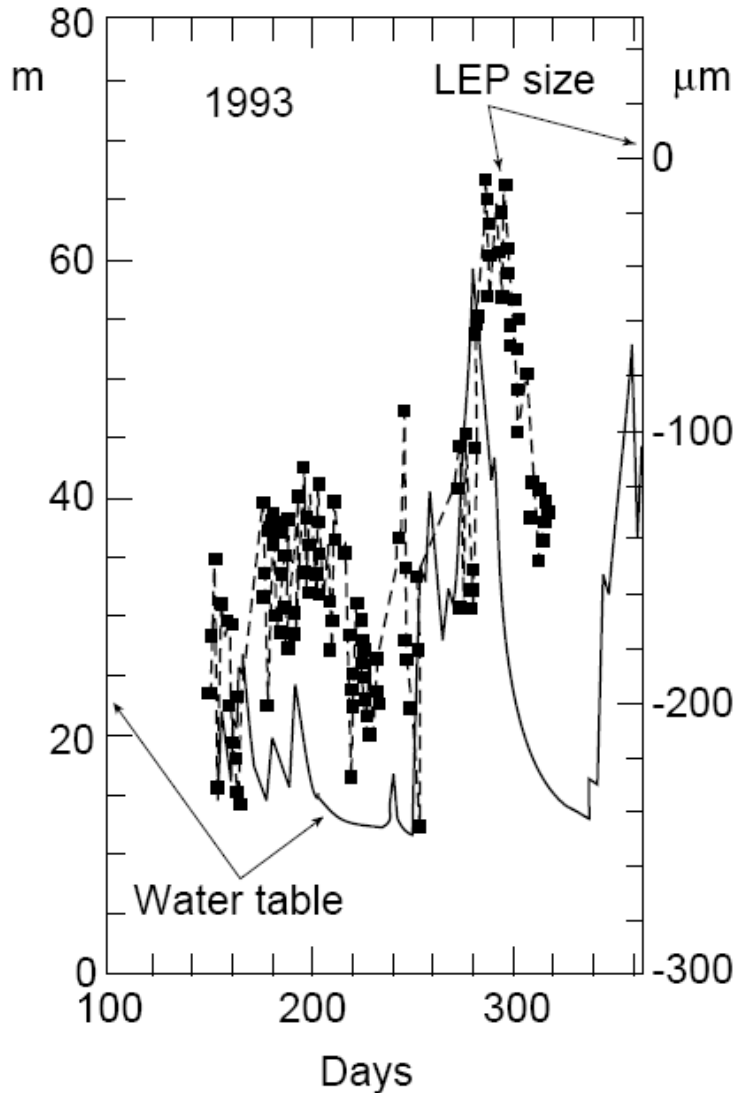
**Le pb vient du fait que l'on ne mesure pas en permanence l'énergie des faisceaux !
→ Il faut donc extrapoler sur plusieurs heures ...**



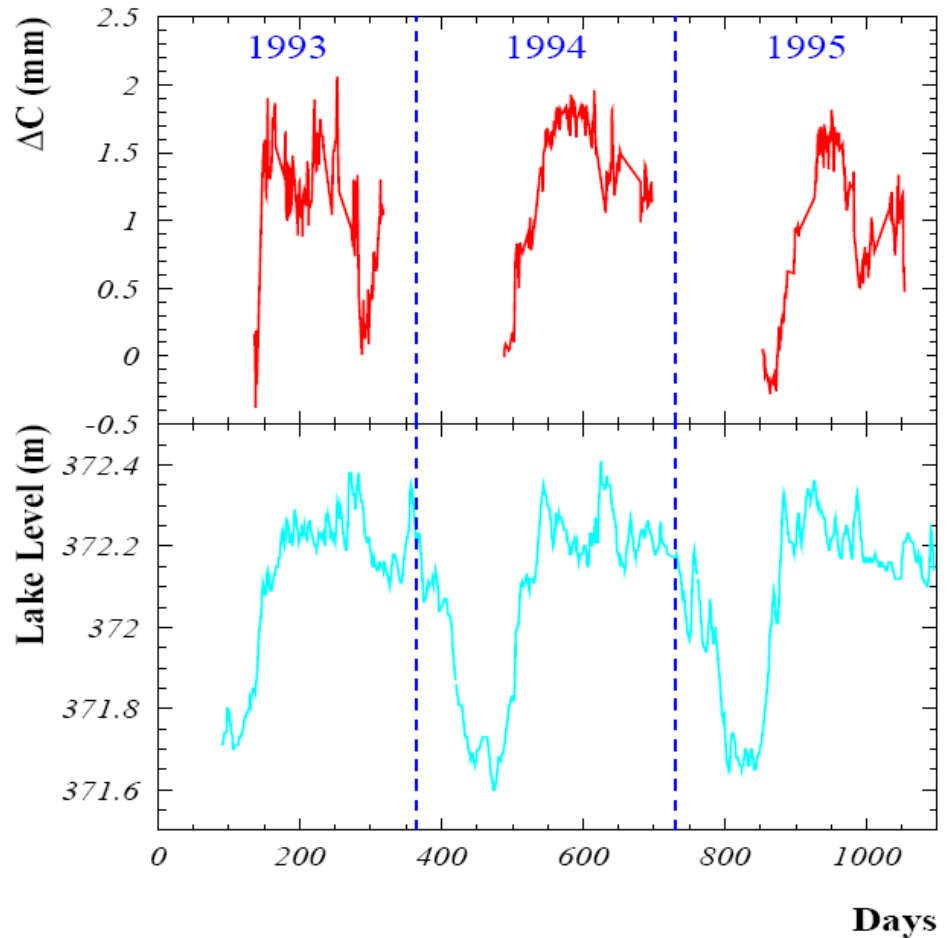
Sensibilité aux courants parasites induits par le TGV Paris-Genève !
→ effet plus important que les marées terrestres !!!

~15mn

Variation de la longueur du LEP corrélée avec la quantité d'eau dans les montagnes



Avec le niveau d'eau dans le lac Lémant !!!

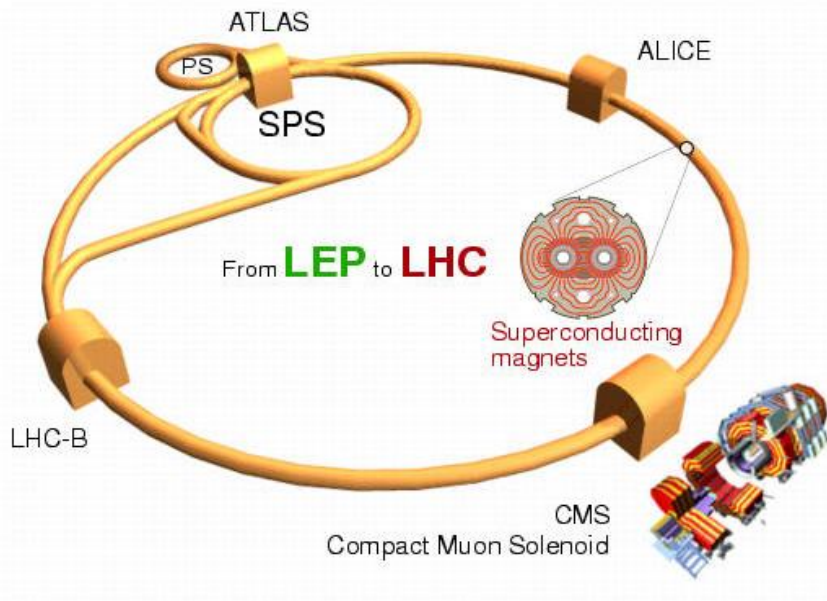


Enorme effort sur la compréhension et sur les performances de L'accélérateur ...

LE LHC

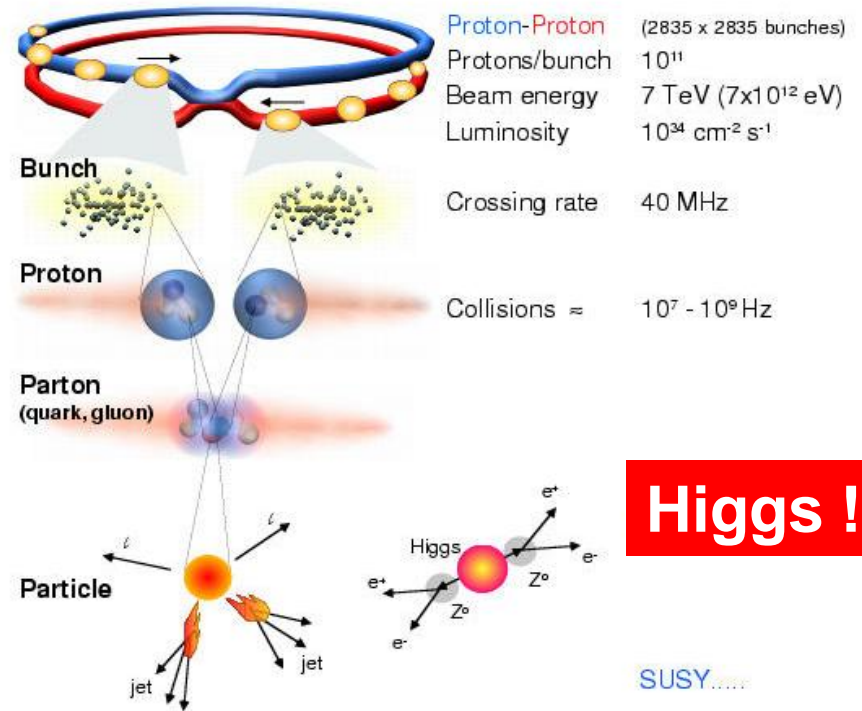
Le LHC : LE collisionneur du CERN

The Large Hadron Collider (LHC)



	Beams	Energy	Luminosity
LEP	e+ e-	200 GeV	$10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
LHC	p p	14 TeV	10^{34}
	Pb Pb	1312 TeV	10^{27}

Collisions at LHC



Selection of 1 in 10,000,000,000,000

Pour comparer...

Energie d'un proton dans le LHC : 7 TeV c'est à dire $7 \cdot 10^{12}$ eV

1 eV c'est une quantité infime d'énergie $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
(c'est l'énergie d'un photon du laser infrarouge YAG)



$$m_{\text{guêpe}} = 1\text{g} = 5.8 \cdot 10^{32} \text{ eV}/c^2$$

$$v_{\text{guêpe}} = 1\text{m/s} \rightarrow E_{\text{guêpe}} = 10^{-3} \text{ J} = 6.25 \cdot 10^{15} \text{ eV}$$

Ceci dit...dans le LHC...

L'énergie totale dans les faisceaux est de :

$$10^{14} \text{ protons} \times 14 \cdot 10^{12} \text{ eV} \approx 1 \cdot 10^8 \text{ J}$$

qui correspond à



$$M_{\text{poids lourd}} = 100 \text{ T}$$

$$V_{\text{poids lourd}} = 120 \text{ km/h}$$

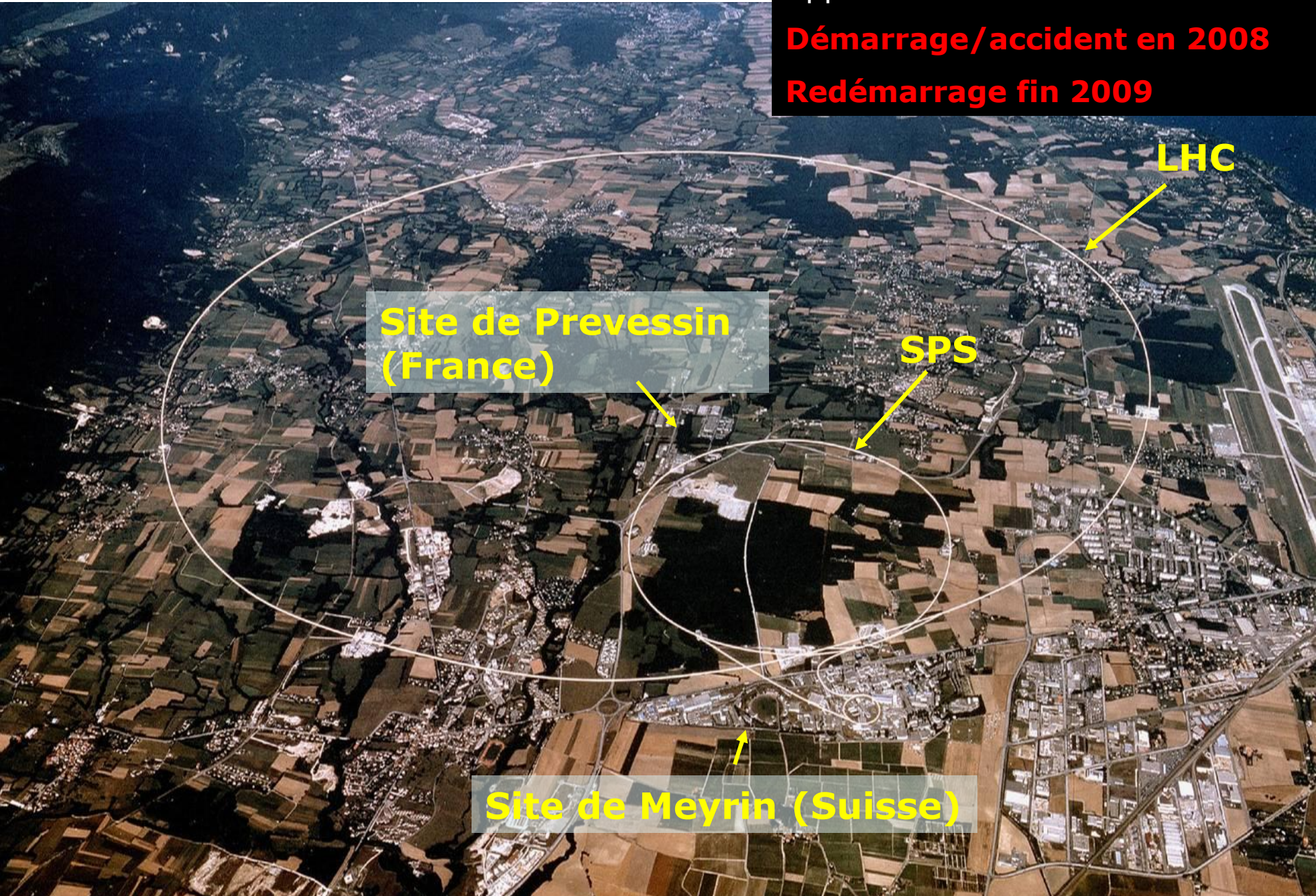
Ce qui est exceptionnel dans le LHC, c'est qu'il concentre l'énergie dans un espace environ mille milliards de fois plus petit qu'une guêpe !

Conçu dans les années 1980

Approuvé en 1994

Démarrage/accident en 2008

Redémarrage fin 2009



**Site de Preveessin
(France)**

LHC

SPS

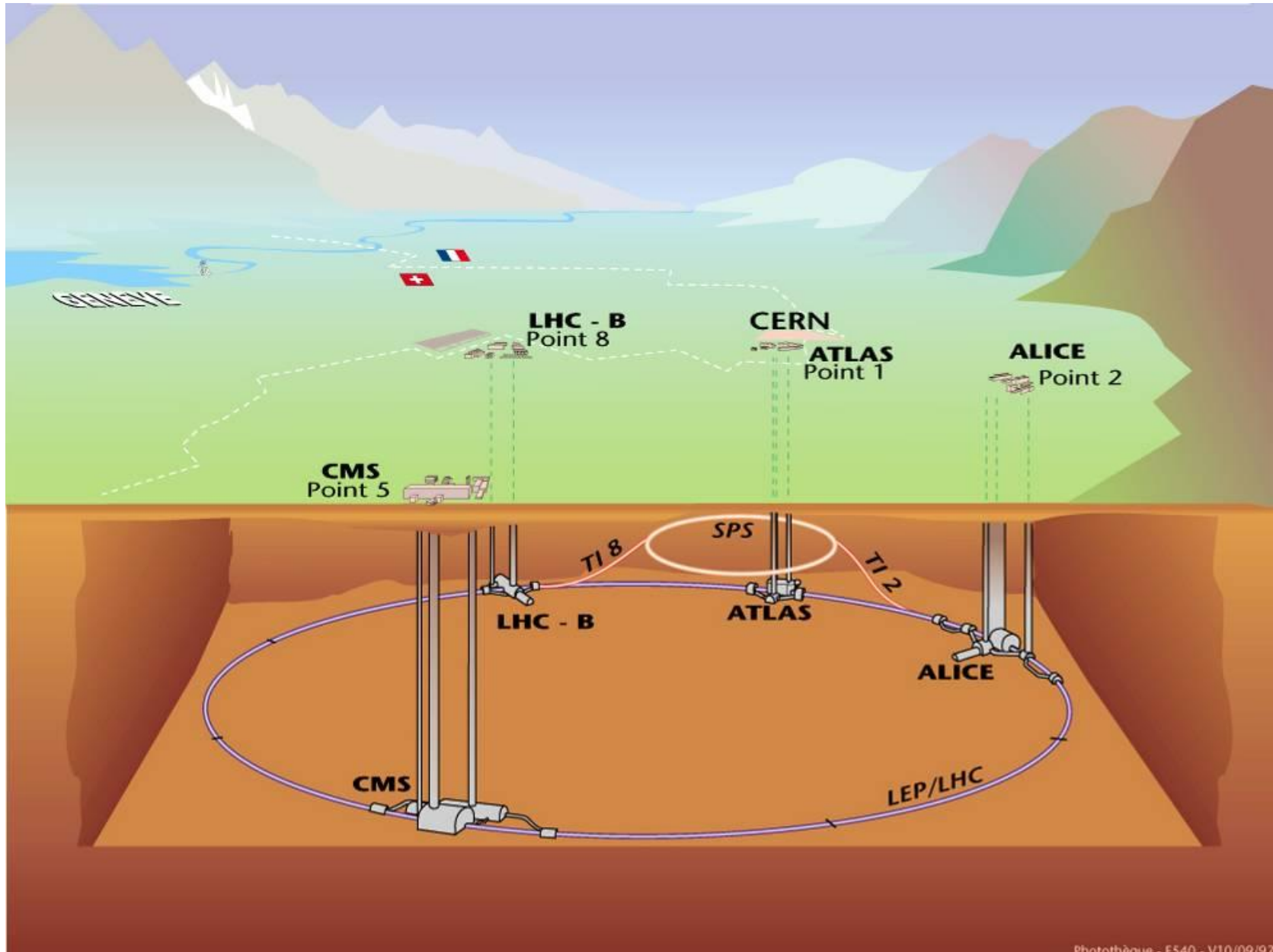
Site de Meyrin (Suisse)

Les paquets de protons sont accélérés, guidés et focalisés tout au long des 27 km grâce à un système complexe d'aimants supraconducteurs.

Au total il y a 6228 aimants supraconducteurs



ATLAS, CMS, LHCb and ALICE quatre expériences pour tenter de répondre aux questions ...



