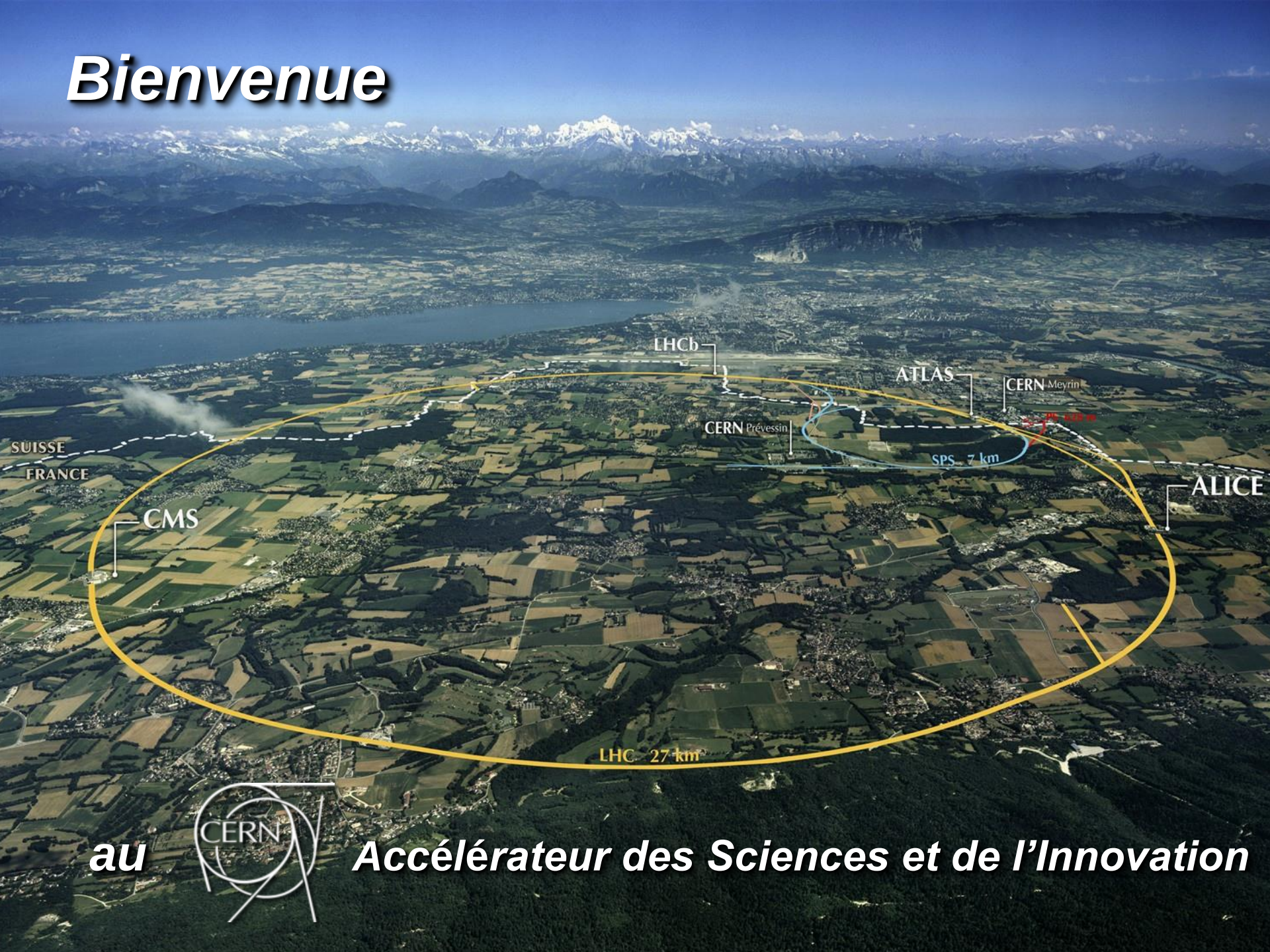
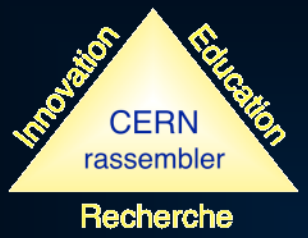
Bienvenue



au CERN Accélérateur des Sciences et de l'Innovation



Les missions du CERN

- **Repousser** les frontières des connaissances

  Les secrets du Big Bang …à quoi ressemblait la matière dans les tout premiers instants de l'existence de l'Univers ?