La Construction du LHC



- Somme toute, la construction du LHC a avancé bien, malgré problèmes budgétaires et industriels
- Le premier faisceau a tourné en 2008
- Les Photos montrent des travaux relatifs à la contribution "exceptionnelle" de la France (contrats CEA-CERN-CNRS)
- mais beaucoup d'autres pays, y compris des "non-member states" font de gros efforts

◀ "String 2", section prototype contenant des aimant dipoles supraconducteurs

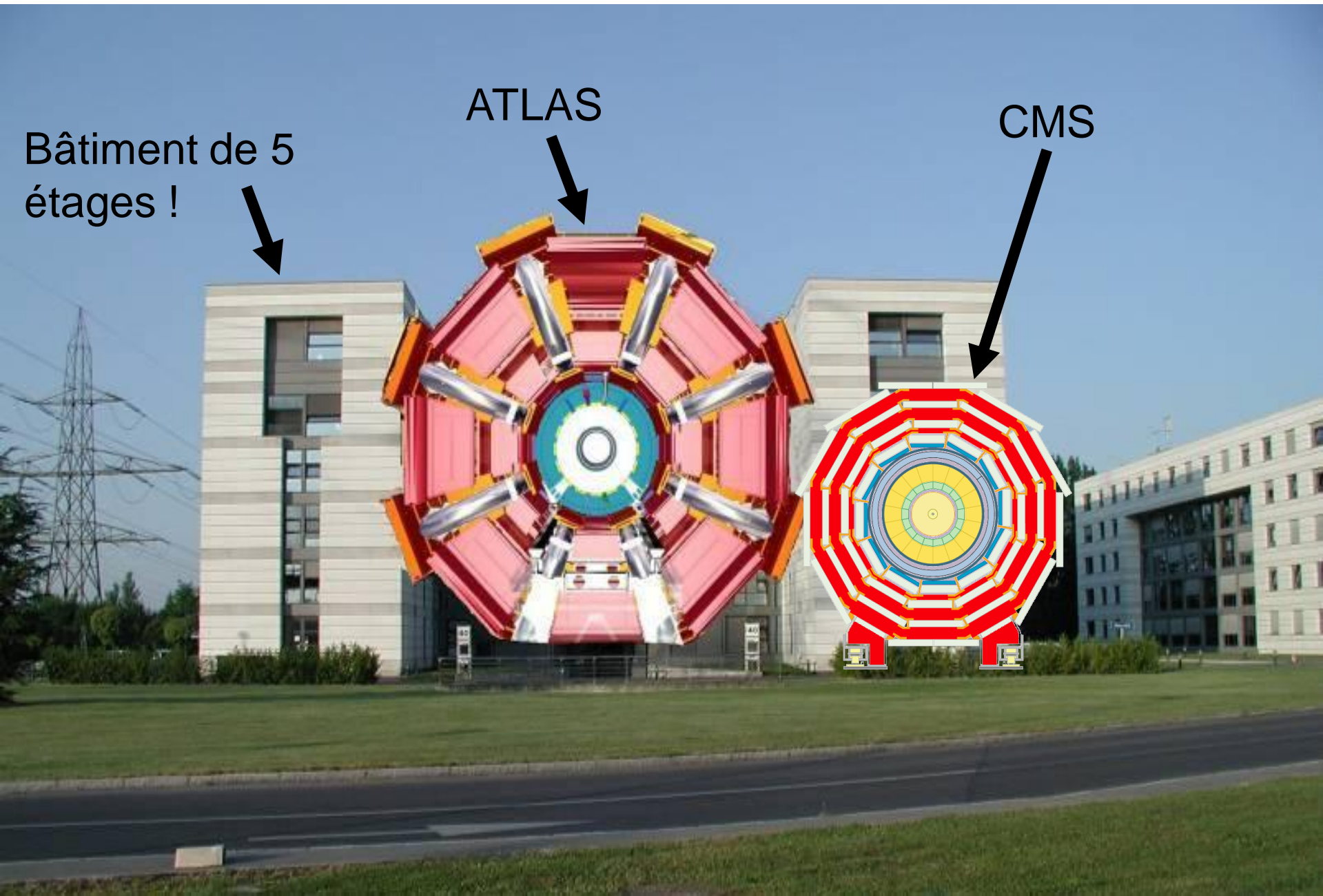


◀ "SSS 3" les Sections Droites Courtes contenant les Quadrupoles supraconducteurs focalisants

▶ L'usine cryogénique prototype (pompes et compresseurs pour hélium superfluide

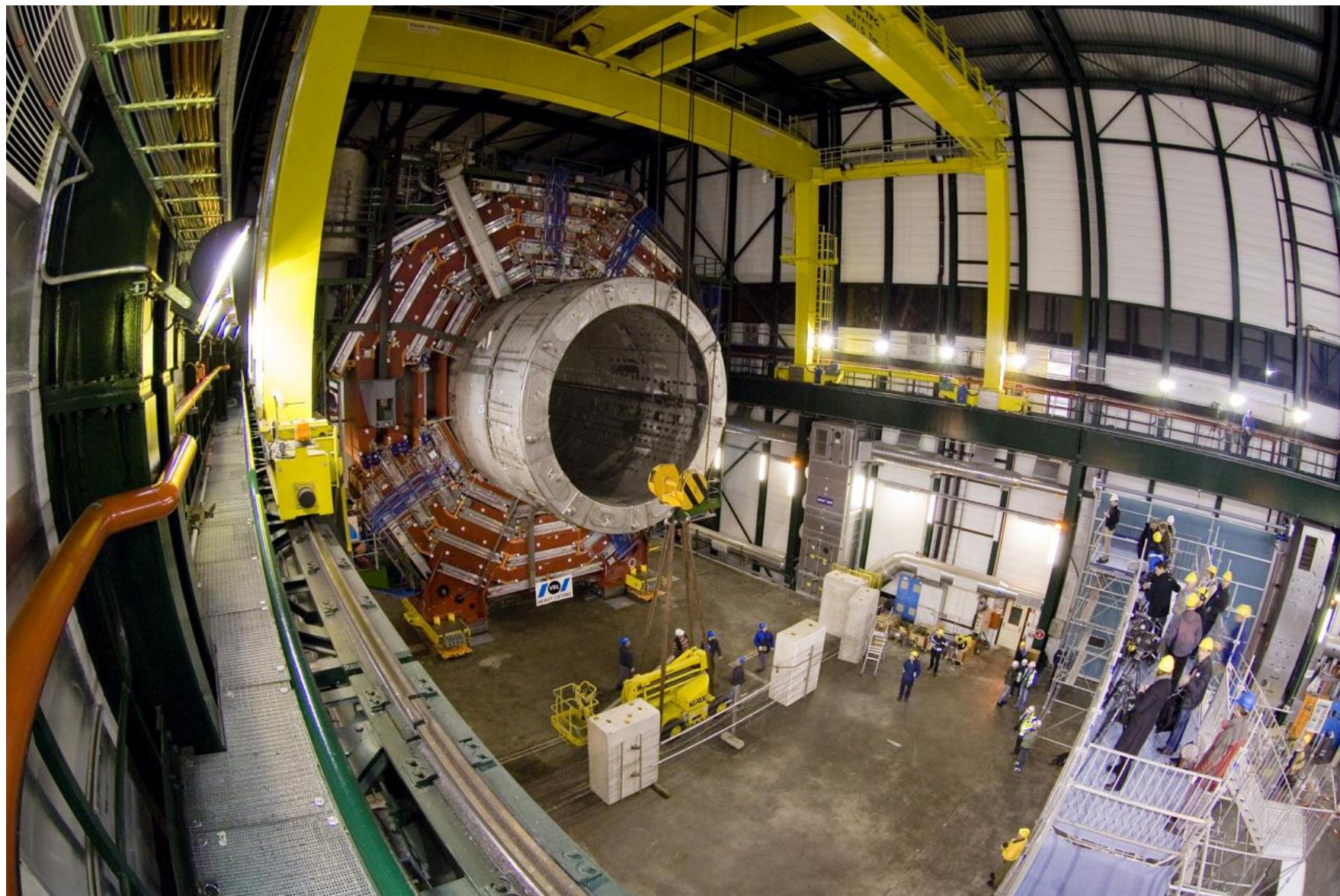


ATLAS et CMS : les deux détecteurs géants du LHC



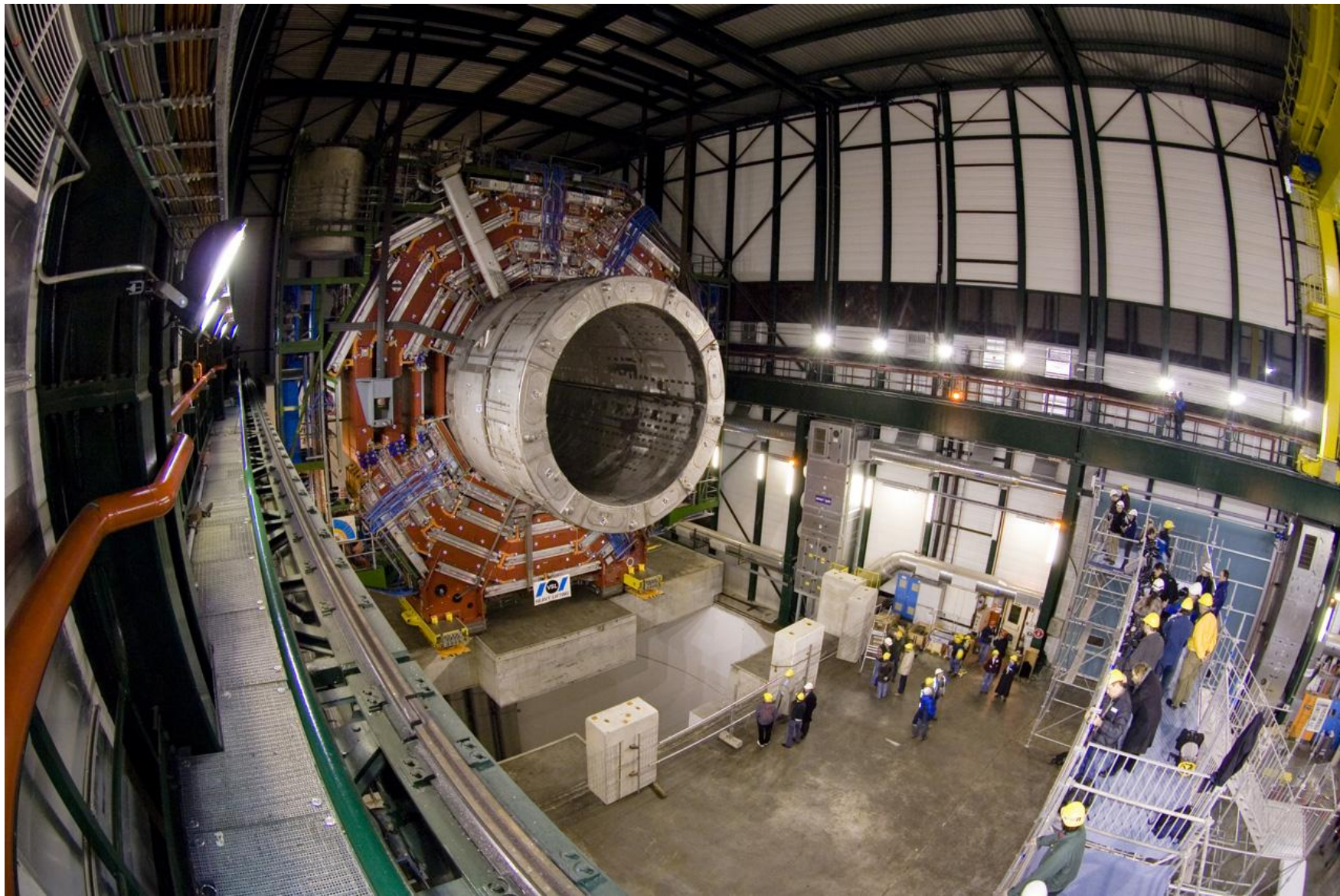


Installazione in caverna



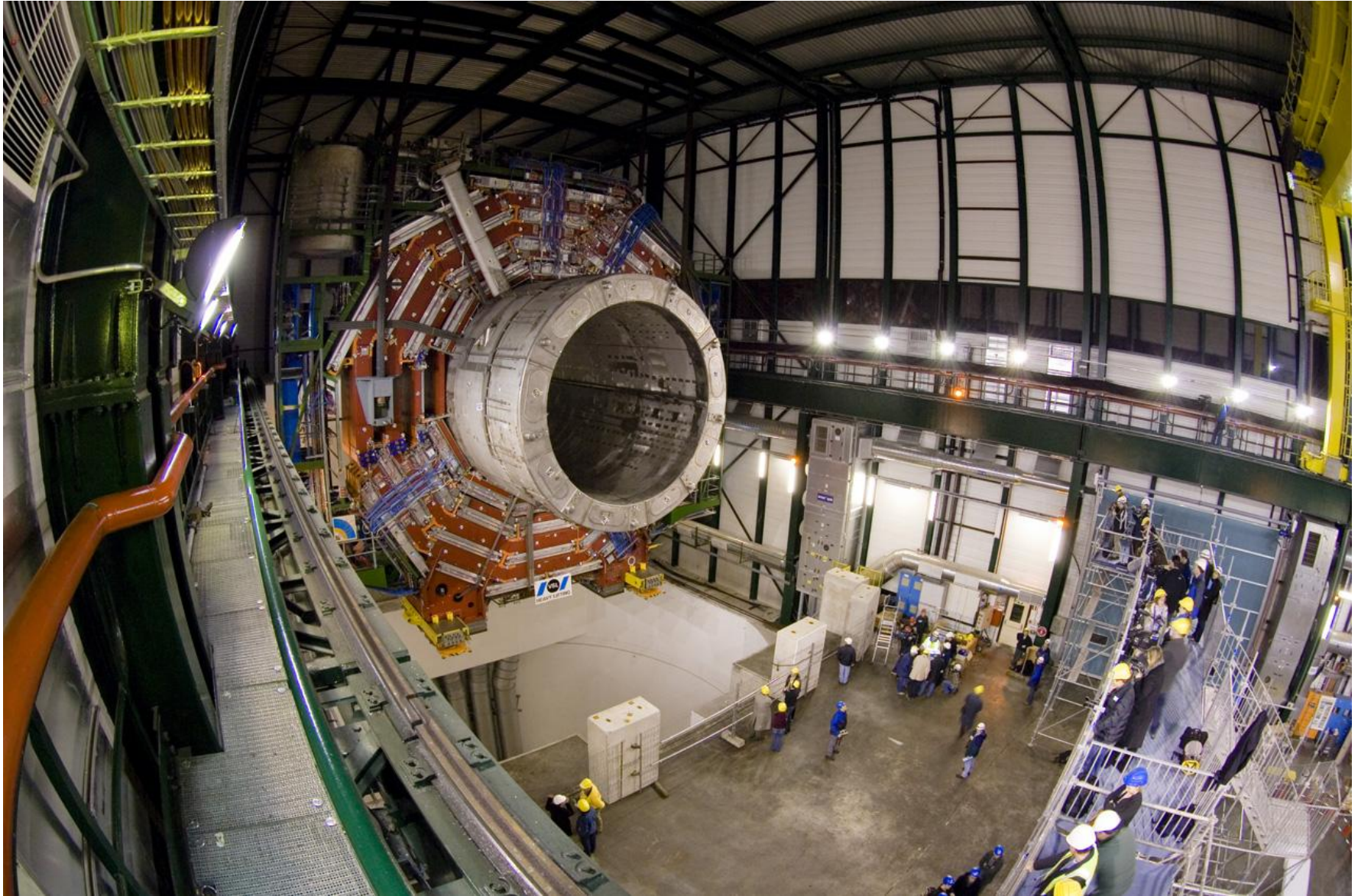


Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna



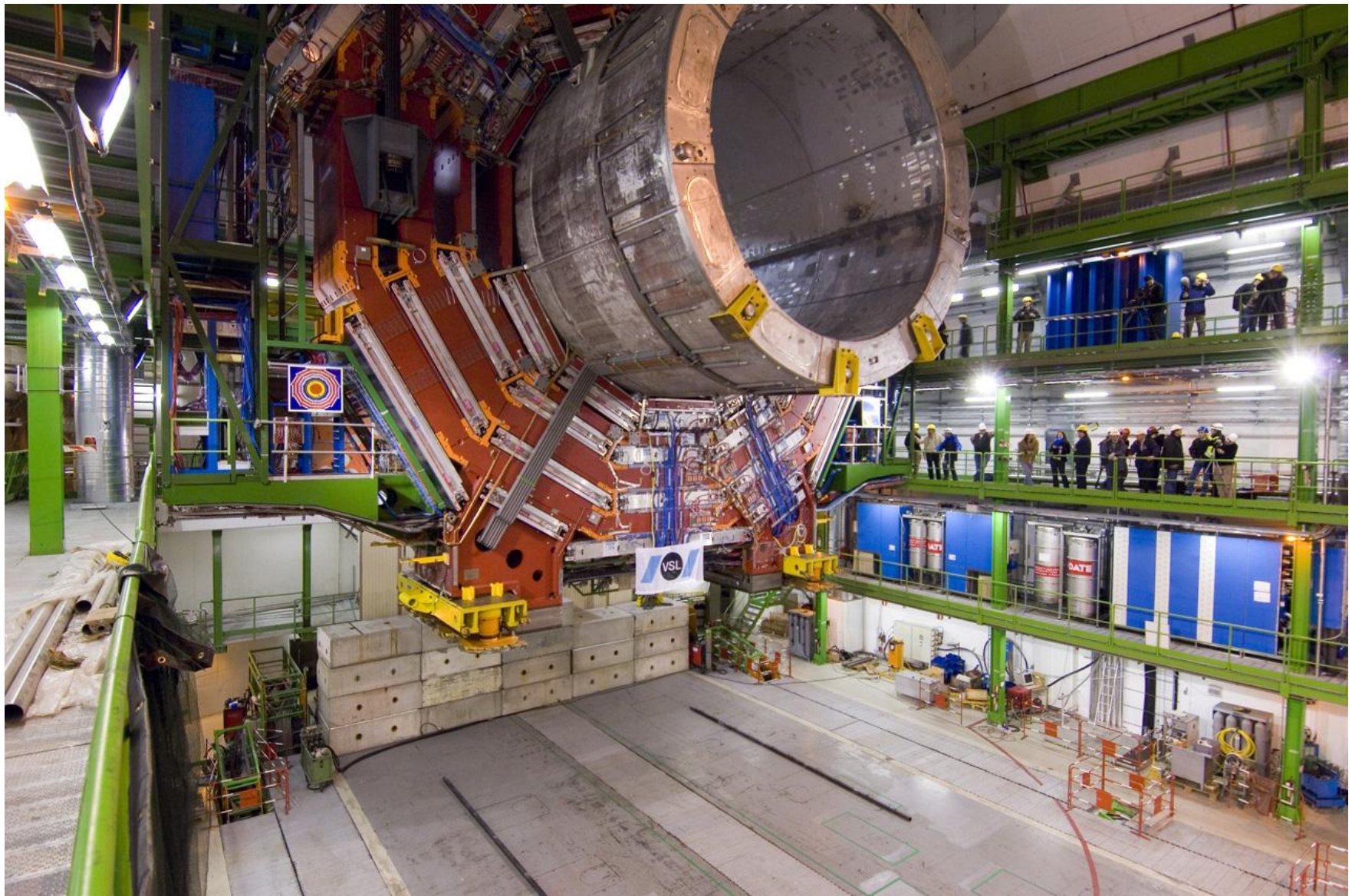


Installazione in caverna



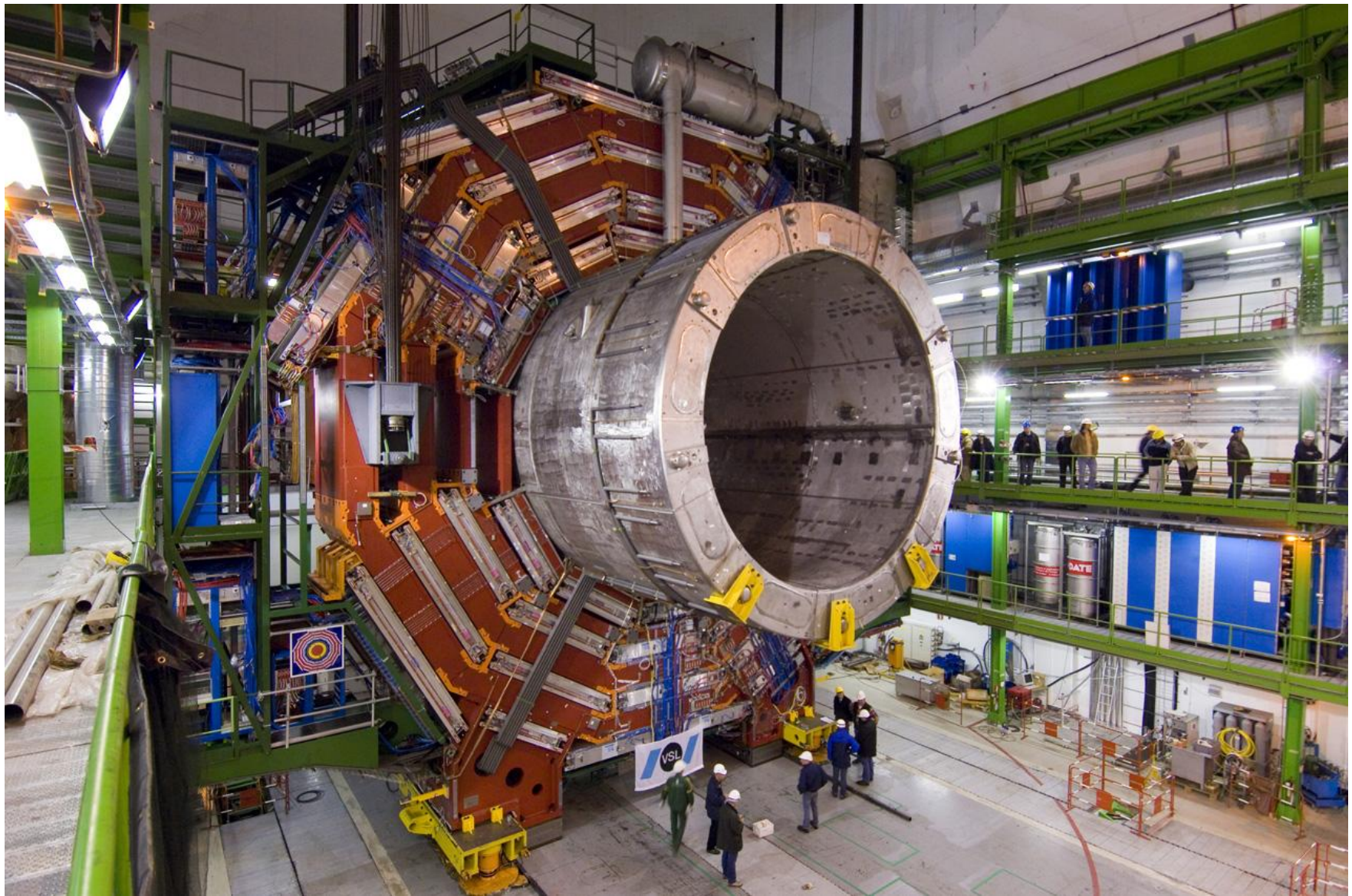


Installazione in caverna

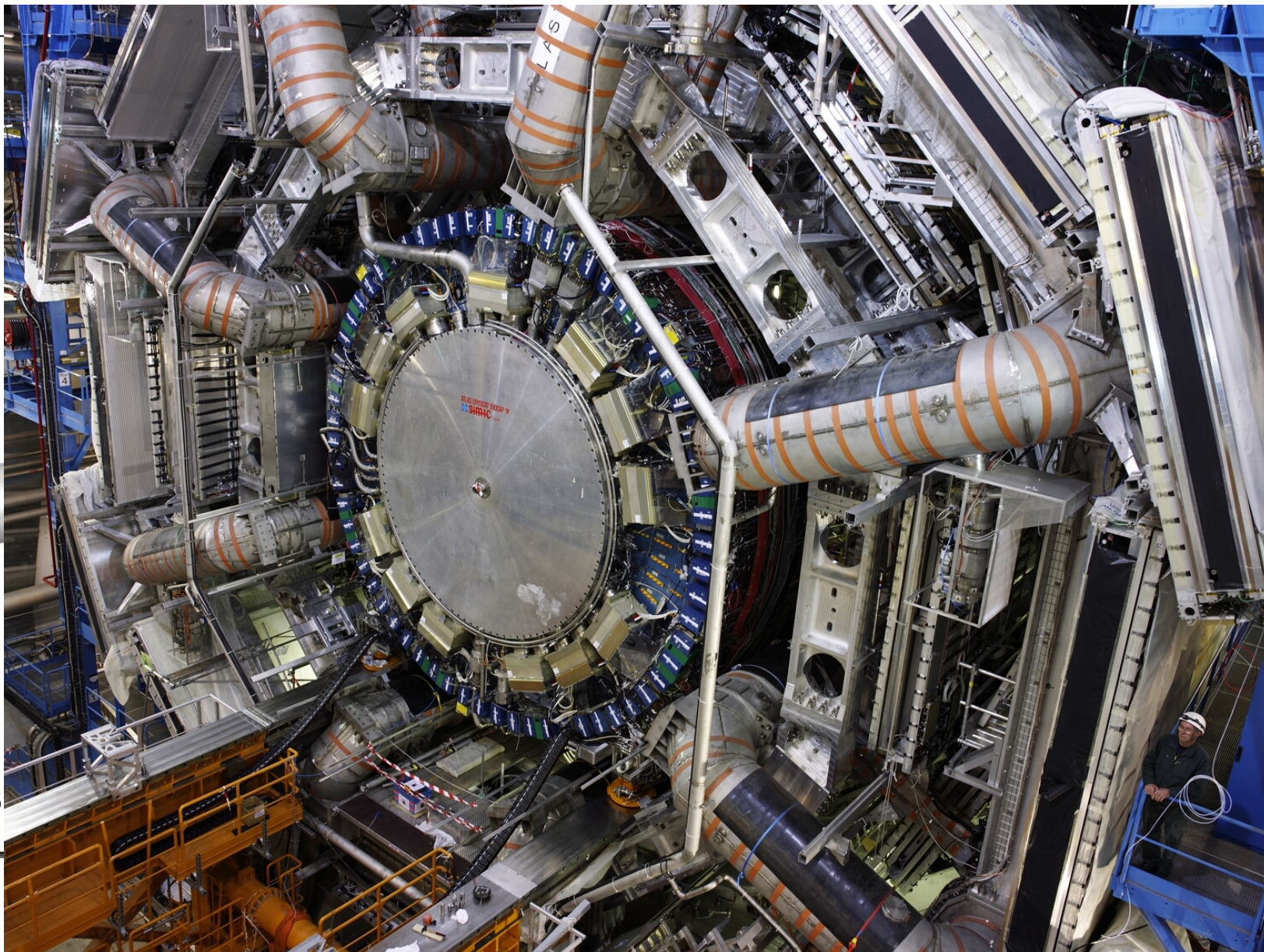




Installazione in caverna



Vue du détecteur ATLAS au LHC



ATLAS



Le projet International **L**inear **C**ollider

Buts :

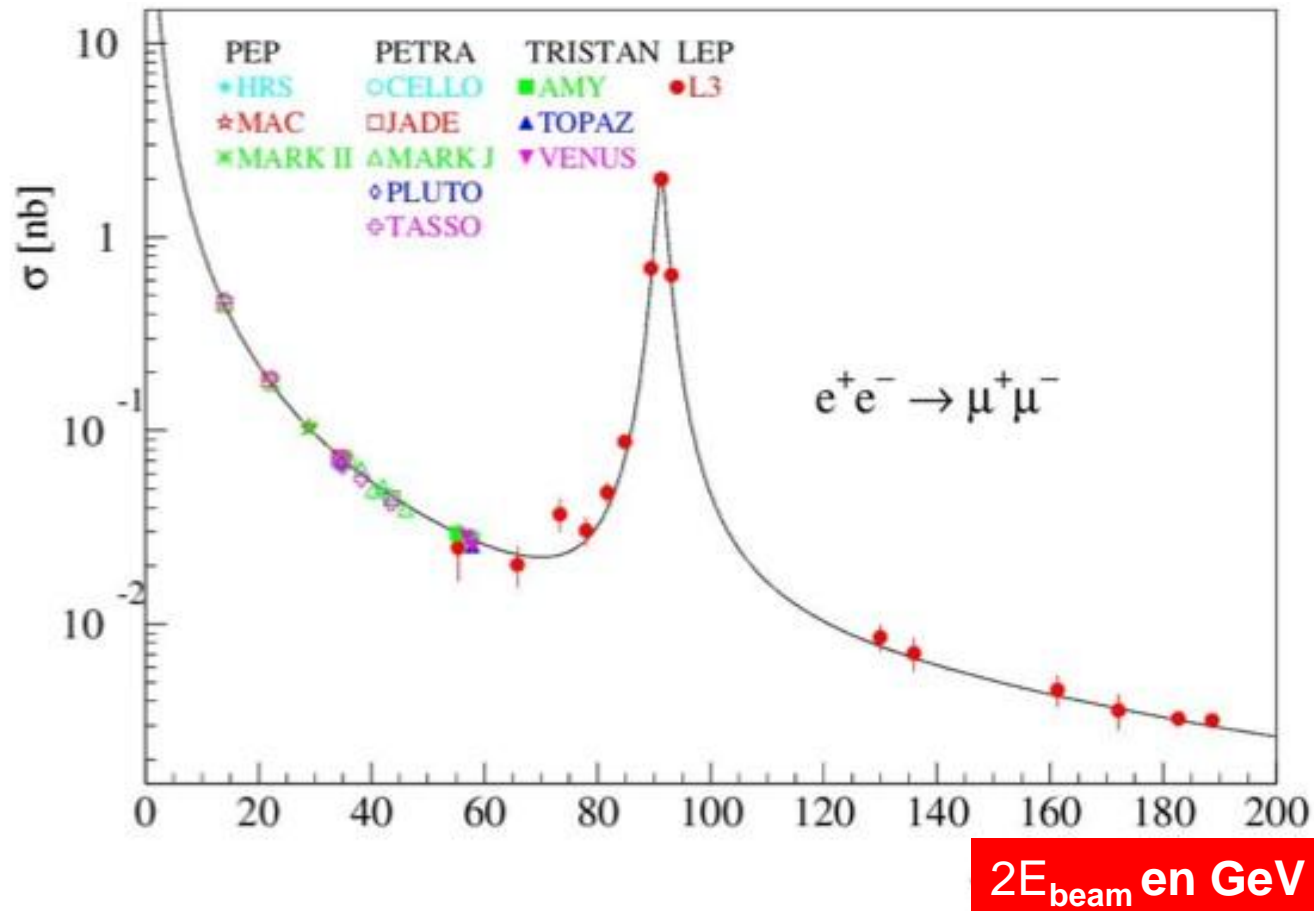
- Machine à Higgs, machine à top
- Mesures de précisions pour essayer de mettre en défaut le modèle standard
- Recherche de nouvelle physique

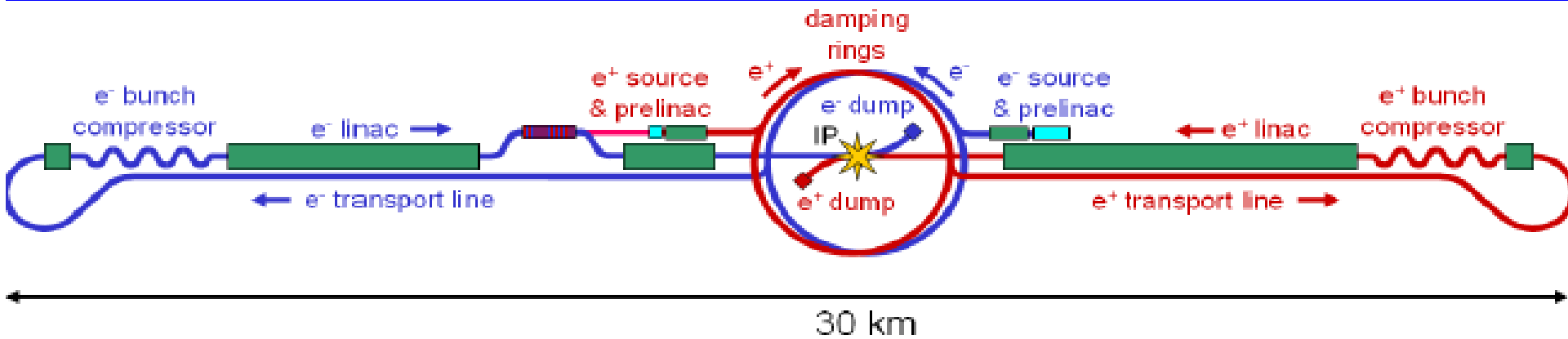


Le problème avec les hautes énergies :

La probabilité qu'un électron interagisse avec un positron est en $1/E_{\text{beam}}$!

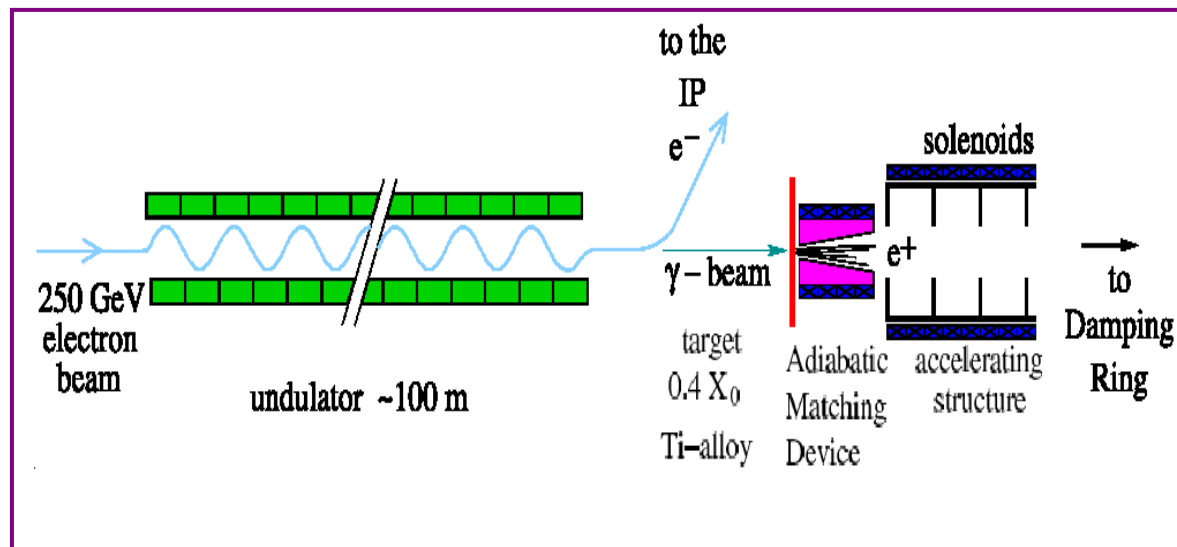
Ex. : $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ à LEP



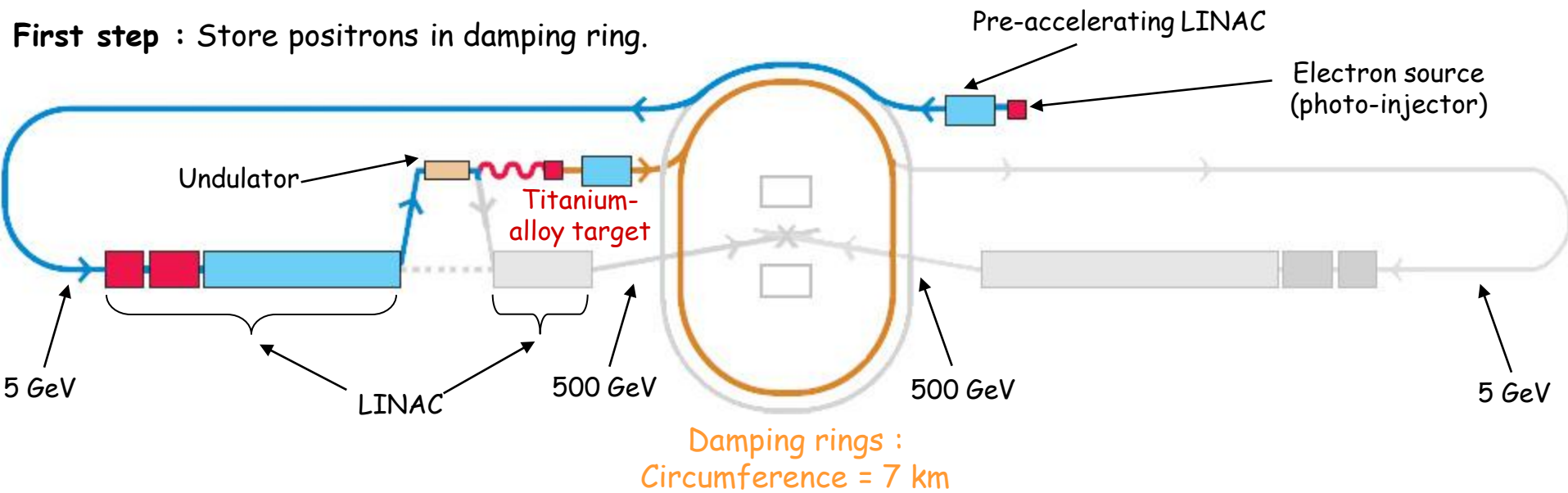


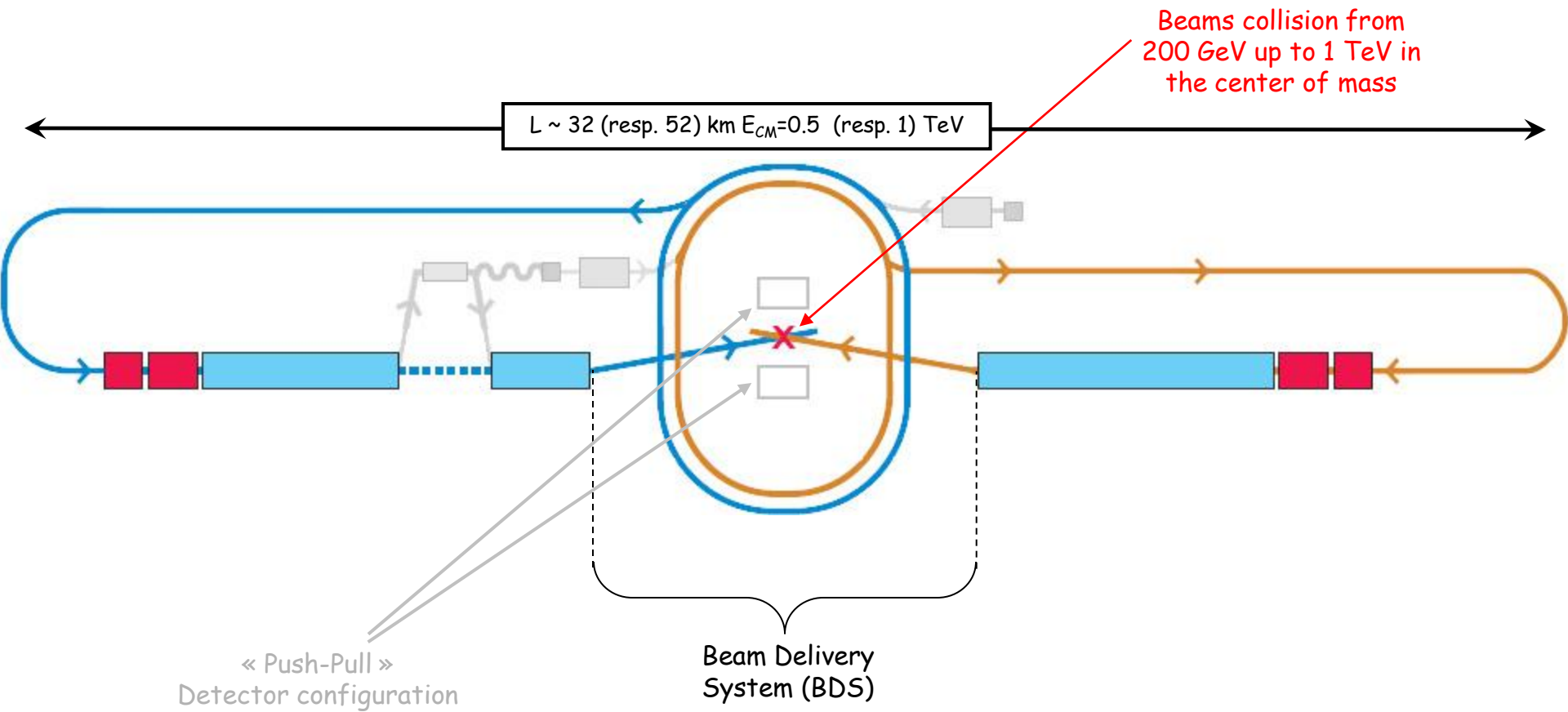
- **Faible émittance**
- **Il faut la garder dans le LINAC de ~15km !**
 - **Contrôle micrométrique de la position des éléments du LINAC !**

• **Comment faire des positrons polarisés**



Simplify schematic view of the ILC





Comparaison des futurs collisionneurs linéaires et du LEP

Type	LEP200	ILC500	<i>CLIC500</i>
Vertical beam size in nm	4000	5.7	2.3
Total P MW	65	216	129.4
Luminosity 10**31 (%)	5	1500	1400
Interval between bunches ns	>>>	176	0.5
Gradient MV/m	8	31.5	100

De nombreux enjeux technologiques → R&D accélérateurs nécessaire

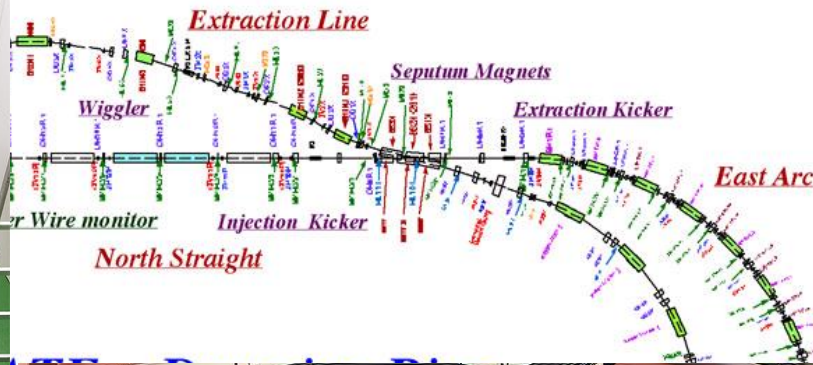
→ Test Facilities (accélérateur dédiés aux développements des nouvelles techno pour l'ILC)

exemples	Deliverable	Date
<i>Optics and stabilisation demonstrations:</i>		
ATF/Japon	Generation of 1 pm-rad low emittance beam	2009
ATF-2	Demo. of compact Final Focus optics (design demagnification, resulting in a nominal 35 nm beam size at focal point).	2010
	Stabilisation of 35 nm beam over various time scales.	2012
<i>Linac high-gradient operation and system demonstrations:</i>		
TTF/FLASH	Full 9 mA, 1 GeV, high-repetition rate operation	2009
STF/Japon & ILCTA- NML	Cavity-string test within one cryomodule (S1 and S1-global)	2010
	Cryomodule-string test with one RF Unit with beam (S2)	2012

Accelerator Test Facility (ATF) à KEK



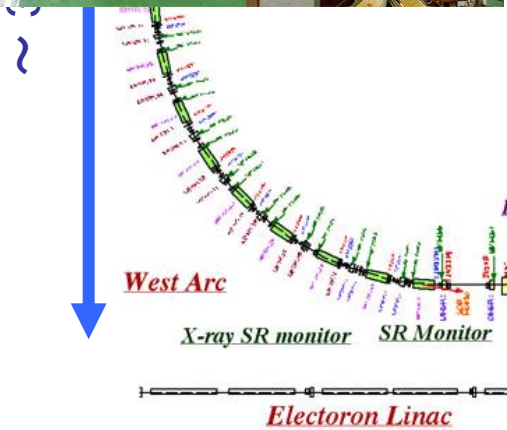
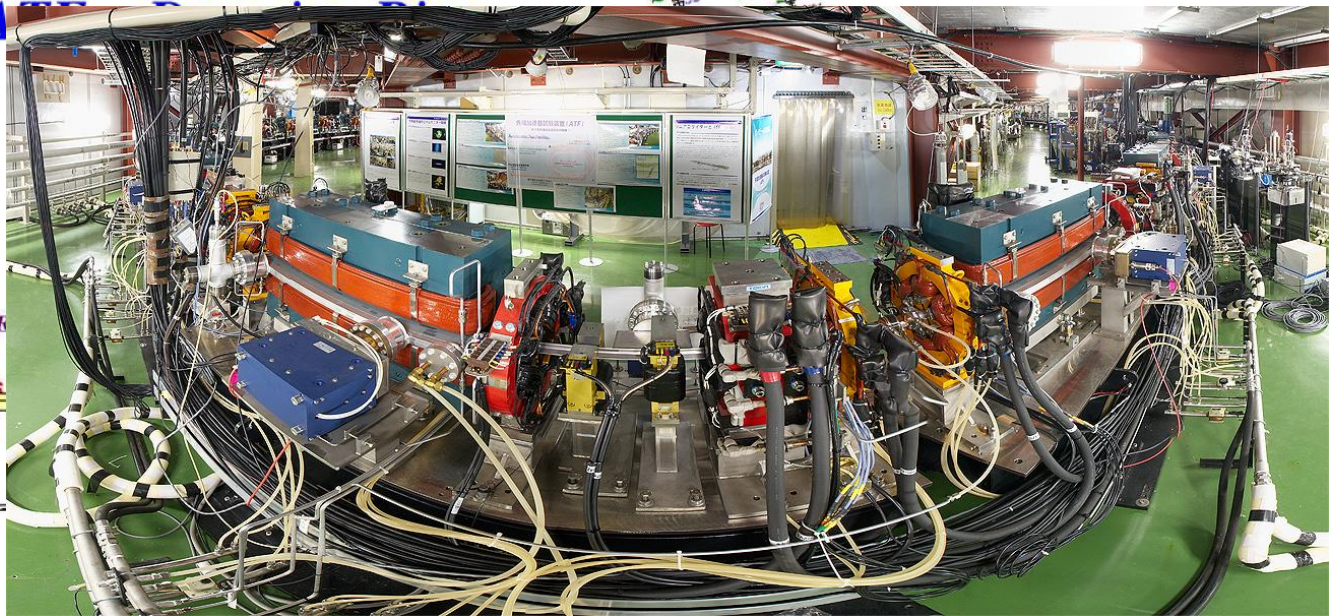
~ 54 m