- **Développer** de nouvelles technologies pour les accélérateurs et détecteurs

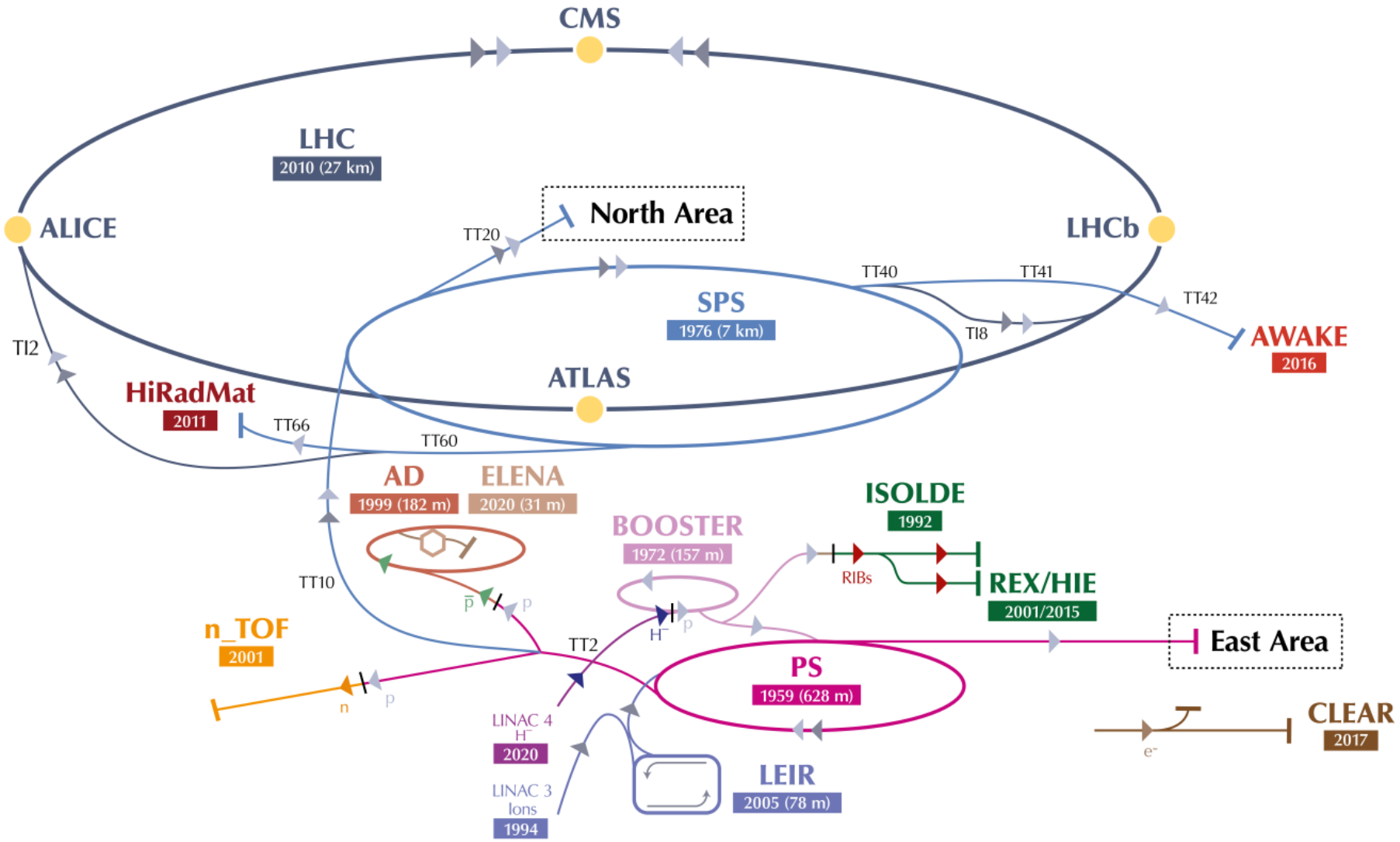
  Technologies de l'information : le Web et la Grille

  Médecine – diagnostic et thérapie

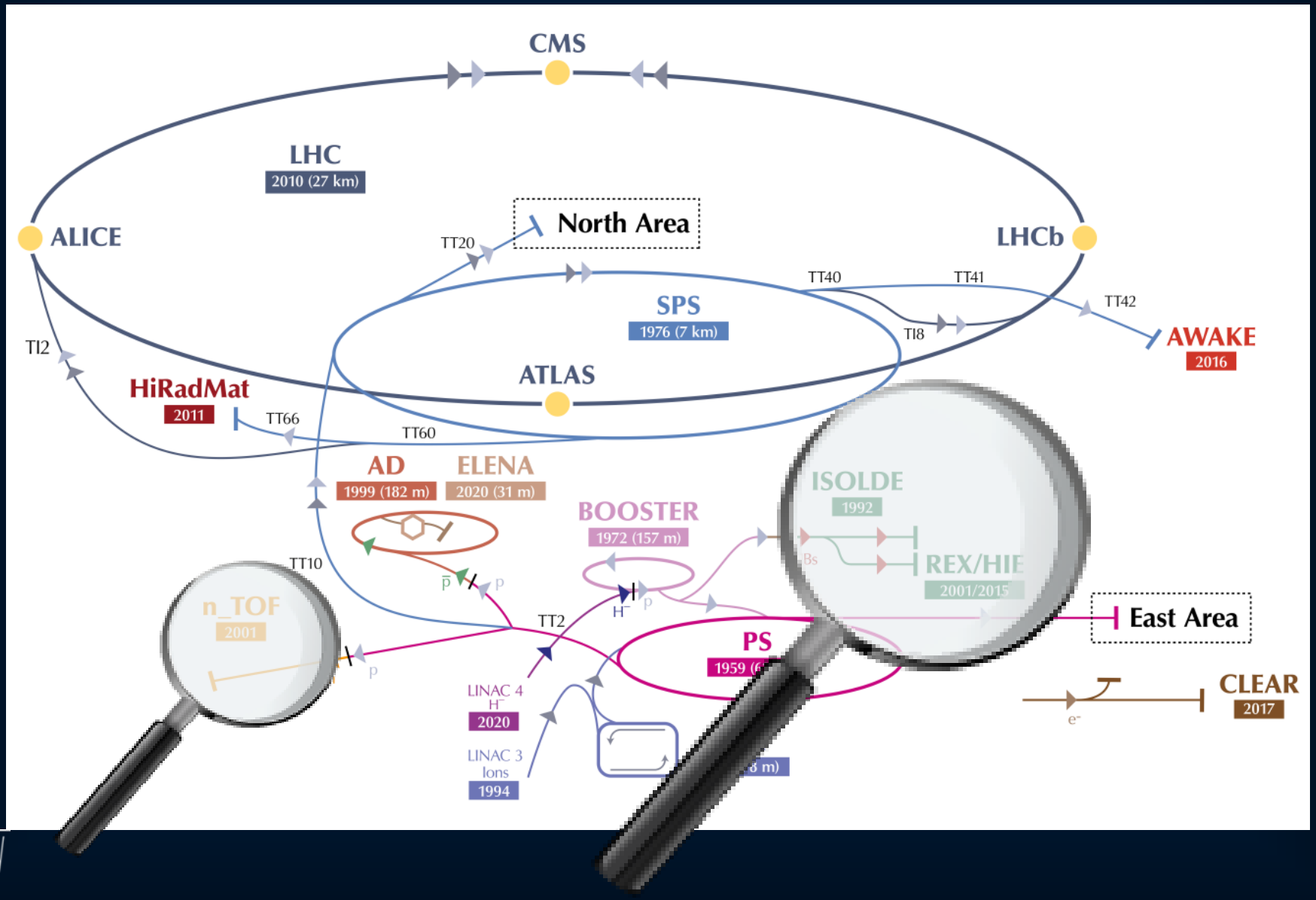
- **Former** les scientifiques et les ingénieurs de demain

- **Rassembler** des personnes de différentes nations et cultures

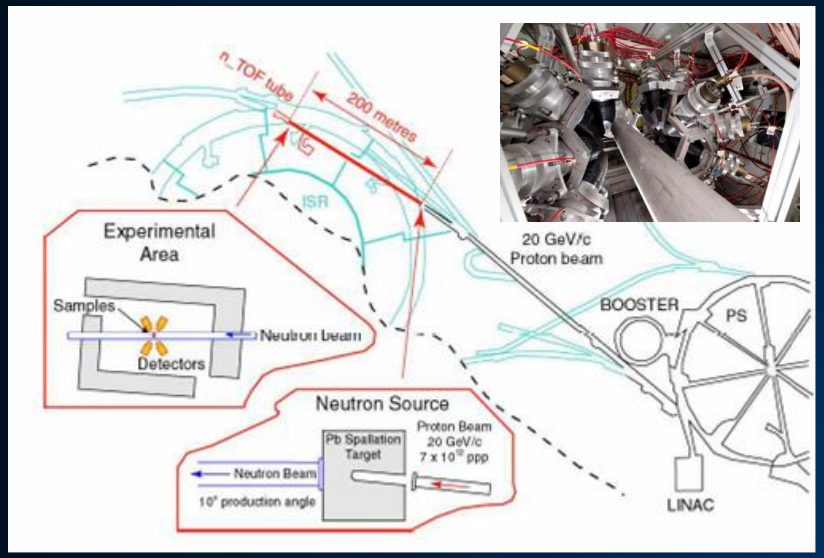
Les accélérateurs du CERN



1ère étape suivante: ISOLDE et NTOF



Physique Nucléaire: nTOF & ISOLDE



n_TOF (expérience sur le temps de vol des neutrons)

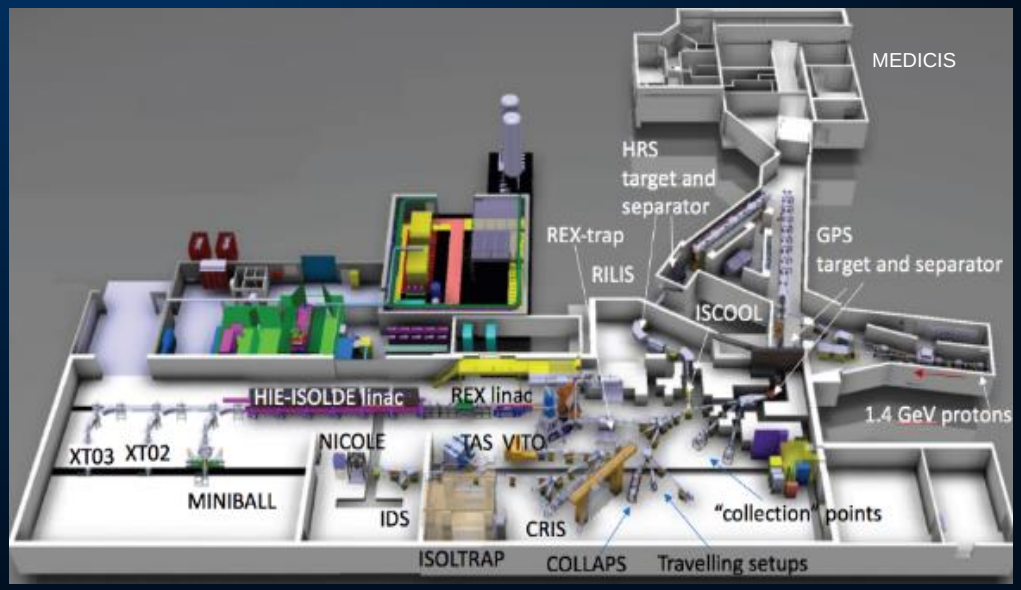
Mesure de la section efficace des neutrons