Beam Energy

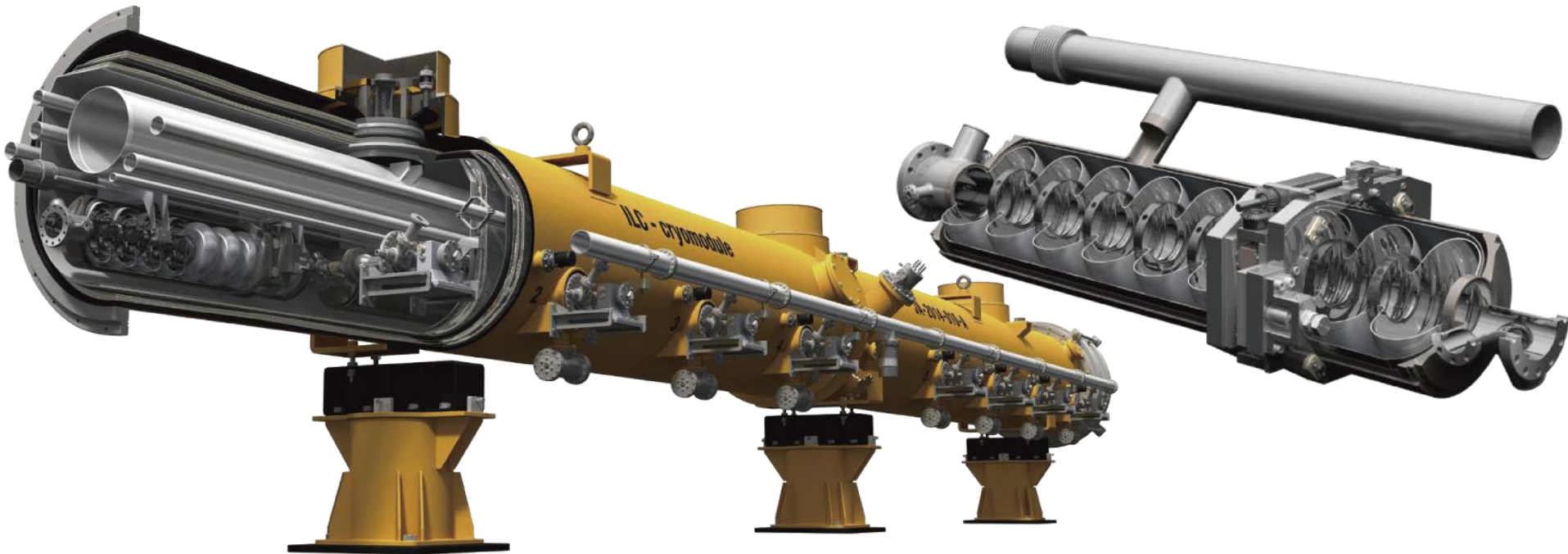
→ 1.28 GeV

Beam Size

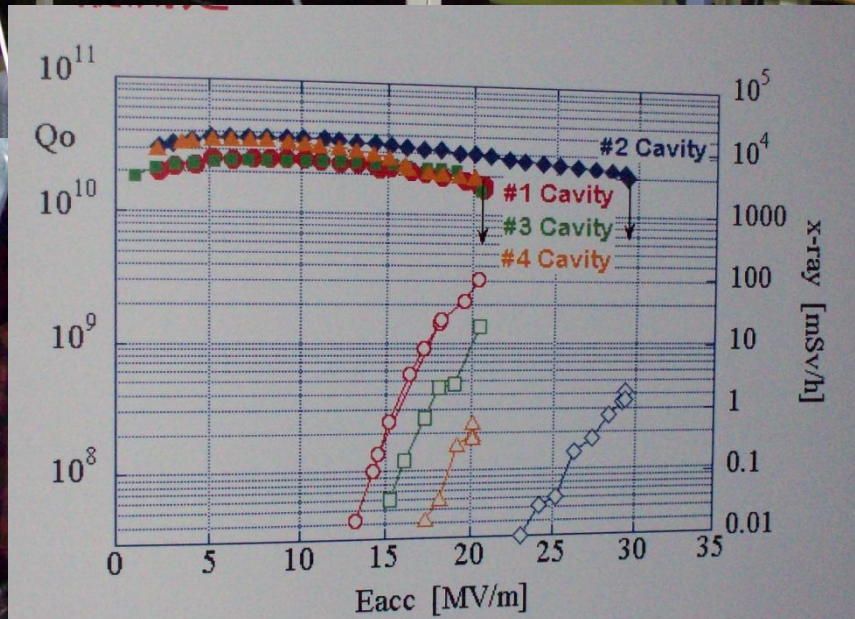
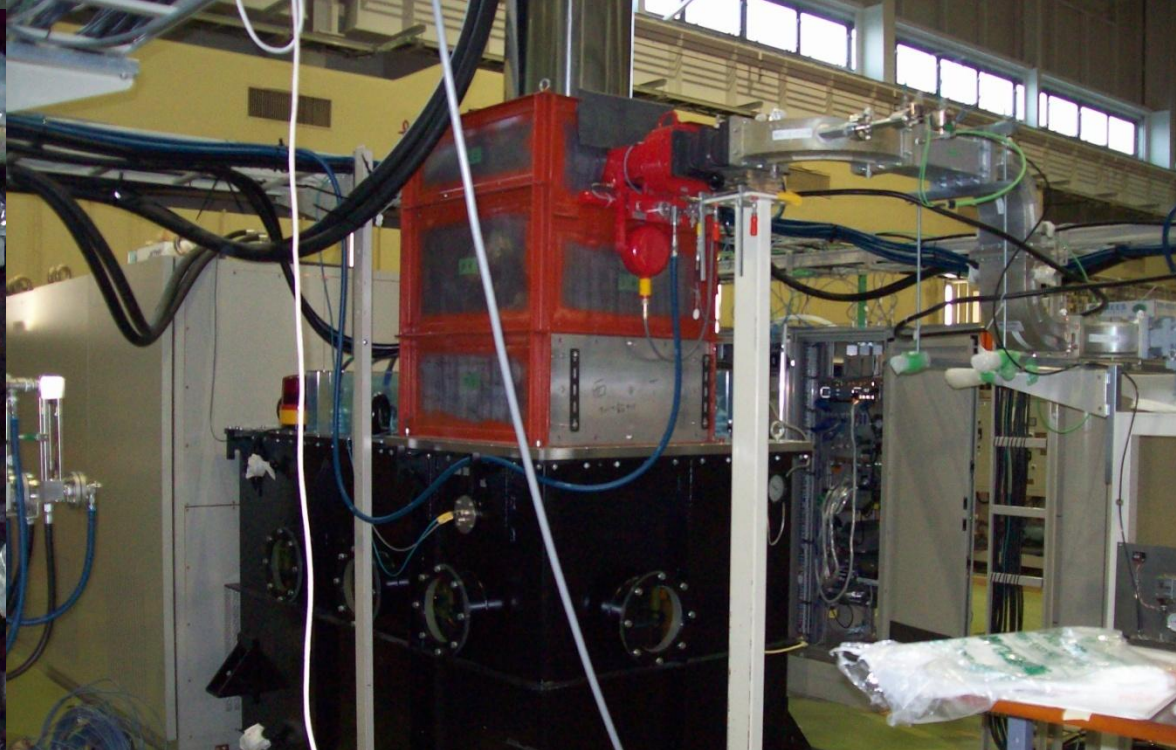
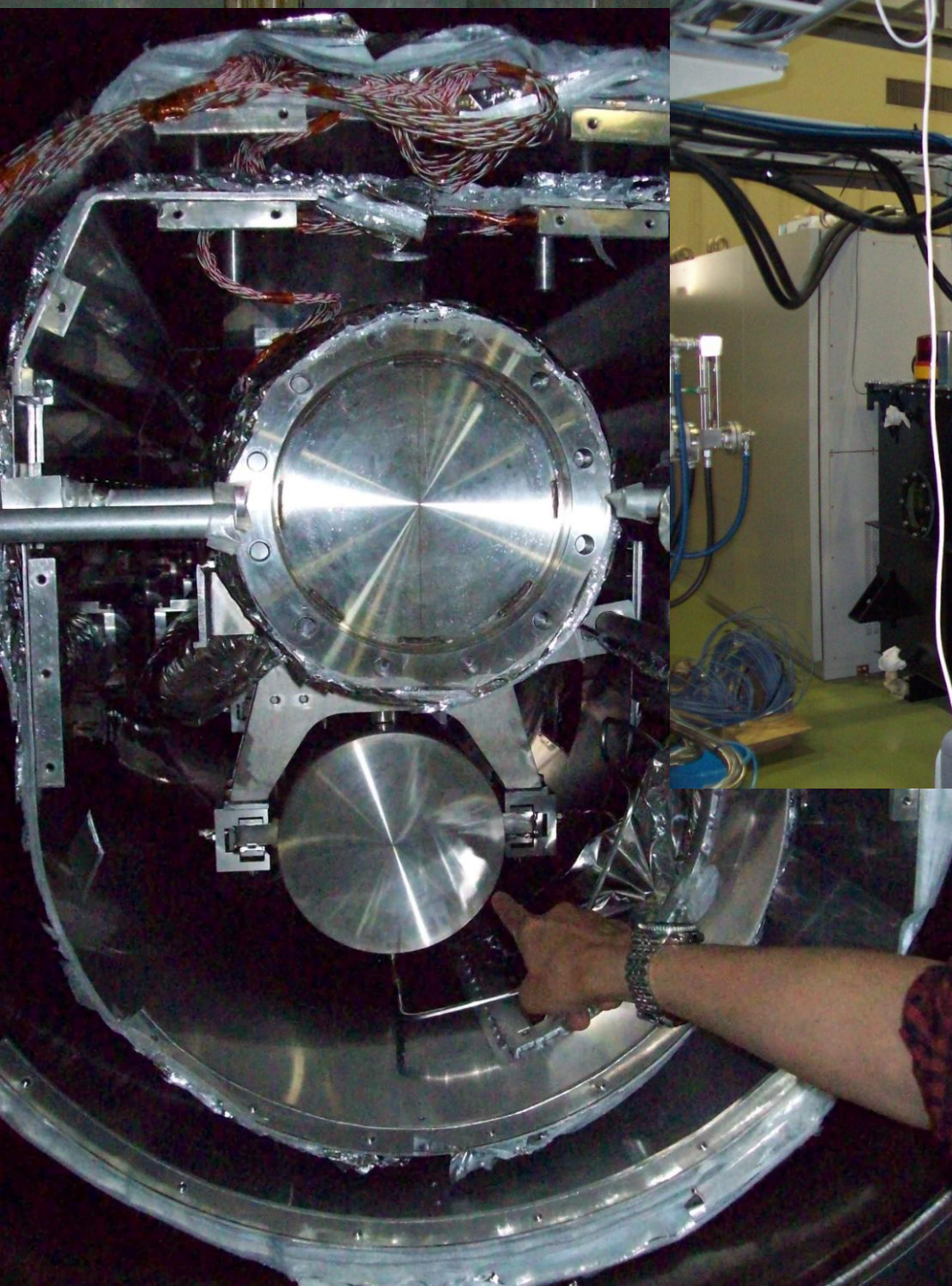


STF : ILC Cryostats and Cavities for Main linacs

- 1 cryomodule contains 9 neodymium cavities ($E_{\text{acc}} = 31.5\text{MV/m}$ on average, each having a length $\sim 1\text{m}$)

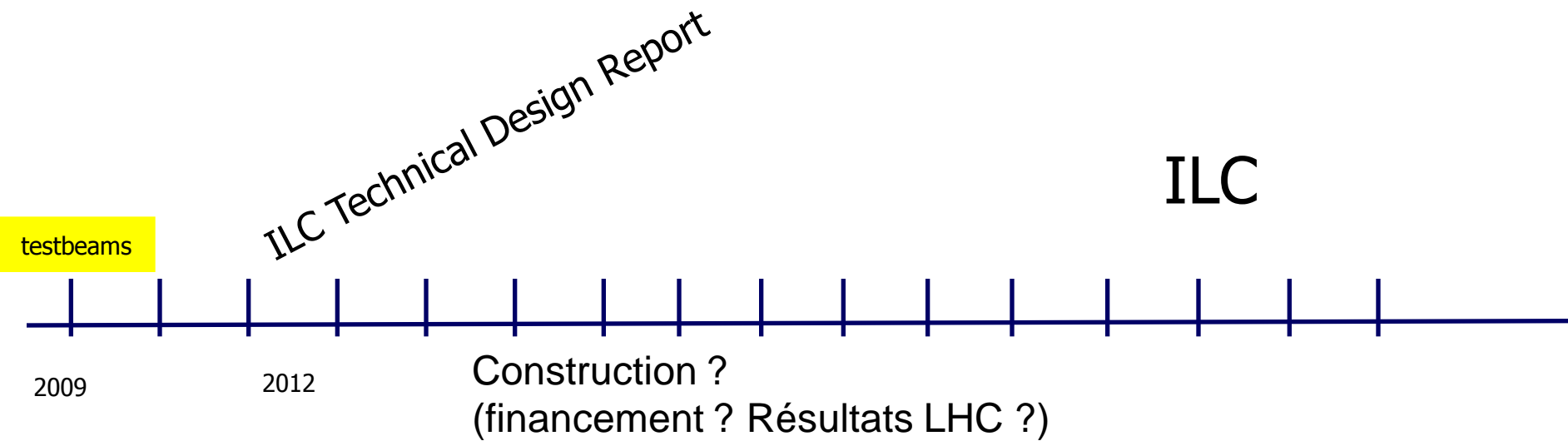
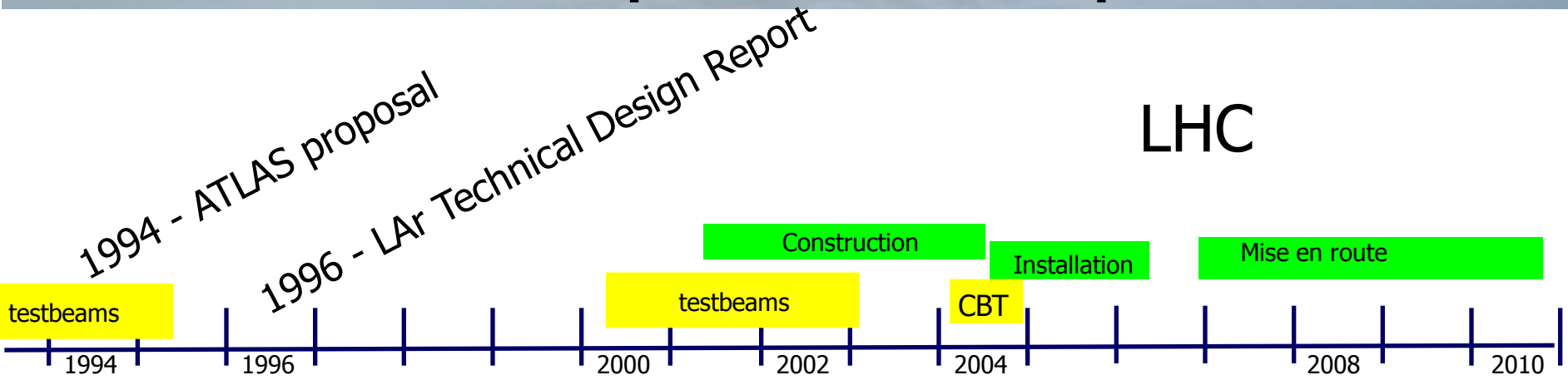


- Total ~ 1700 cryostats, ~ 16000 cavities.
- 3 cryostats to be driven by one 10MW L-band klystron
- Total 560 RF units in e+/e- main linacs



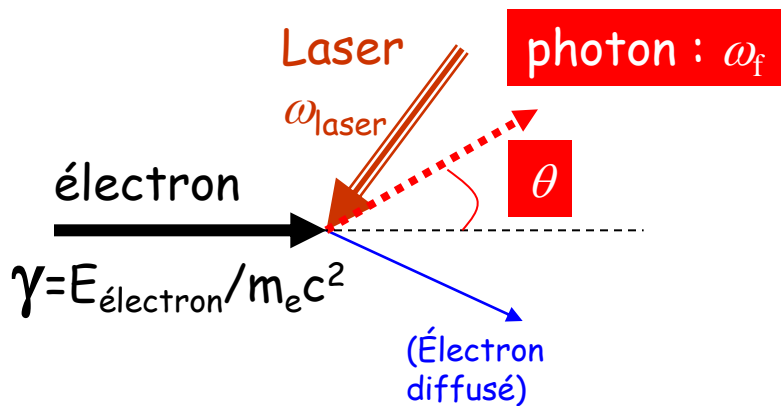
測定結果 例 Qo-Eacc カーブ

De la conception à l'exploitation



Utilisation de l'interaction Compton Laser-électron

photon(laser) + électron \rightarrow photon' + électron'



$$\omega_{f, \max} = 4\gamma^2 \omega_{\text{laser}}$$

Avec $\gamma \sim 100$ ($E_{\text{électron}} = 50 \text{ MeV}$)

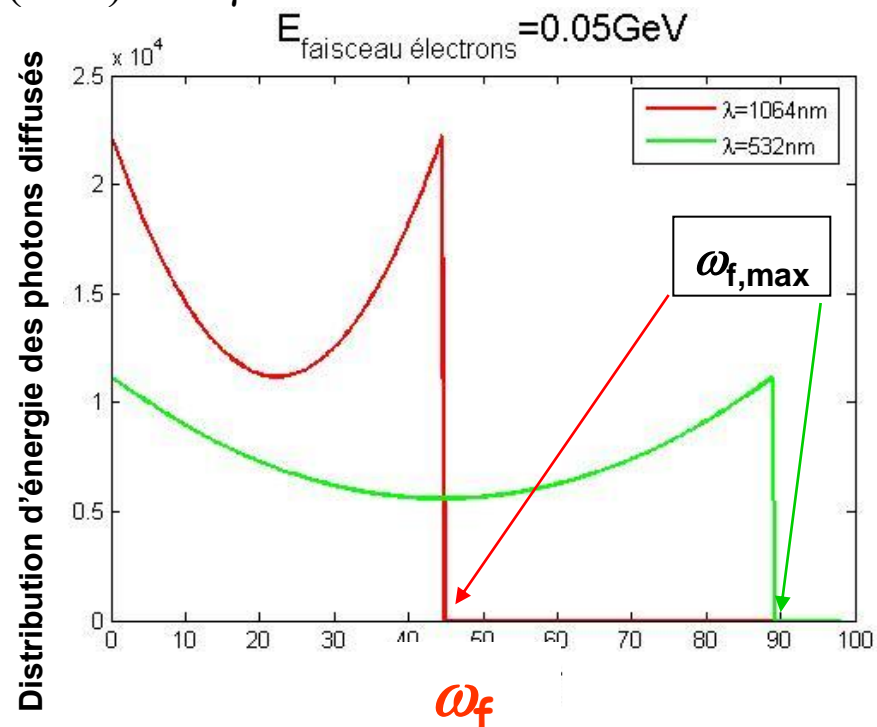
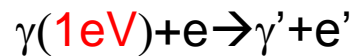
$\rightarrow \omega_{f, \max} = 45000 \text{ eV}$ si $\omega_{\text{laser}} \approx 1 \text{ eV}$

L'interaction Compton est le mécanisme le plus efficace pour 'booster' l'énergie

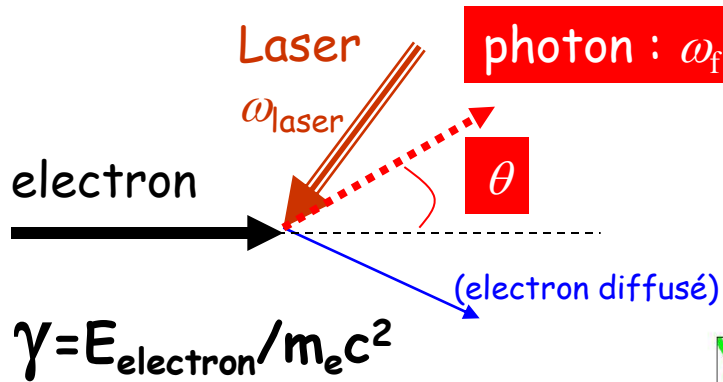
Exemple du faisceau laser YAG

$\lambda \approx 1 \mu\text{m} \rightarrow$ énergie des photons du faisceau laser $E_{\text{laser}} \approx 1 \text{ eV}$