- *Astrophysique*
- *Physique nucléaire*
- *Applications médicales*
- *Transmutation des déchets nucléaires*

ISOLDE: faisceaux d'ions radioactifs

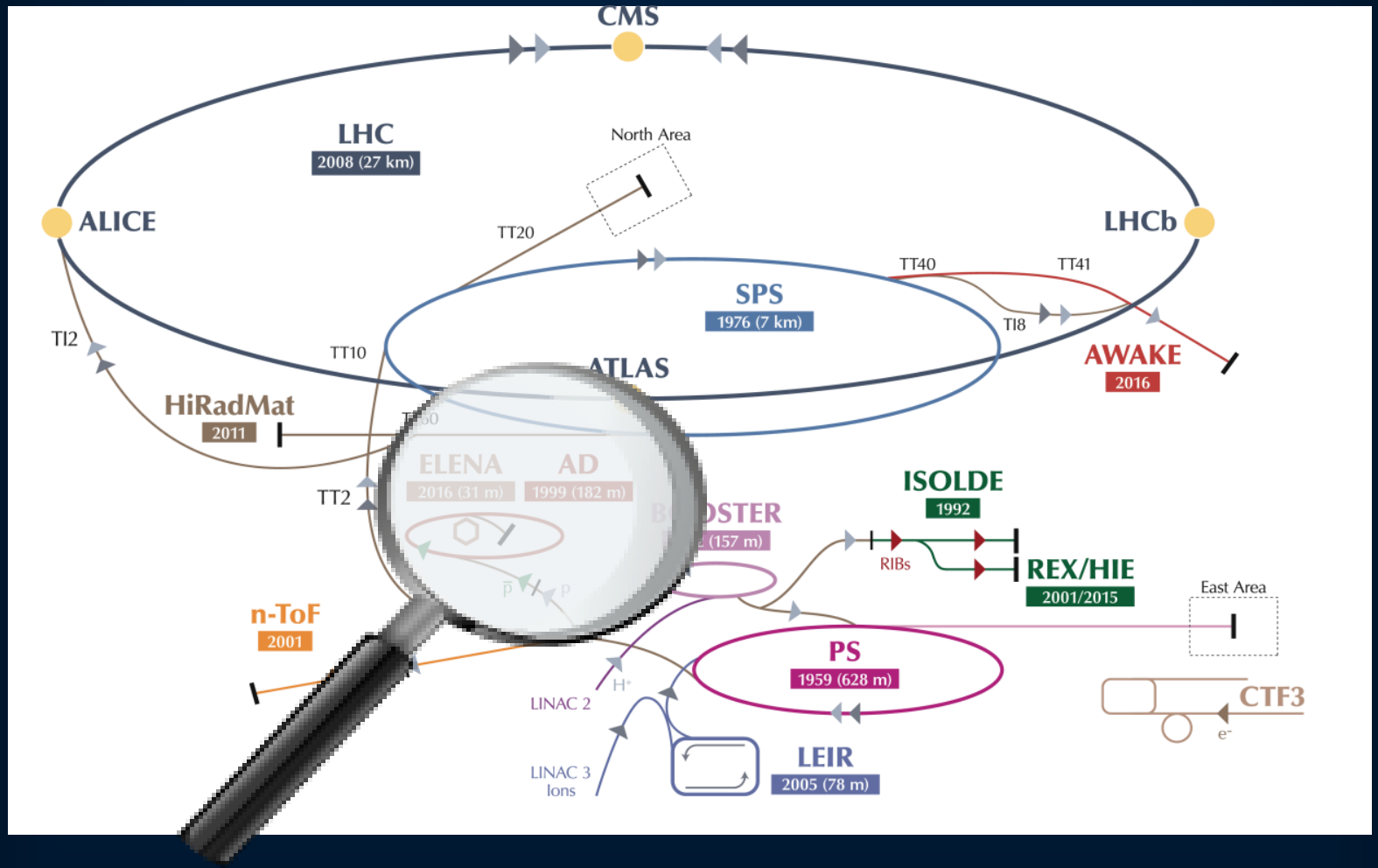
(1 000 nucléides de plus de 75 éléments produits, environ 50 expériences chaque année)

- *Physique nucléaire et atomique*
- *Astrophysique*
- *Physique du solide*
- *Sciences de la vie*



HIE-ISOLDE (post-accélération jusqu'à 10 MeV/nucléon), achèvement réalisé en 2018

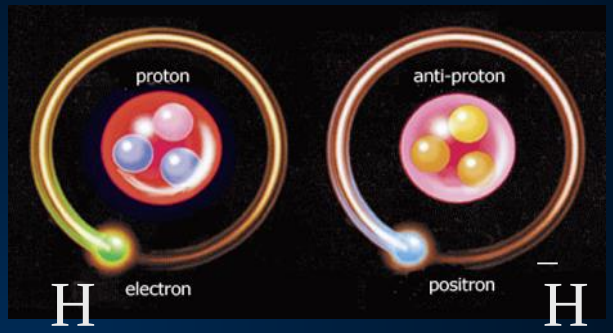
Décélérateurs d'Antiprotons AD



Physique de l'Antiproton & l'Antihydrogène

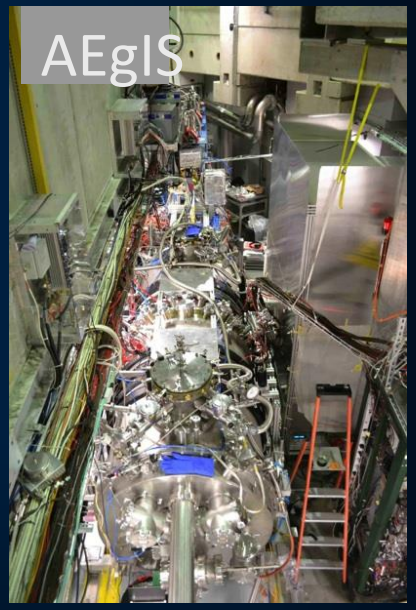
Comparaison matière-antimatière

Relation fondamentale dans la théorie actuelle de la physique: $m = \bar{m}$, $g = \bar{g}$



5 expériences:

- **ALPHA/ALPHA-g** spectroscopie et gravité
- **ASACUSA** spectroscopie d'atomes exotiques (hélium antiprotonique) et section efficace de collisions de noyaux
- **BASE** moment magnétique de l'antiproton
- **AEgIS** spectroscopie, expérience sur l'effet de la gravité sur l'antimatière
- **GBAR** (début en 2018, connecté à ELENA) expérience sur l'effet de la gravité sur l'antimatière

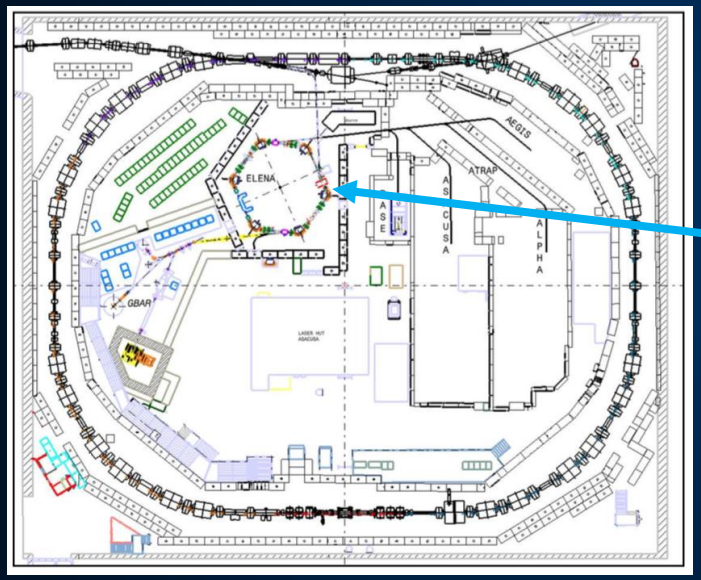


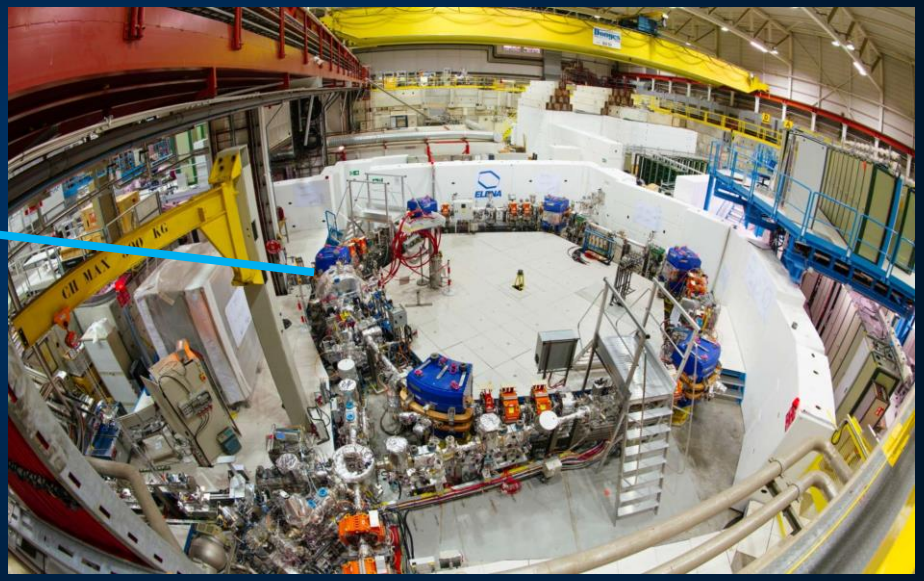
NEW!