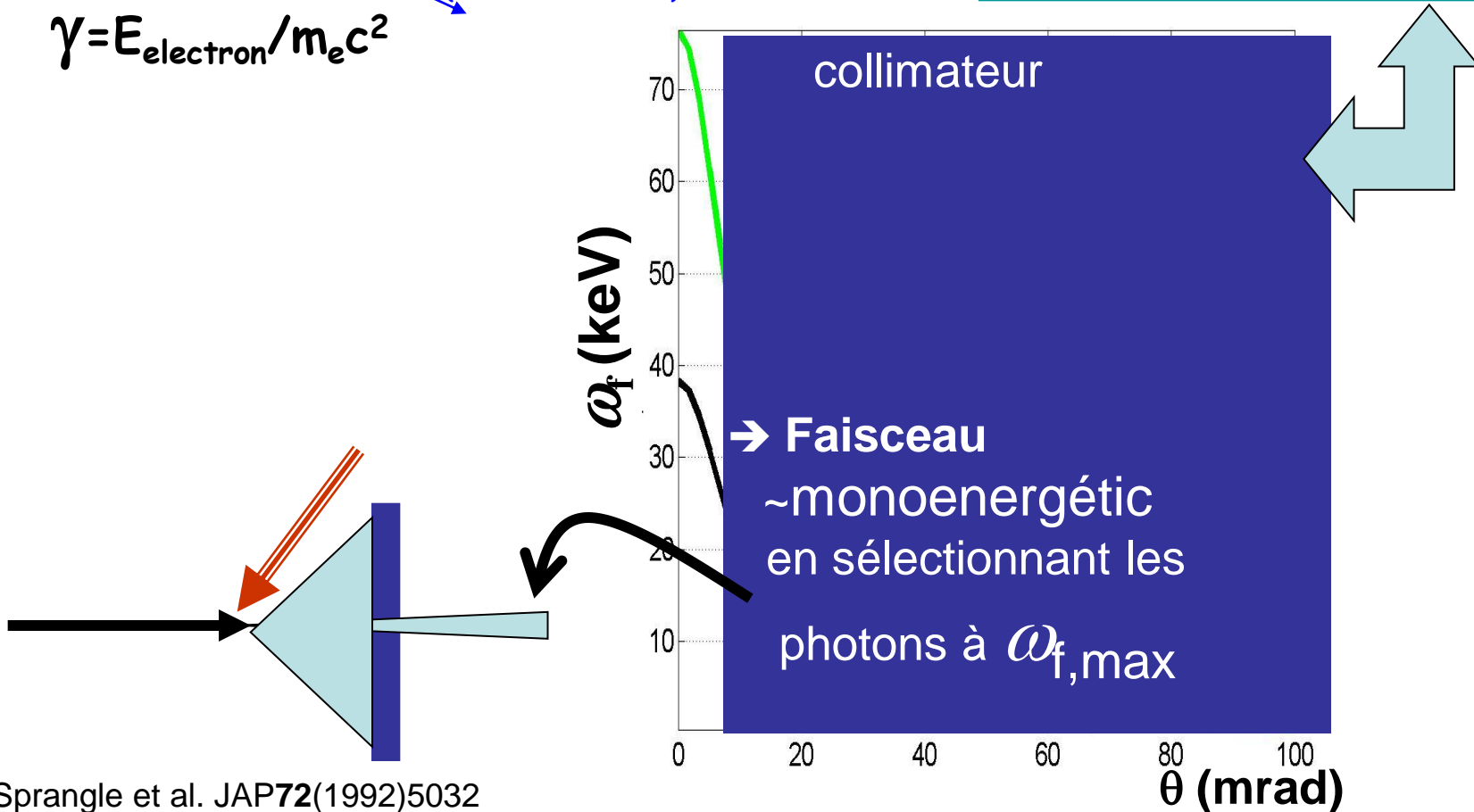
• On peut décrire la diffusion Compton laser électron via le processus élémentaire



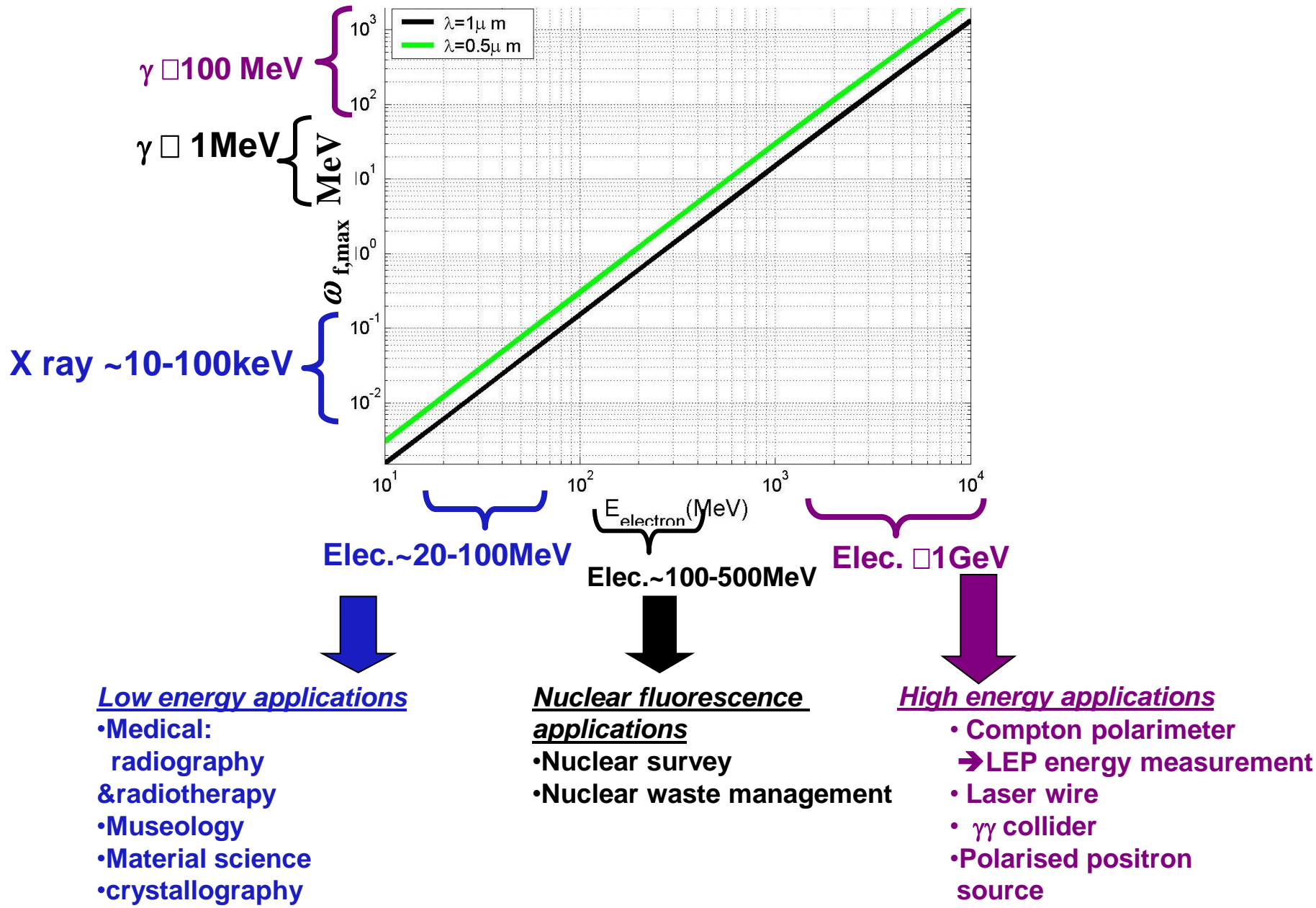
Correlation cinématique entre l'angle et l'énergie du photon



La diffusion Compton
 Photon_laser+e \rightarrow photon+e'
 est une processus
 À 2 corps \rightarrow cinématique
 relativiste : $\omega_f = f(\theta)$



Applications de la diffusion Compton : utilisation d'un faisceau X/ γ quasi monochromatique

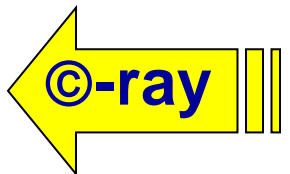
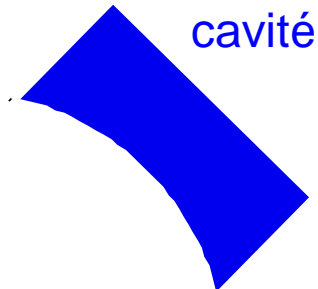


Mais la 'section efficace' Compton est très petite

→ il faut de forte puissances laser

→ cavité optique Fabry-Perot

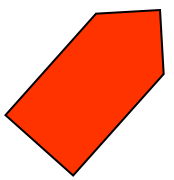
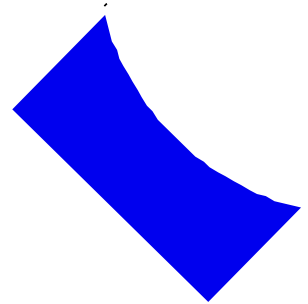
R&D :
•Gain puissance=10000



→ 1MW puissance moyenne dans la cavité ...



Electron Beam



Laser

R&D :
•puissance moyenne 100W
•1ps @ 178MHz

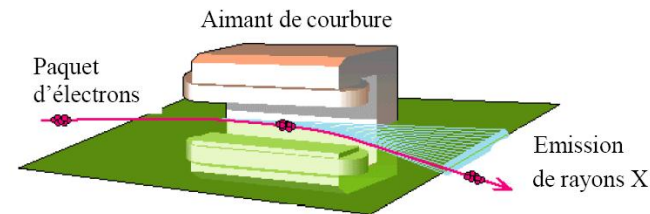
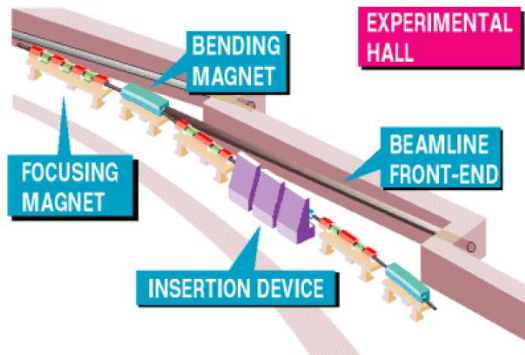
From Shimizu-san
KEK

Applications de l'interaction laser- electron à basse énergie

• Ce qui a été fait auprès des gds accélérateurs à rayonnement synchrotron avec les rayons X et que l'on voudrait refaire dans une petite salle (**grâce à l'interaction Compton**) → **mais qui nécessite beaucoup moins de brillance !**

- muséologie (backslide)
- radiothérapie (backslides)

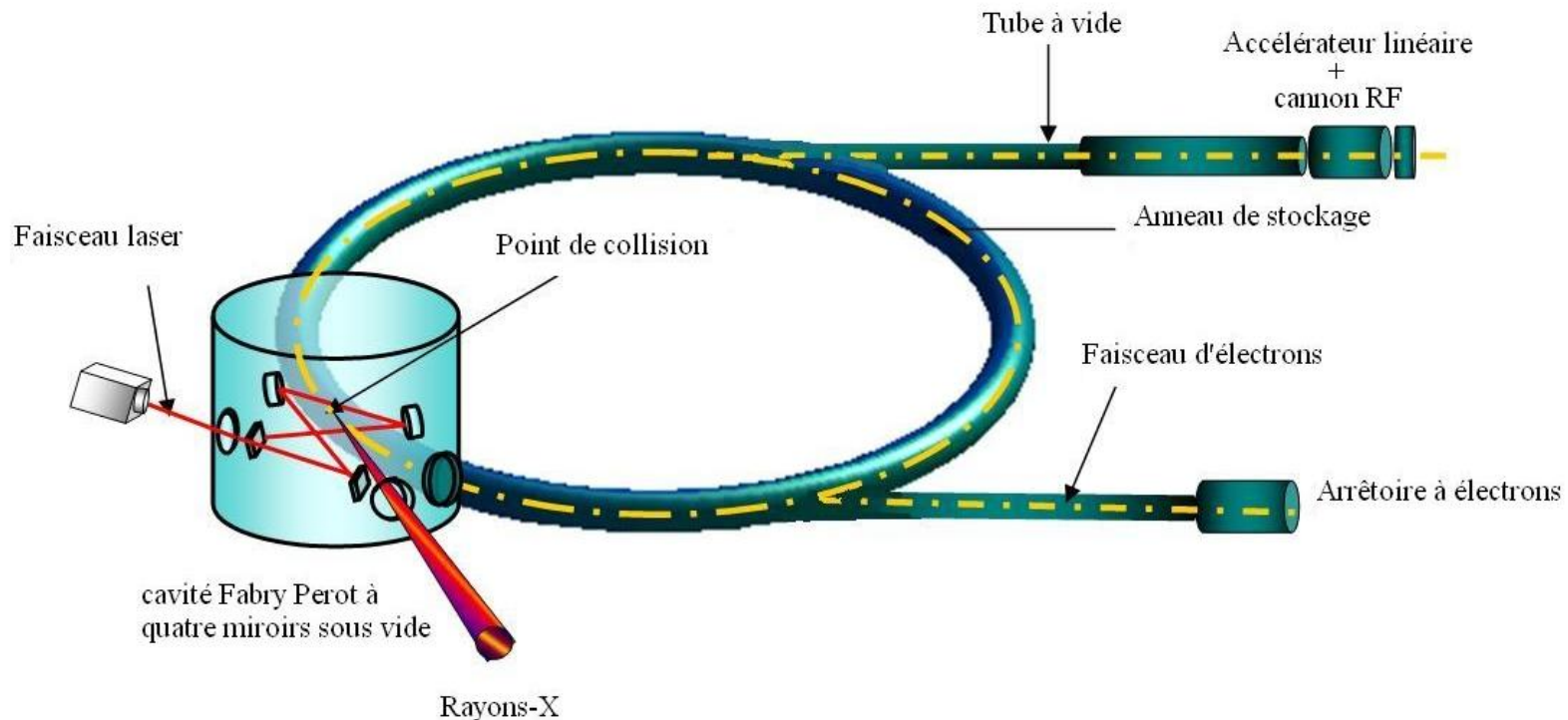
ESRF



Exemple tiré d'une
publication médicale
de l'ESRF

However, a routine use of synchrotron light for human treatment will necessitate the development of new X-ray monochromatic sources devoted to medical use. The next decade should be productive in developing such technology.

[S. Corde et al. cancer reas. 63 (2003)3221]



The ThomX project: monochromatic high flux X-ray source for Low-energy applications



□ Collaboration between:

LAL (A. Variola, project leader),

SOLEIL (Synch. Rad. machine, Saclay),

CELIA (Laser lab., Bordeaux)

NEEL (Instr. X, Grenoble)

+ C2RMF/CNRS (scientific lab. of Le Louvre museum, led by P. Walter) *at start* (C.R. Physique 10 (2009)676)

+ New archeological Lab. in paris (P. Walter)

+ **ESFR&INSERM** (Grenoble, Synch. Rad. Machine, medical ligne group, A. Bravin)

+ **Thales** for industrial applications

□ ThomX funded (~2 week ago) with the 'grand emprunt national'

→ ~10M€



The ThomX machine



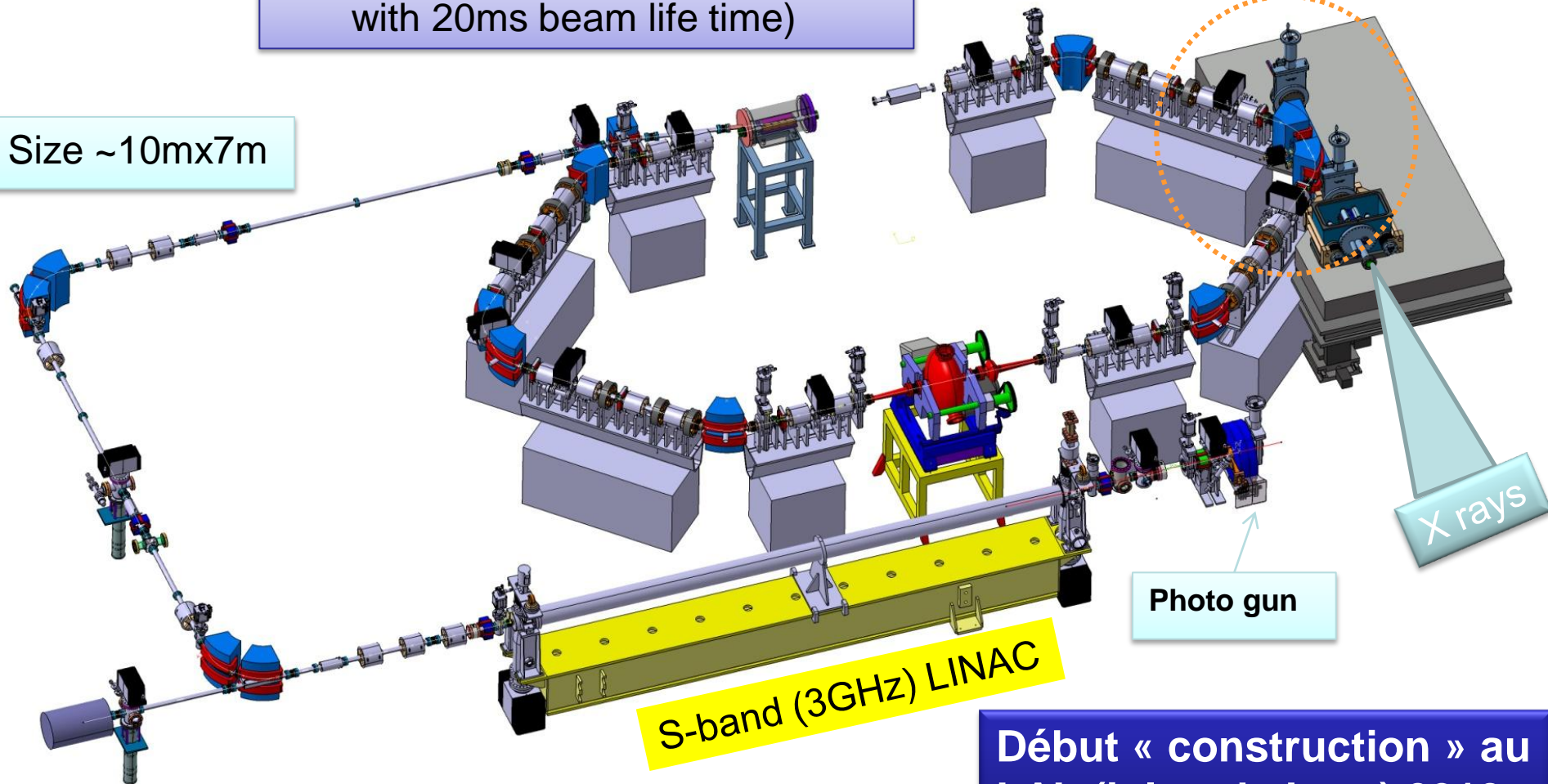
~50MeV electrons

→ Compton Scattering perturbations

→ Intra beam Scattering ...

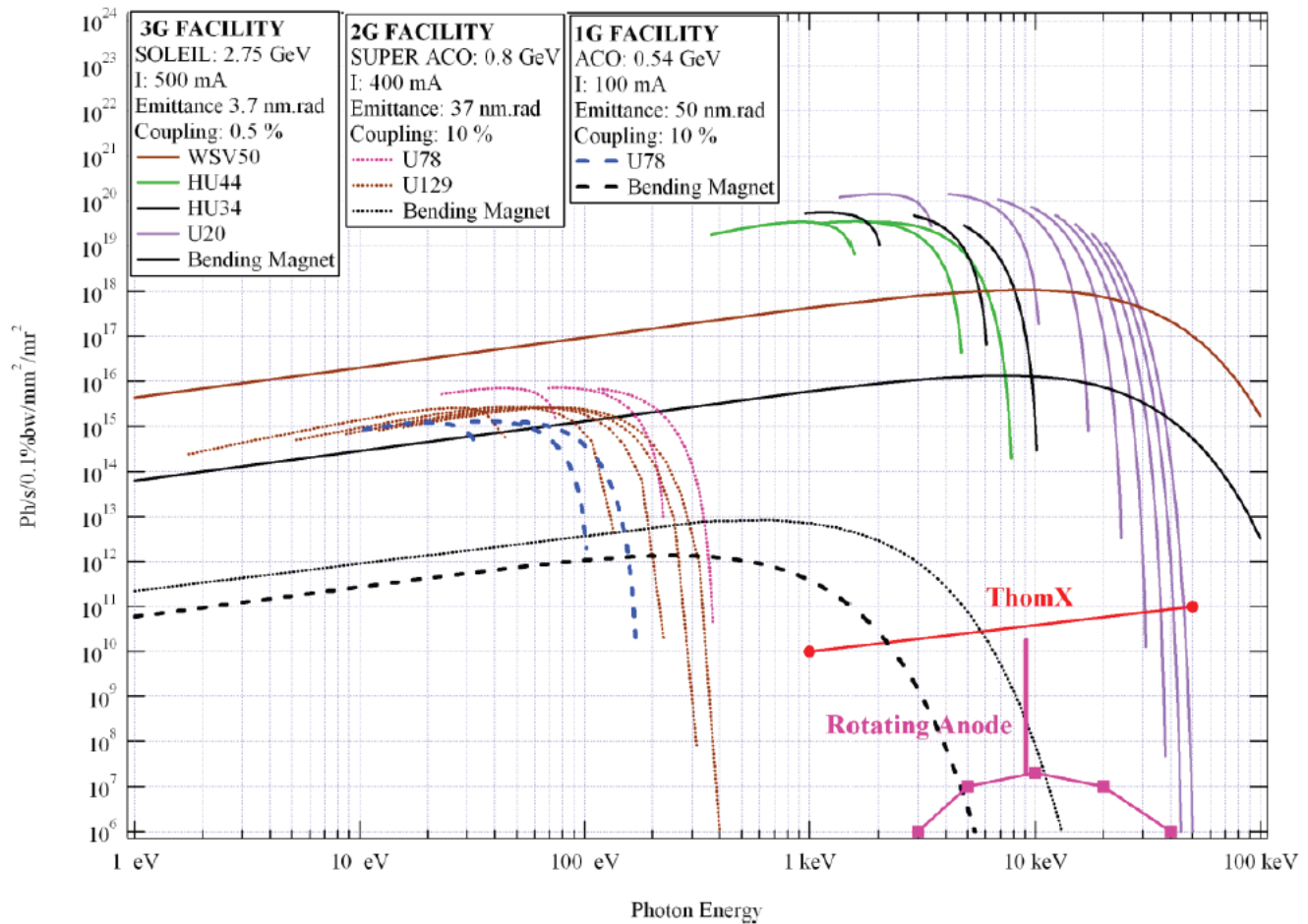
→ 'Transient machine' (we will start with 20ms beam life time)

Size ~10mx7m



Début « construction » au LAL (igloo de Lure) 2012

Higher flux than rotating anodes But worse brilliance than Synch. Rad. Machines...