ACE: (Antiproton Cell Experiment : expérience antiprotons/cellule)
Effets biologiques des pbar
Pour une utilisation potentielle dans la thérapie du cancer

Nouvel accélérateur (Décélérateur) ELENA (Extra Low Energy Antiproton)

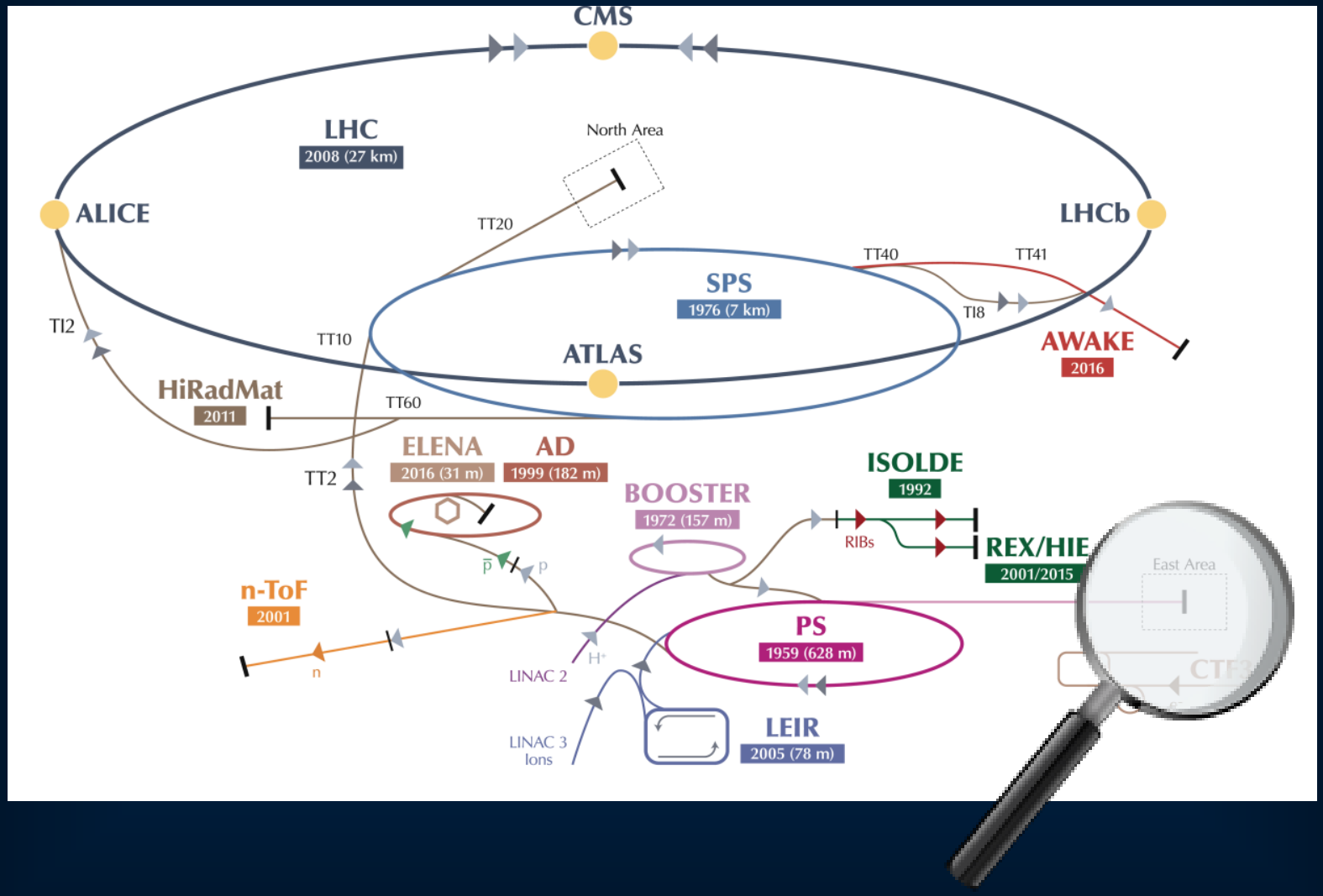
Le décélérateur d'antiprotons (AD) : antiprotons à 5,3 MeV





Mise en service d'ELENA
Antiprotons à très faible énergie à 100 keV
→10-100 x plus grande efficacité de piégeage
→ Réalisation d'expériences en parallèle

PS Hall Est


CMS
LHC
2008 (27 km)
North Area
ALICE
LHCb
TT20
TT40
TT41
SPS
1976 (7 km)
TI8
TI2
TT10
ATLAS
AWAKE
2016
HiRadMat
2011
TT60
ELENA
2016 (31 m)
AD
1999 (182 m)
TT2
BOOSTER
1972 (157 m)
ISOLDE
1992
RIBs
REX/HIE
2001/2015
East Area
n-ToF
2001
PS
1959 (628 m)
LINAC 2
LINAC 3
Ions
LEIR
2005 (78 m)

Physique de l’environnement

CLOUD - étudie les effets des rayons cosmiques sur la formation des nuages

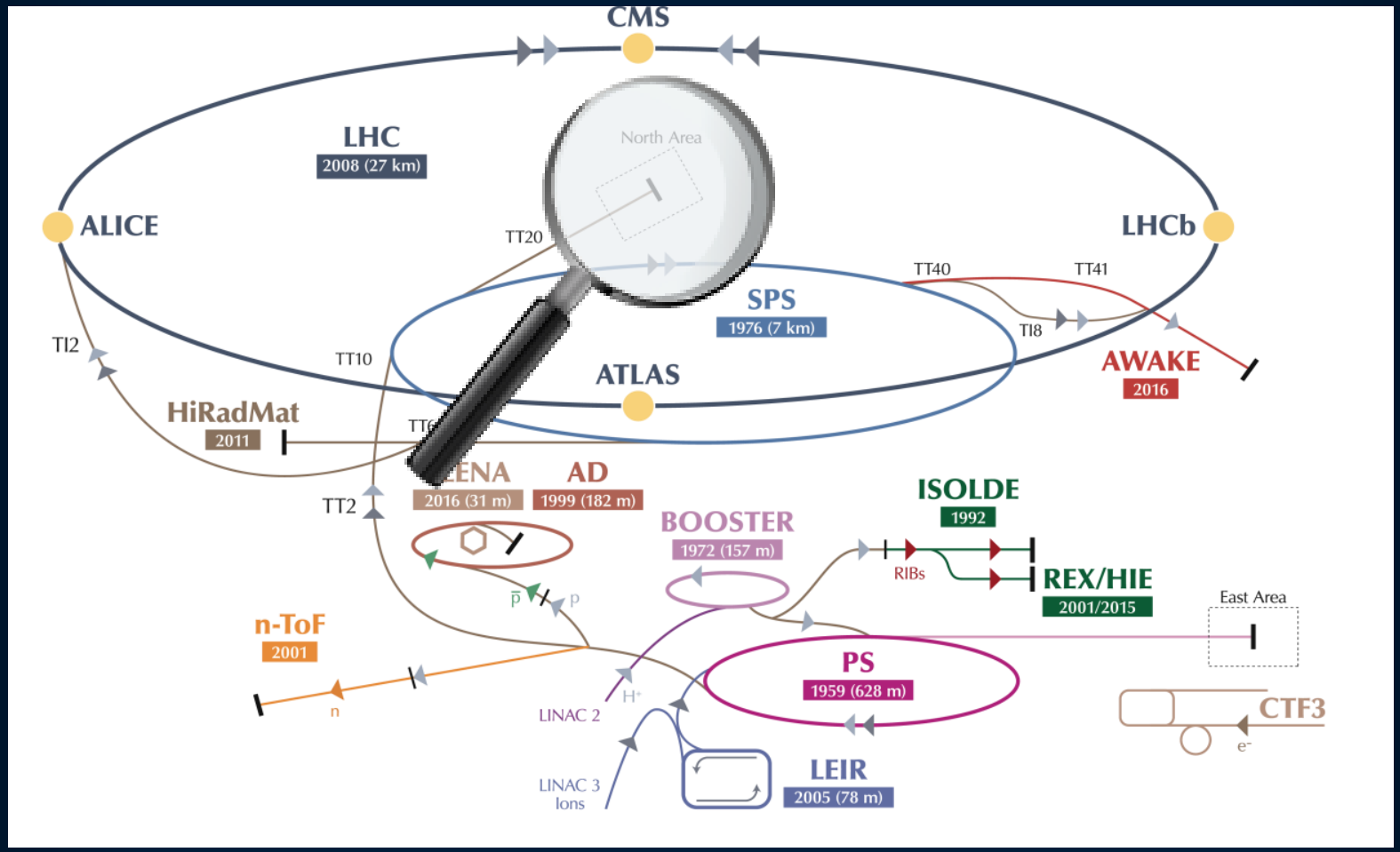
Nuages créés dans une grande chambre climatique

Étude de l'influence des aérosols naturels et créés par l'homme sur le développement des nuages, au moyen de rayons cosmiques « simulés » par un faisceau du PS

Résultat notable de CLOUD:

La formation des nuages était plus importante que ce que l'on pensait pendant l'ère pré-industrielle, et elle est influencée par les rayons cosmiques.
Ce résultat est important pour réduire les incertitudes dans les modèles climatiques actuels.