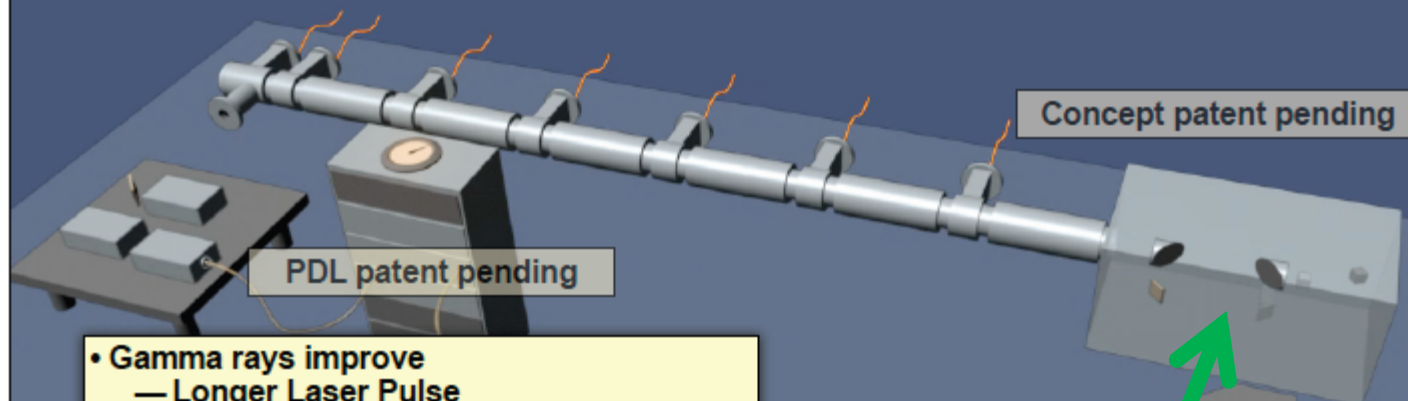
Toujours plus :
ELI–Nuclear Pilar (ELI-NP)
→ Produire des rayons γ
de qqe MeV et de 20MeV
pour faire de la physique nucléaire

→ besoins technologiques
au-delà des possibilités
technologiques
actuelles

Proposition américaine

MEGa-ray R&D has resulted in a new, “asymmetrical” laser-electron Compton scattering concept that reduces bandwidth & increases flux

Structure accélératrice LINAC en bande X !!!



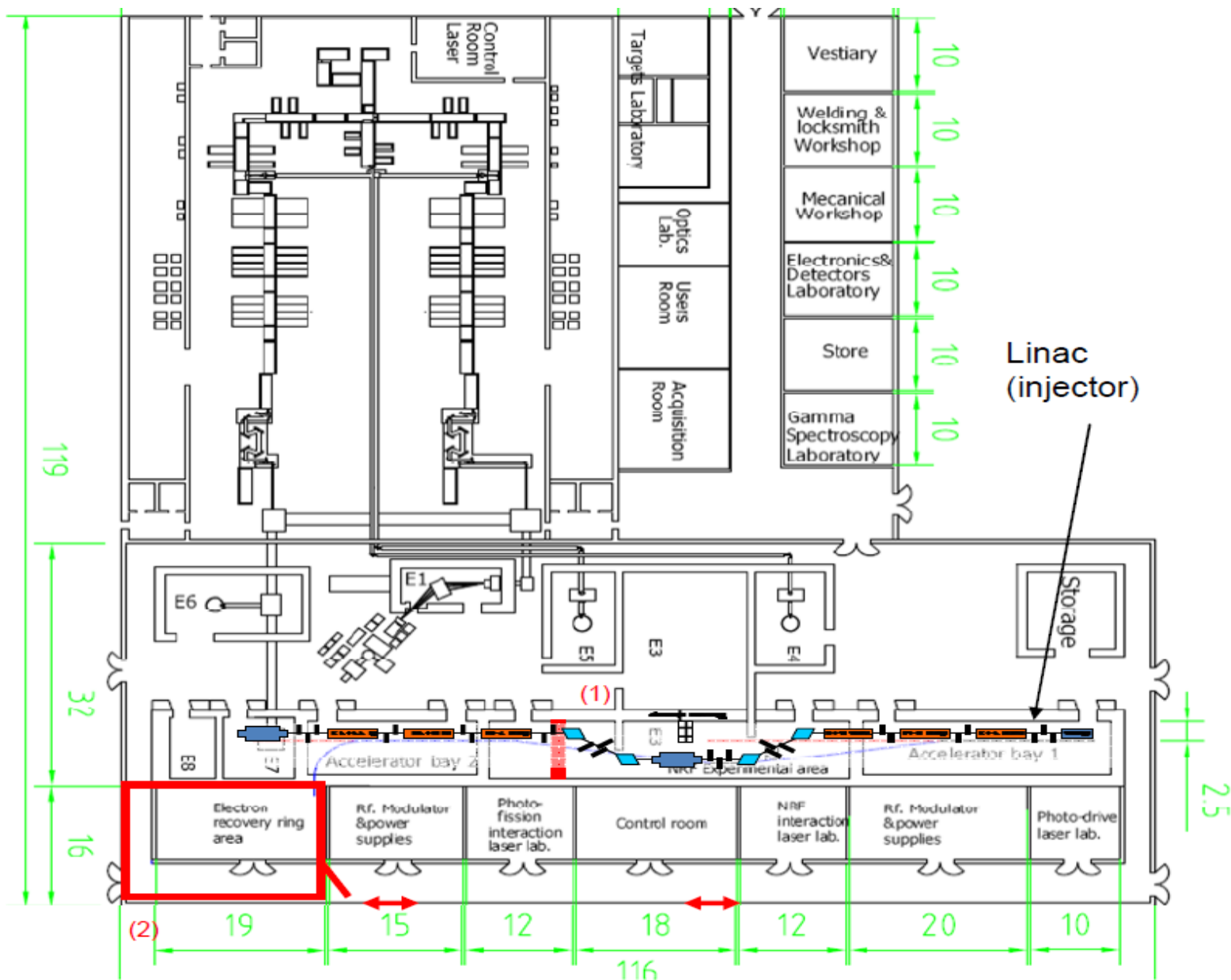
Cavité pour des
pulses laser
100x1J à 100Hz !

- Gamma rays improve
 - Longer Laser Pulse
 - Less laser bandwidth
 - **Less gamma-ray bandwidth**
 - Larger spot size
 - No electron focusing
 - Less electron angular spread
 - **Less gamma-ray bandwidth**
 - Lower charge per bunch
 - Less electron energy spread
 - Lower electron emittance
 - **Less gamma-ray bandwidth**
 - More electrons and photons
 - **More gamma-rays**

“Asymmetric” scattering
Laser duration \gg electron duration
effective repetition \sim 100kHz

Contre proposition Italienne (Frascati) : de la bande C !

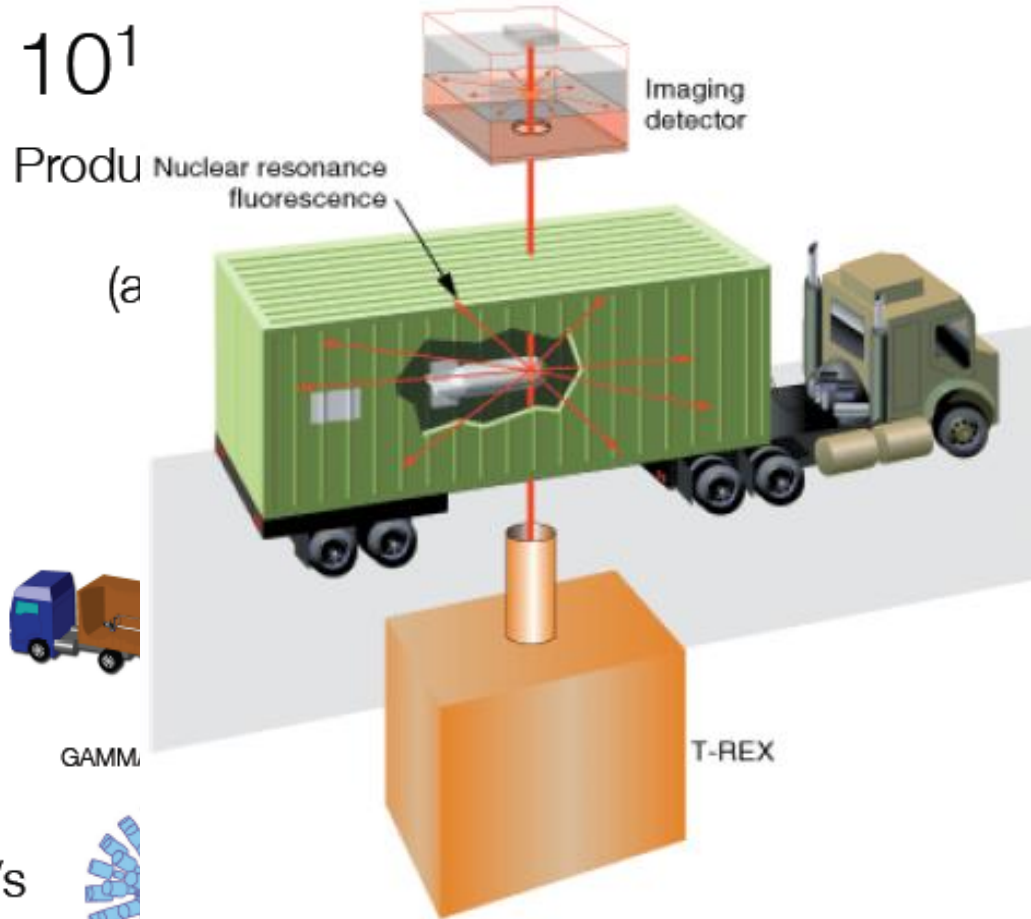
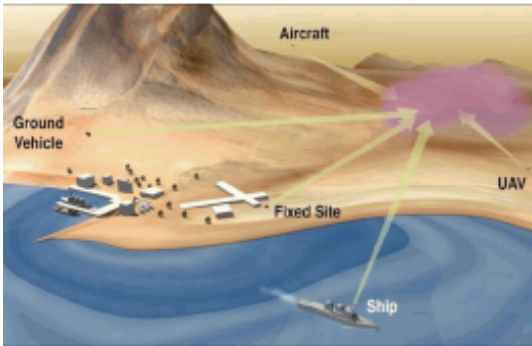
→ Début de collaboration IN2P3-INFN...



Application à moyenne énergie : fluorescence nucléaire

- **Projet américain (LLNL)**
 - Machine à rayon gamma monochromatique pour identifier la présence d'Uranium aux frontières
 - La machine doit tenir dans un camion !
- **Projet japonais**
 - Mesurer la composition des éléments radioactifs dans les 'bidons' de déchets à enterrer

Up to 10^1



10^{10} γ/s

1

need 10^{13} γ/s



Livermore researchers are developing a system that combines the capabilities of a Thomson-radiated extreme x-ray (T-REX) system with a nuclear resonance fluorescence technique to detect small amounts of nuclear materials and image their isotopic distribution. The system could be used to inspect well-shielded objects, such as cargo containers moving through a terminal.

S. Boucher, P. Frigola, A. Murokh, M. R. ...
J. B. Rosenzweig, G. Travish (UCLA)

Applications : gestion des déchets nucléaires



Applications of high-flux γ -ray beams to nuclear and radioactive waste management

**R. Hajima
ERL Development Group,
Japan Atomic Energy Agency**

PosiPol'08, Hiroshima, Jun.18, 2008.

1

Radioactive waste in JAEA



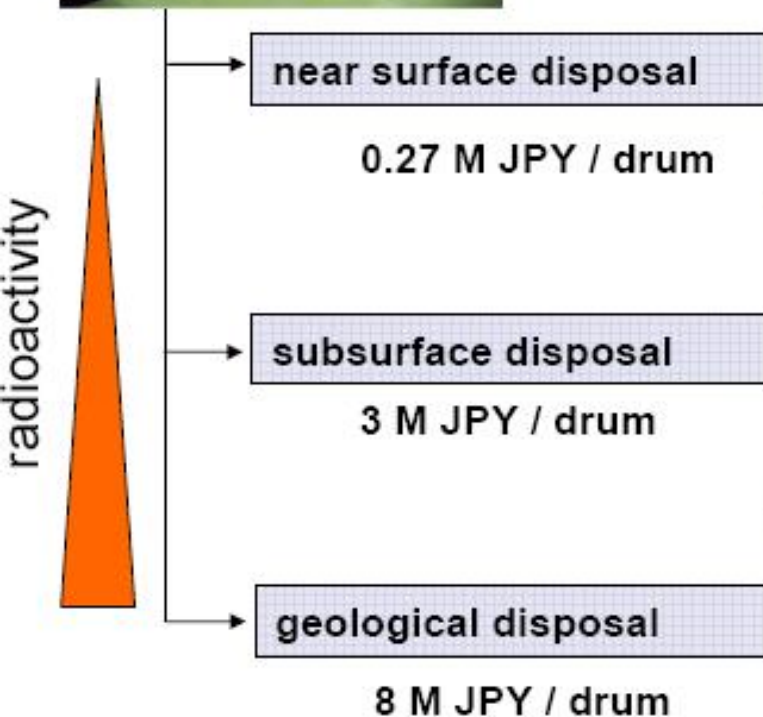
cleanup of all the waste in JAEA costs \$20 billion and 80 years.



the most urgent issue !

Gestion des déchets nucléaires

68,900 drums stored in JAEA (Agence Nucléaire du Japon)



Le stockage des déchets est une procédure très onéreuse : on enterre les bidon suivant leur dangerosité **MAIS** les mesures de radioactivité ne sont pas assez précises

- Besoin d'identifier les isotopes radioactifs dans les bidons (U238, ...)
- Fluorescence nucléaire résonnante avec 1-4 MeV rayons gamma
- Faisable avec une machine Compton
 - 320 MeV electrons
 - ~600kW puissance moyenne, 2ps@130MHz, 1µm longueur d'onde laser

Segregation of Nuclear Wastes

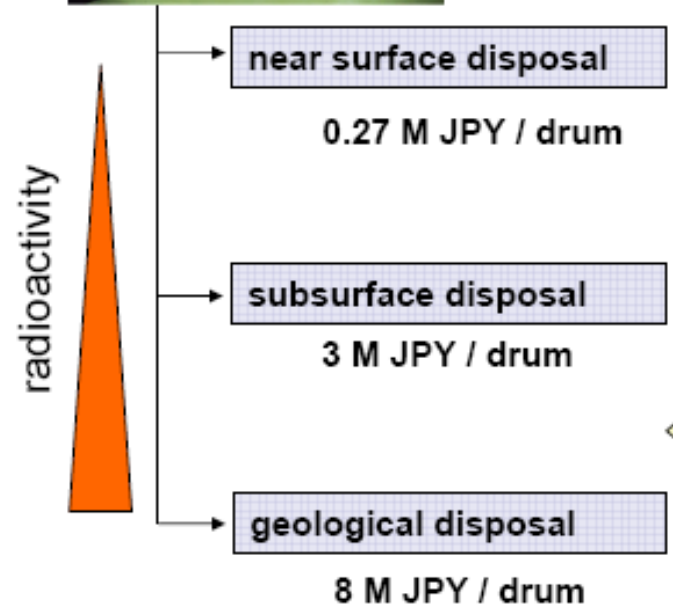
68,900 drums stored in JAEA

R. Hajima et al., J. Nucl. Sci. Tech. 45 (2008)



clearance

radioactivity and measurement time



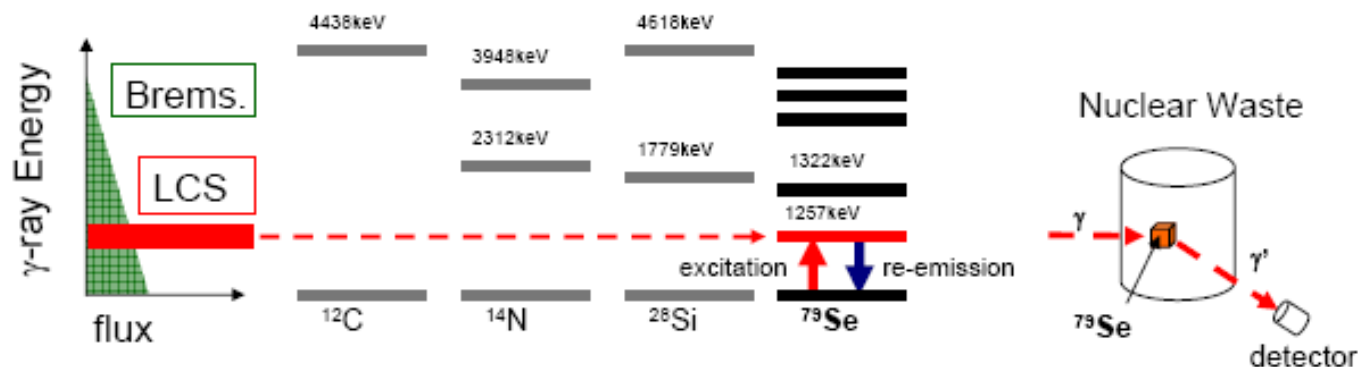
Upper level for concrete pit disposal

C-14,	3.4E10 (Bq/ t),	230 sec
Co-60,	4.1E13 (Bq/ t),	210 sec
Ni-63,	8.9E11 (Bq/ t),	500 sec
Sr-90,	6.5E10 (Bq/ t),	24000 sec
Nb-94,	1.1E10 (Bq/ t),	200 sec
I-129,	1.4E8 (Bq/ t),	20 sec
Cs-137,	1.0E12 (Bq/ t),	1500 sec

Upper level for subsurface disposal

Cl-36,	9.3E10 (Bq/ t),	1.6 sec
Tc-99,	4.4E11 (Bq/ t),	0.48 sec
I-129,	2.2E10 (Bq/ t),	0.13 sec
Pu-238,	1.6E14 (Bq/ t),	3.2 sec
Am-241,	1.8E14 (Bq/ t),	0.57 sec

Nondestructive Assay by Nuclear Resonant Fluorescence

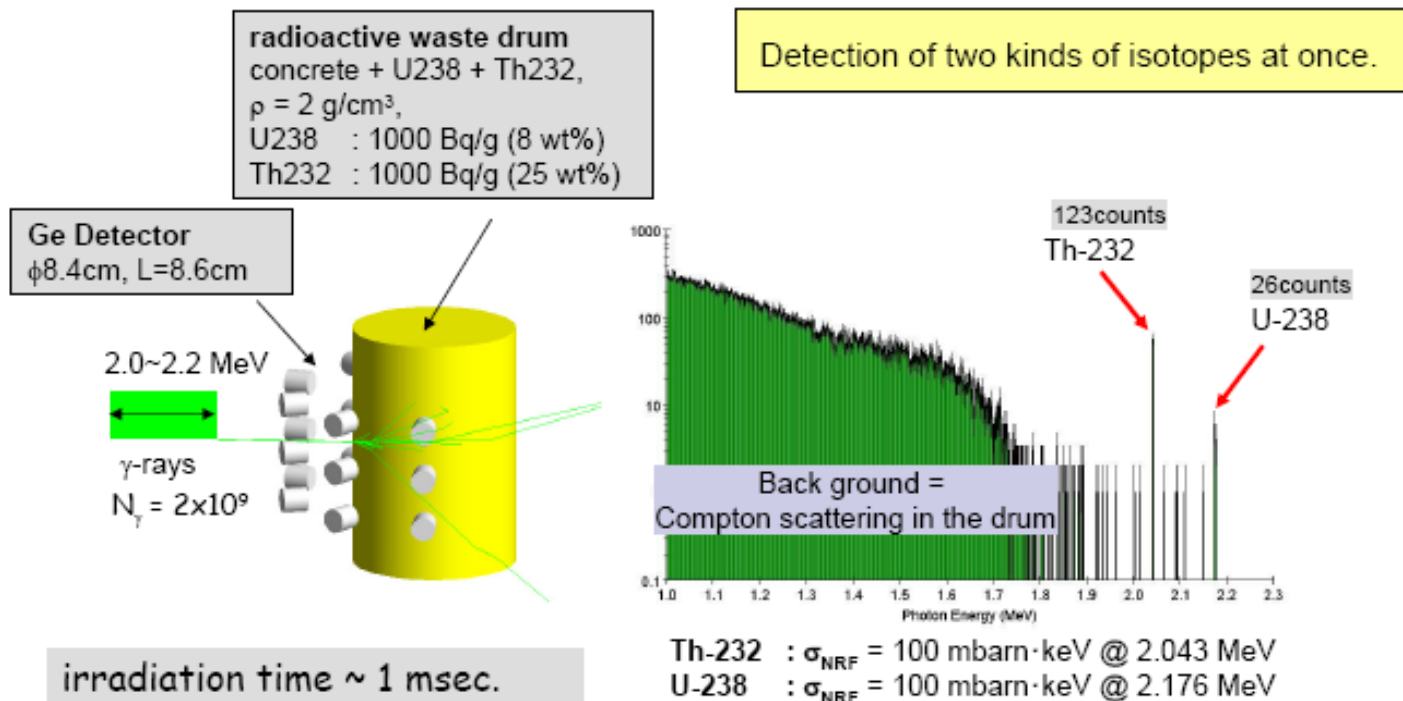


- Irradiation of γ -rays tuned at a NRF energy of nuclide to detect
- Detection of scattered γ -rays by energy-resolved detectors
- NRF is a unique fingerprint of nuclides \rightarrow radioactive and stable nuclides can be detected
- Using 1-4 MeV γ -rays \rightarrow applicable to thick objects

Un accélérateur d'électrons de 350 MeV est nécessaire pour cette application
Caractéristiques du laser :

**\rightarrow ~600kW average power,
 2ps@130MHz, 1 μm laser wavelength**

Nondestructive Detection of Isotopes



Simulation by GEANT4 (with NRF extension)

N. Kikuzawa et al.,
Proc. AccApp'07

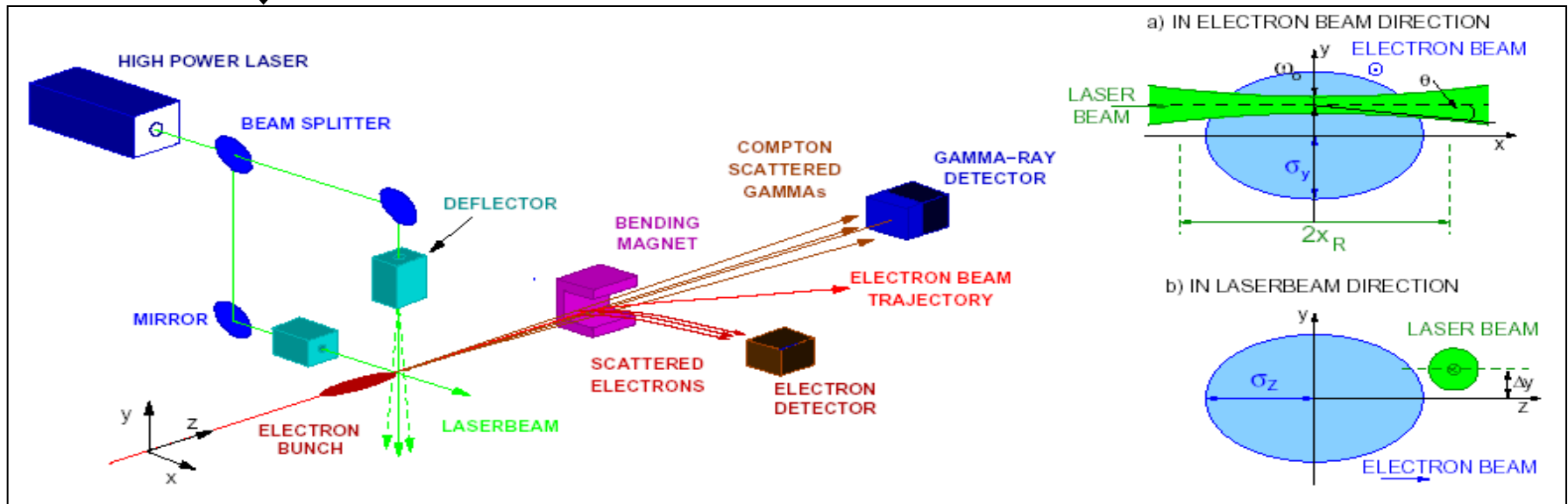
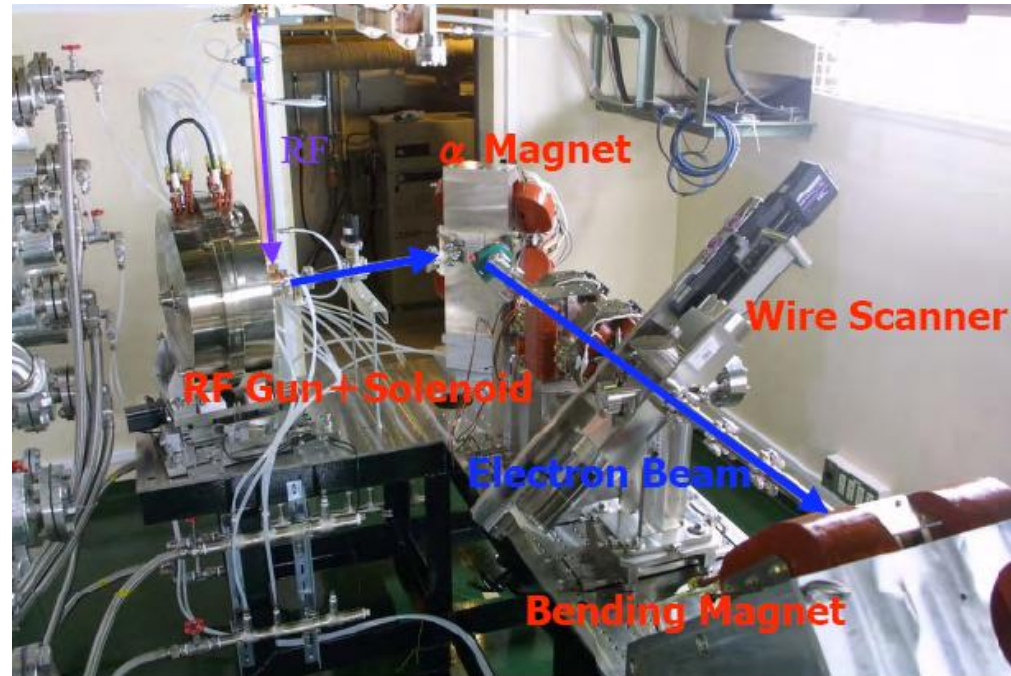
Applications à haute énergie

- 'Laser wire'
- Polarimetre Compton
- Source de positrons polarisés
- Collisionneur photon-photon

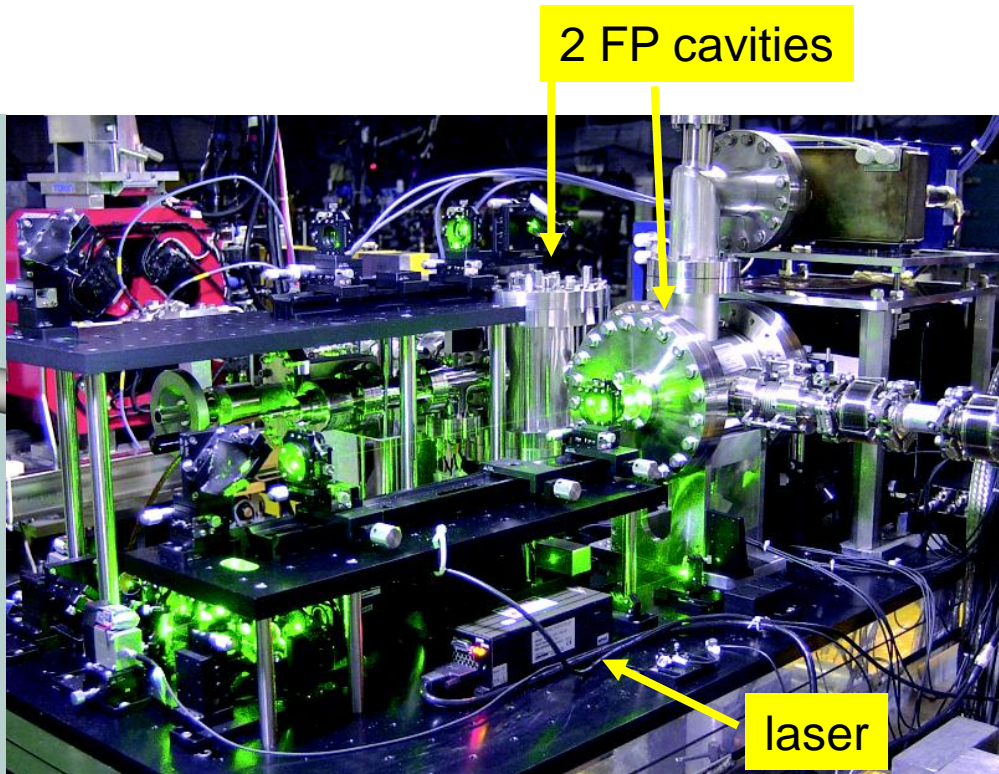
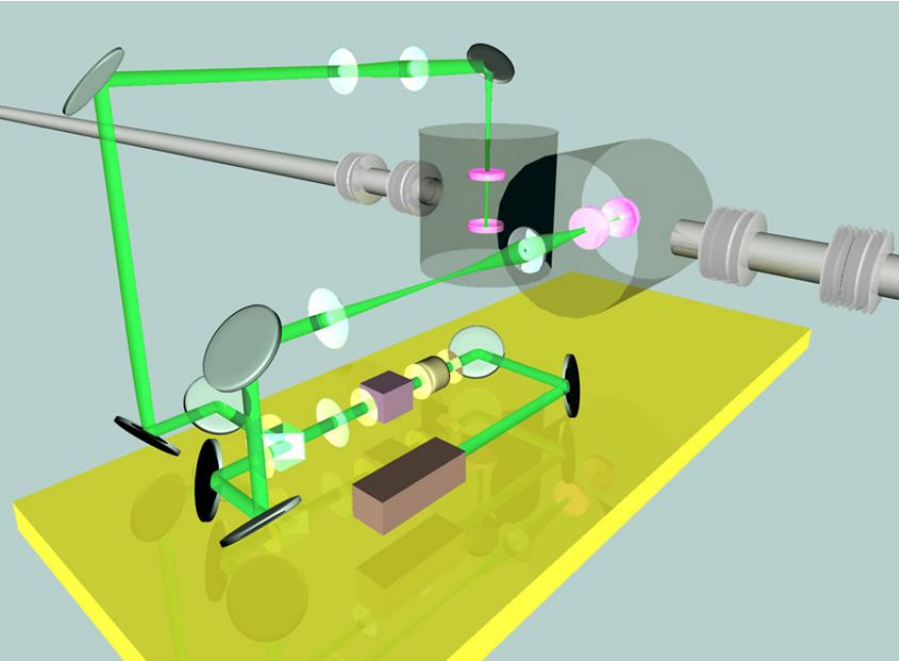
Mesure du profil transverse des faisceau d'électrons

On utilise des 'wire scanner'

- Mesure destructive
 - Meilleure résolution $\sim 10\mu\text{m}$
 - Besoin méthode non destructive et précise pour l'ILC
- Le 'laser wire'



Expérience de faisabilité :
CW Laser wire beam size monitor in ATF/KEK



**CW 300mW 532nm Solid-state
Laser fed into optical cavities**

J. Urakawa

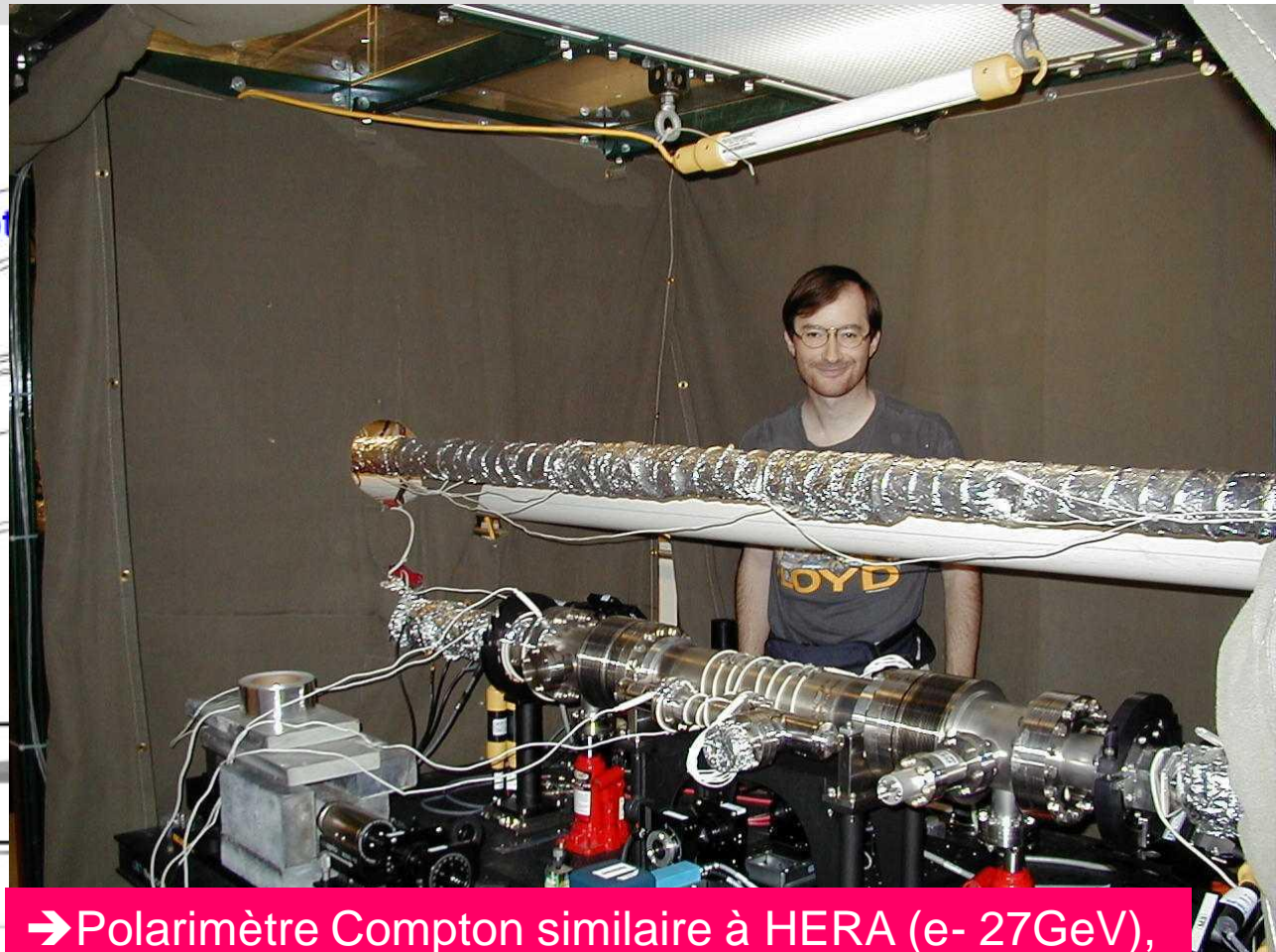
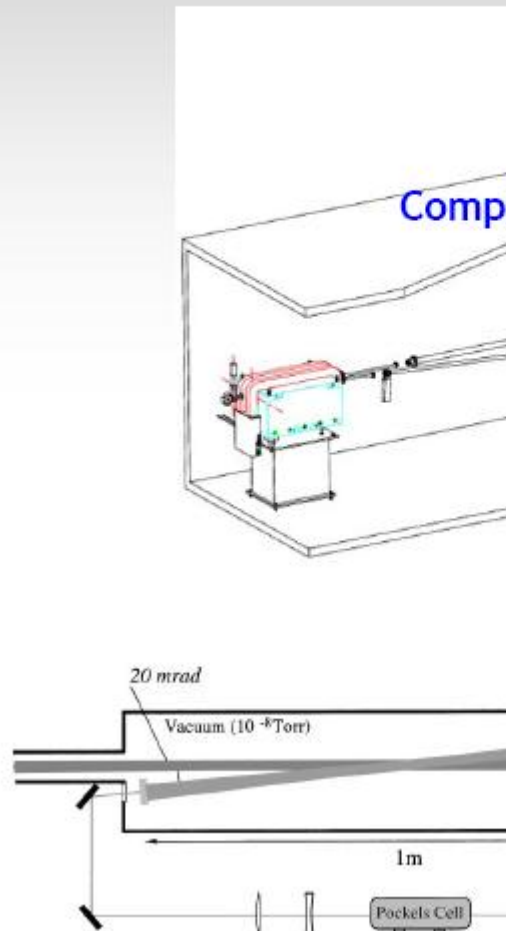
**14.7 μ m laser wire for X scan
5.7 μ m for Y scan
(whole scan: 15min for X,
6min for Y)**

Ongoing project Oxford/ATF: high power pulsed fiber laser

Pour mesurer la 'polarisation' des électrons on change la polarisation du laser et on mesure la 'distribution d'énergie' de photons Compton

Compton Polarimeter at Jefferson Lab e- 4GeV

[CEA Saclay/LPC Clermont NIMA412(1998)1]



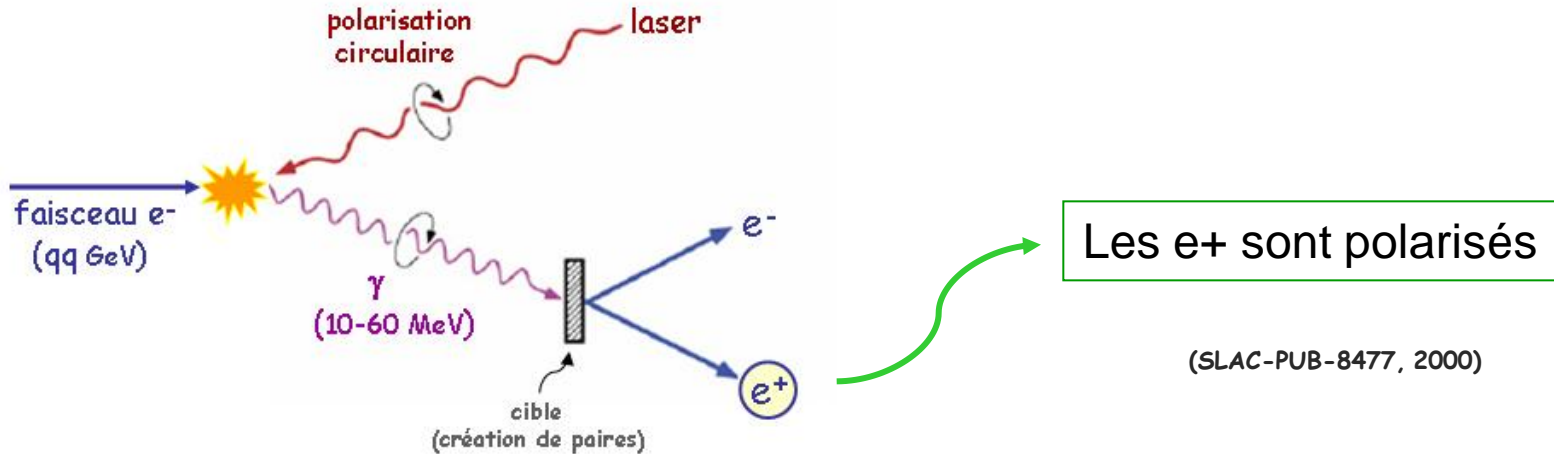
→ Polarimètre Compton similaire à HERA (e- 27GeV), LAL&CEA en 2000

Source de positrons polarisés pour l'ILC

Moortgat-Pick et al. Phys.Rep.460(2008)131

Araki et al. arXiv:physics/0509016

Une technique possible pour créer des positrons polarisés :



Expérience de faisabilité ATF/KEK

- Omori et al. PRL 96(2006)114801

Grosse R&D nécessaire pour les e^+ de l'ILC

→ 10 faisceaux laser de plus de 10MW puissance moyenne chacun

...

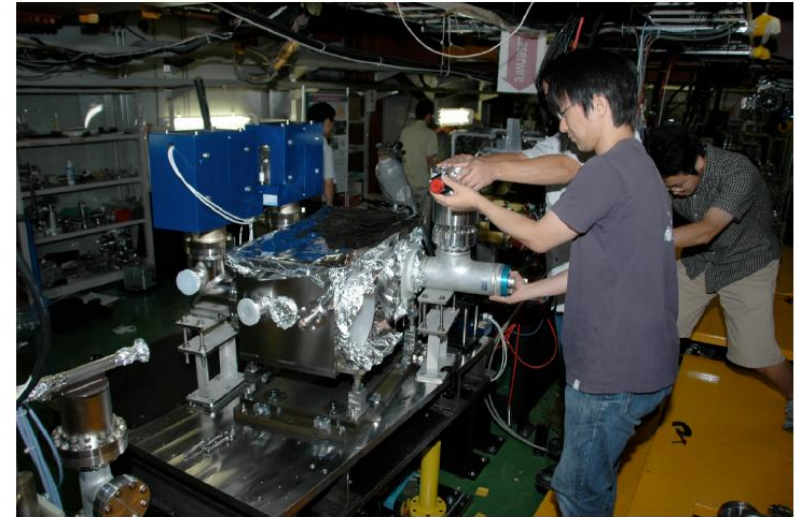
R&D sur les cavités Fabry-Perot

October 2007: Install the 2-mirror cavity into ATF-DR

•Exp. faisabilité ATF/KEK

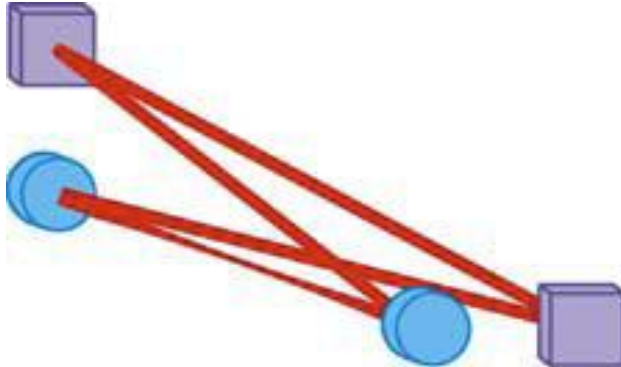
- 2-mirror cavity
- ~1ps laser pulses @357MHz
- Finesse <1000

Shimizu et al.
J.Phys.Soc.Jpn.78(2009)074501



R&D actuel (CELIA/Hiroshima/KEK/LAL):

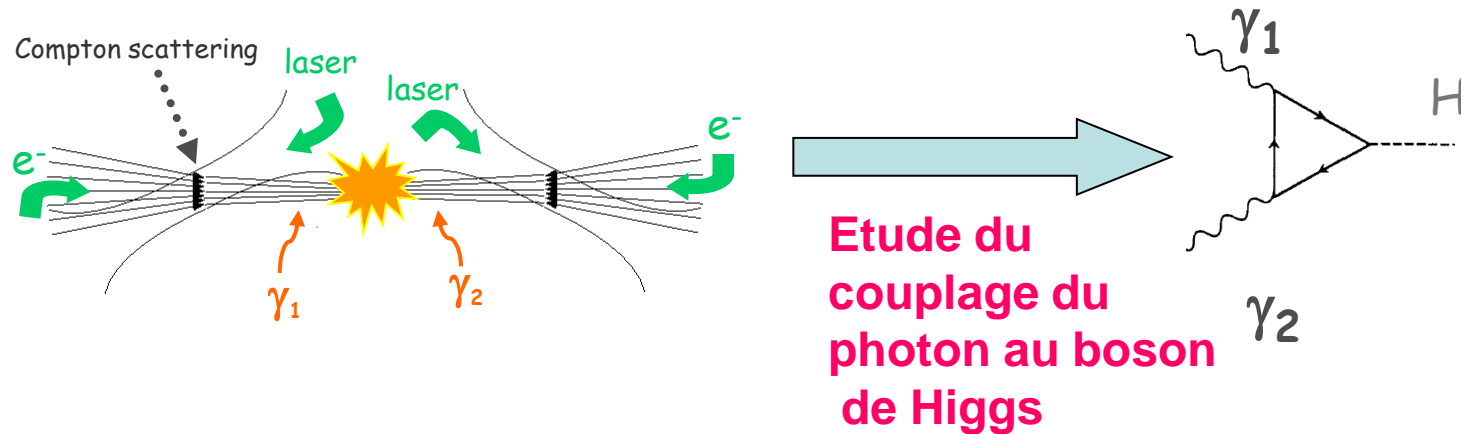
- 3D 4-mirror cavity, BUT : 1MW, 1ps, 178MHz



- Increase laser power: low power picosecond Yb doped oscillator (<1W) and fibre amplification → 200W average power @178MHz

gamma-gamma Collider, 'PLC'

Telnov, NIMA355(1995)3



Etude du
couplage du
photon au boson
de Higgs

- On 'joue' avec les orientations des spins de rayons gamma (e^- & laser polarisation)
- Mesure la plus précise du couplage Higgs/photon (i.e. 'masse/radiation')

Faisceau d'électrons de 250 GeV avec ~3000 pulses par trains @ 5Hz & 5J/pulse !

Peu d'études techniques :

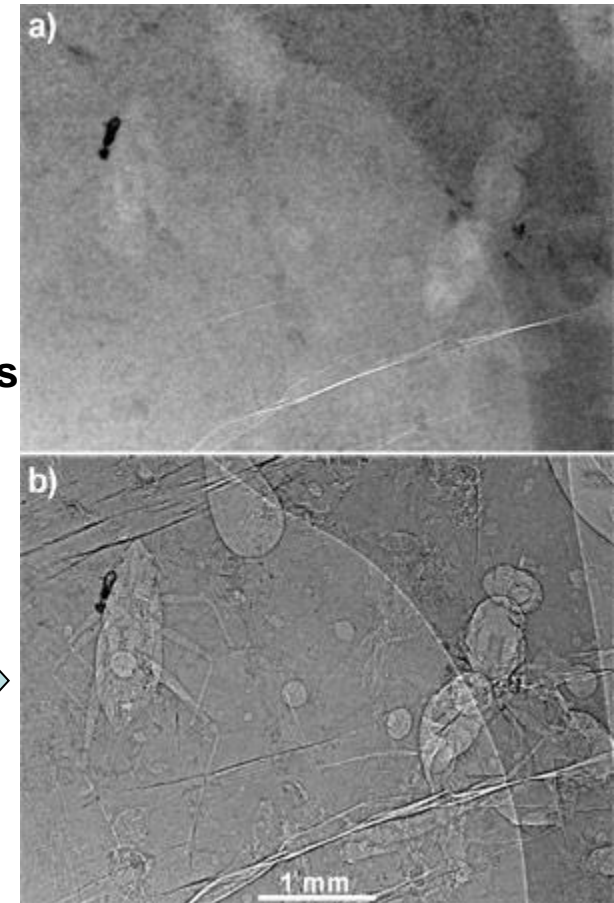
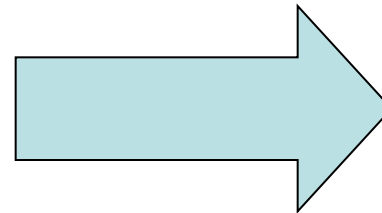
- LLNL Mercury laser + regenerative cavity

Applications en paléontologie

<http://www.esrf.eu/news/general/amber/amber/>

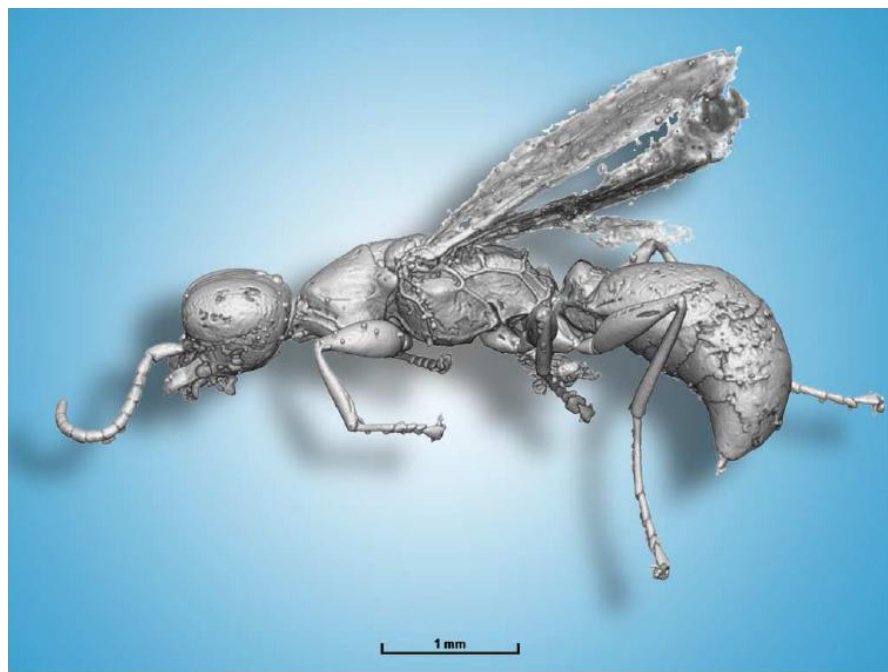
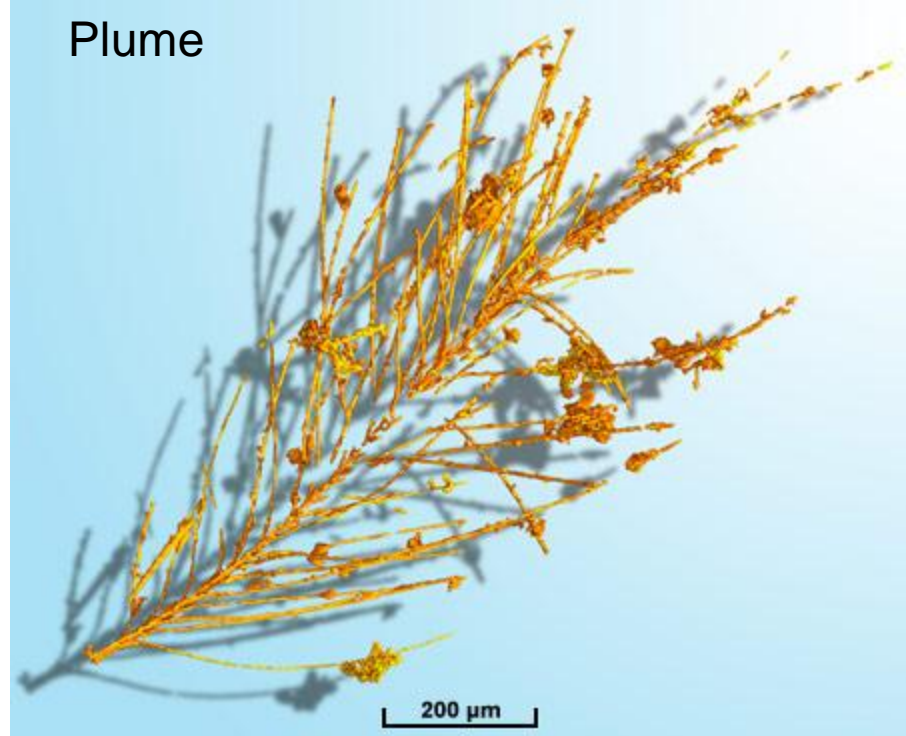
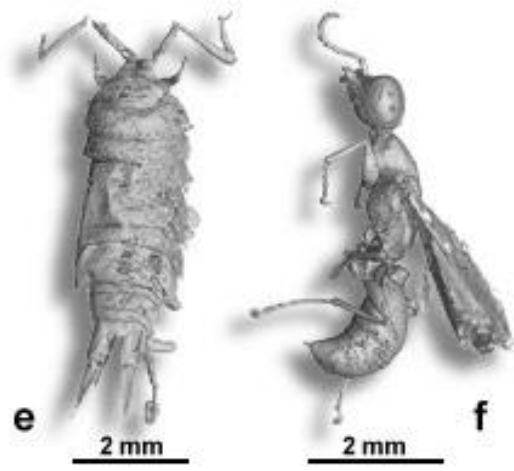
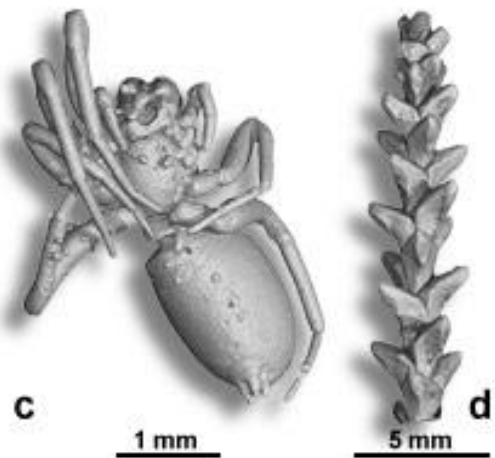
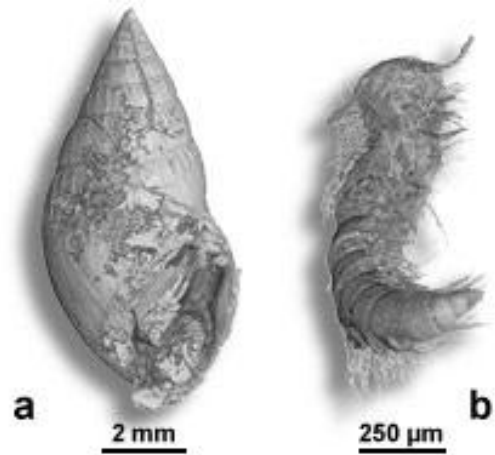


Rayons X
monochromatiques
de quelques dizaines
de keV
ESRF



Morceau d'ambre datant de
100 millions d'années avant JC (charentes)

La très grande qualité optique des faisceaux de l'ESRF
→ reconstruction non destructive en 3D
des éléments piégés dans l'ambre il y a plus de 100M d'années !!!



(Tafforeau, ESRF)

Application à l'étude des oeuvres d'art

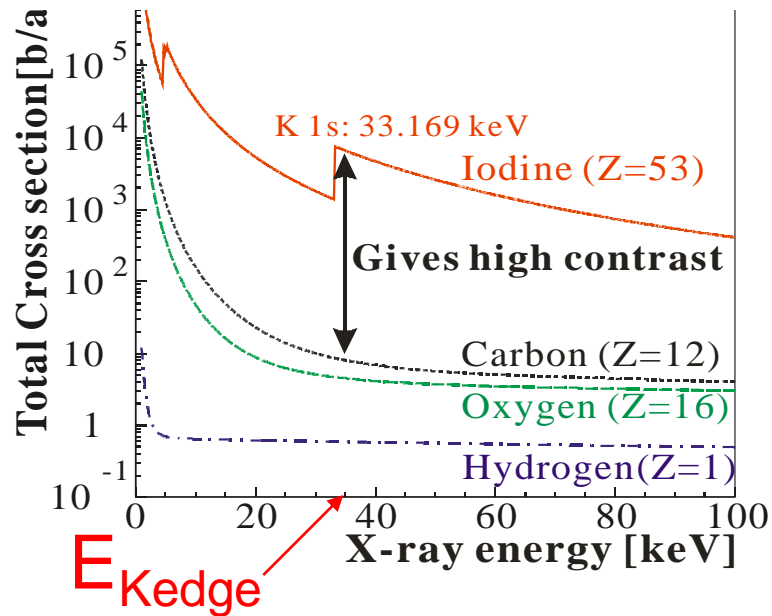
'K edge imaging'

1. Les pigments contiennent des éléments chimiques lourds
2. 'Couche K' de ces éléments excités par rayons X → identification

K-edge imaging sur les éléments lourds de pigments (Pb → blanc, Hg → vermillon ...)

Total Cross Section of X-ray attenuation

for various elements



**Mais ~30keuros d'assurance pour 2 jours
→ machine compacte dans un musée
Souhaitée...**

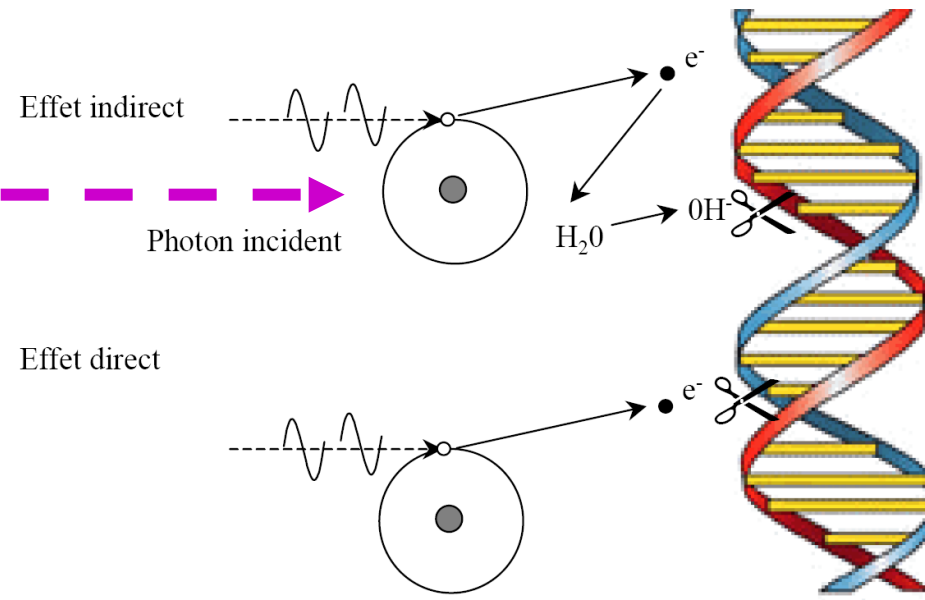
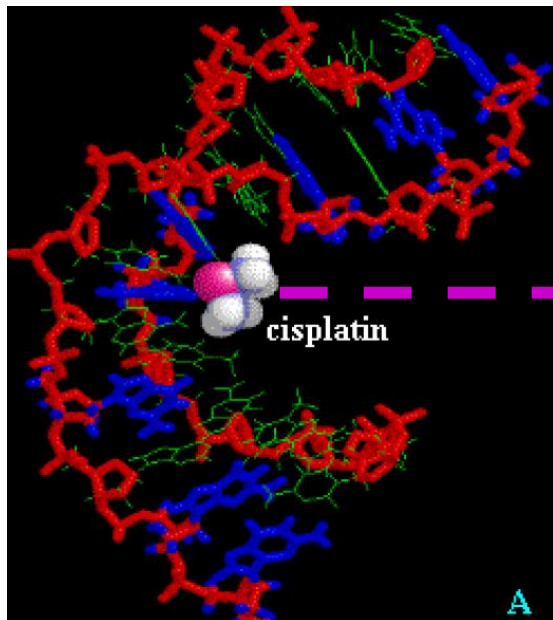
J. Dik et al., *Analytical Chemistry*, 2008, 80, 6436
Cours d'histoire de l'art sur cette étude !

<http://www.vangogh.ua.ac.be/>

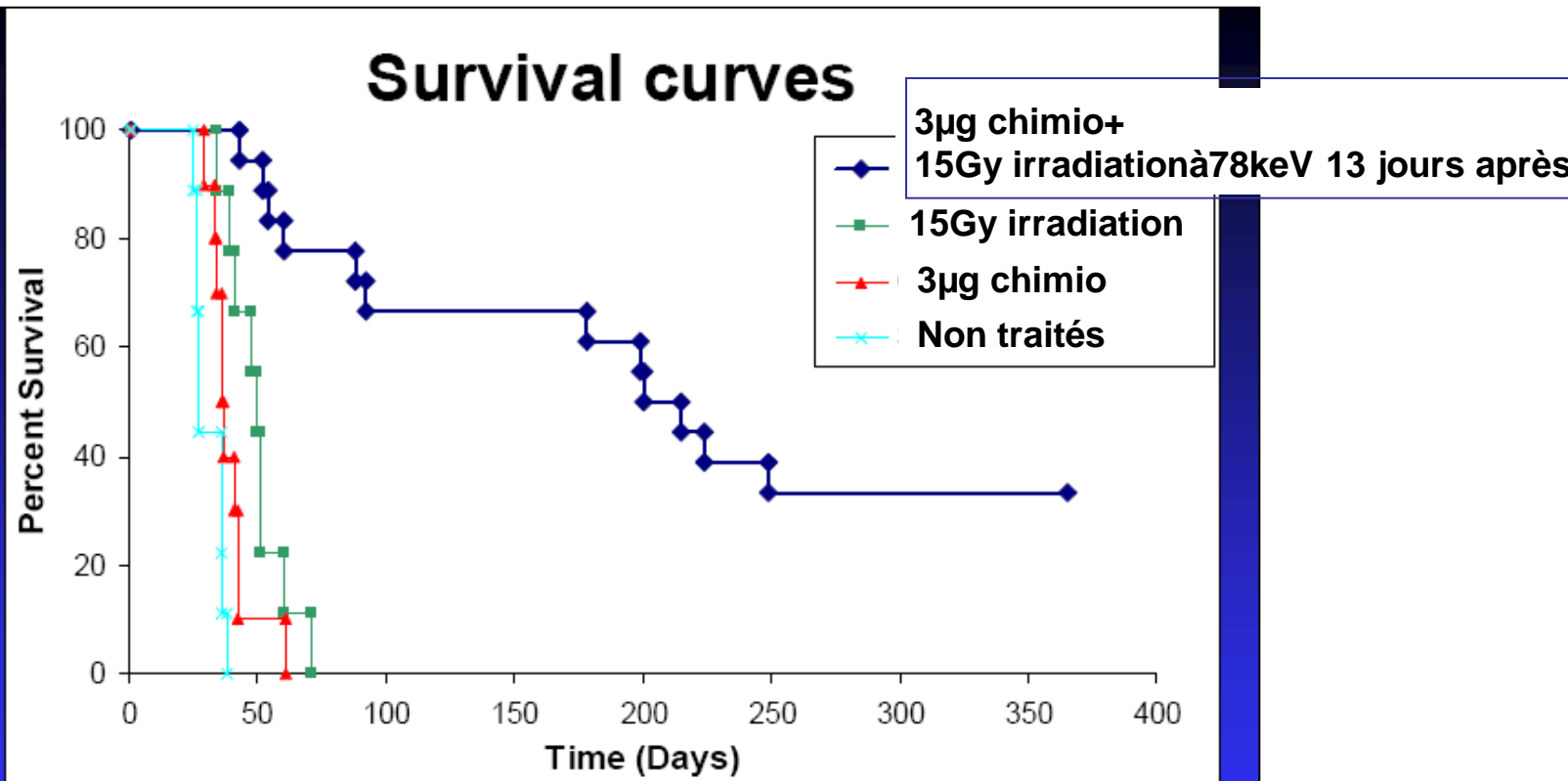
Une application médicale à l'ESRF (ligne ID17): radiothérapie pour le traitement des gliomes

Pas de traitement pour le 'glioblastome'
aujourd'hui (7 cas/ 10^5 par an en France...)
•**Idée** (cf thèses S. Corde, J.F. Adam, ESRF)
fixer un élément lourd (**platine**) sur l'ADN
cancéreuse

•**Puis** exciter l'atome par un
rayonnement X (**78 keV=couche K**)
pour détruire cette ADN...



Mesures effectuées à l'ISRF sur des rats (auxquels on a inoculé le gliome)
→ Phase d'essais cliniques à l'ESRF (chats et chiens...)



694 % Increase in life span relative to median survival time

M.C. Biston, et al., Cancer research, 64, 2317-2323 (2004)

A. Bravin, www.ca.infn.it/alghero2008