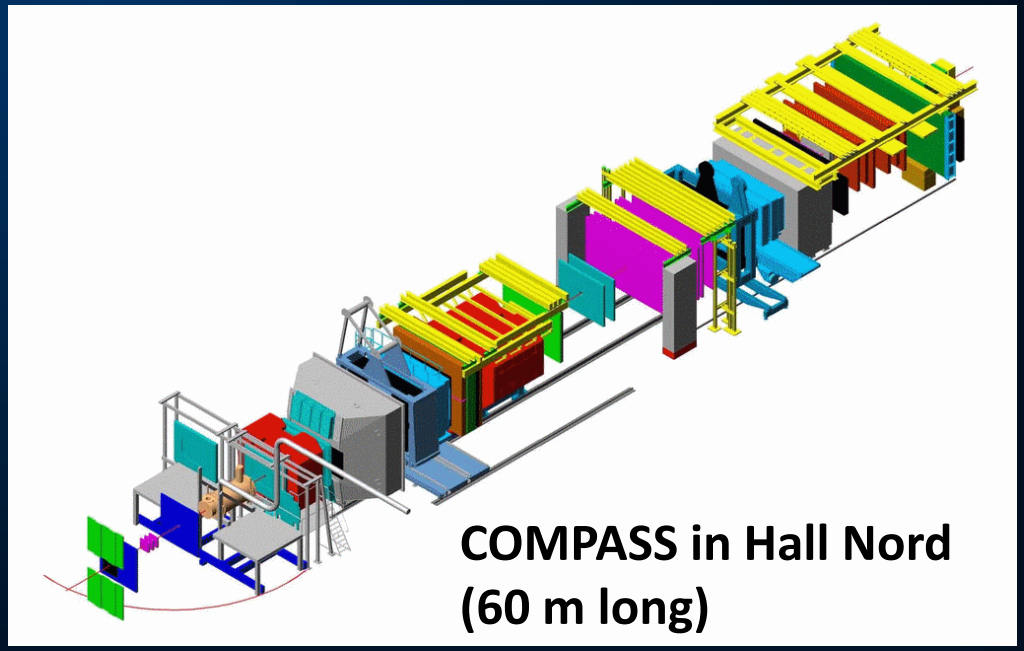
SPS Hall Nord



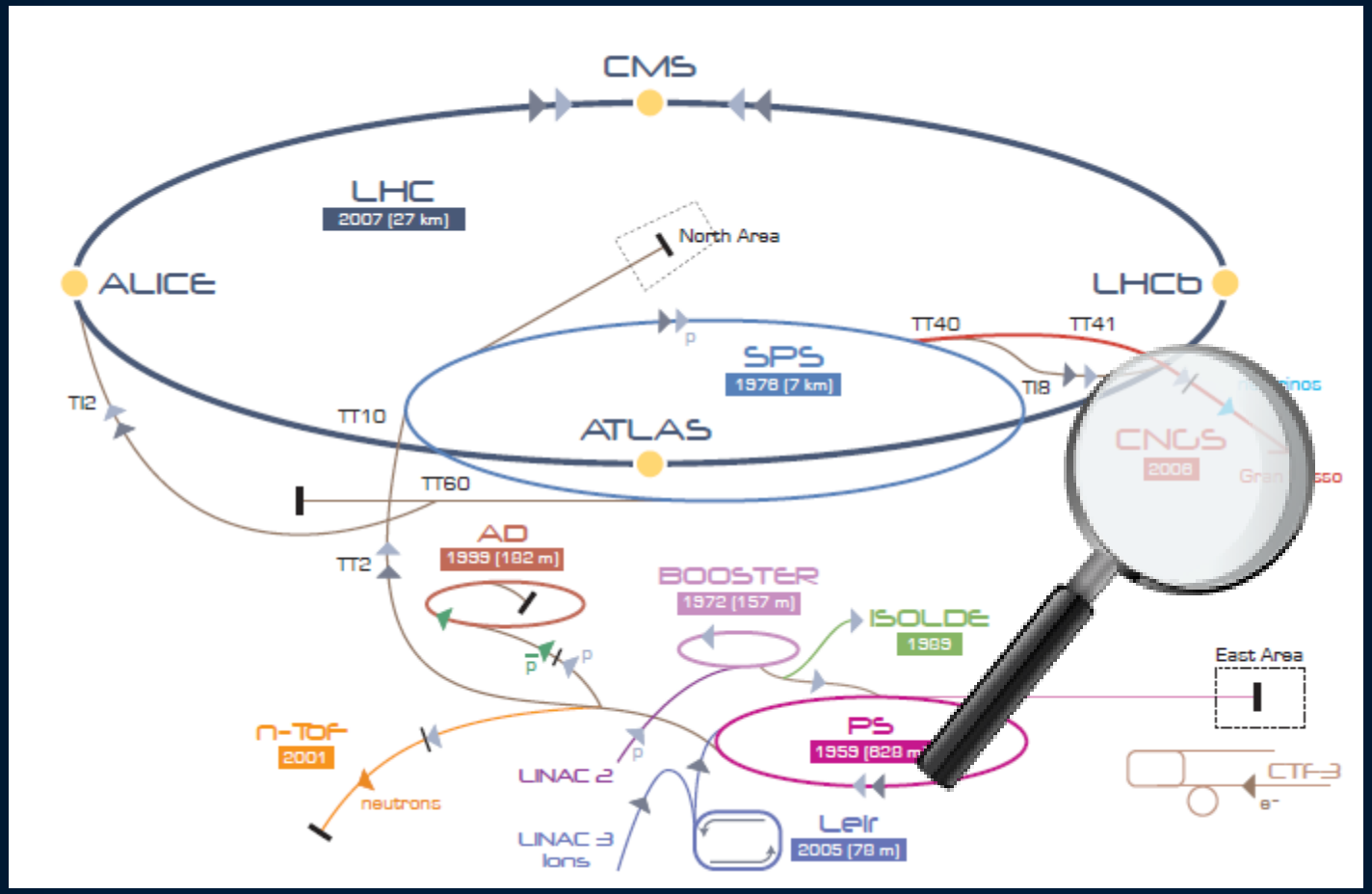
Programme de Physique avec des cibles fixes

Les expériences à plus faible énergie auprès du PS ou du SPS (dans la gamme 1-100 GeV) permettent des mesures de précision et des comparaisons avec la théorie
Les écarts peuvent être le signe d'une nouvelle physique à des énergies plus élevées

- NA58 (COMPASS): physique sur le spin des muons, spectroscopie hadronique
- NA61 (SHINE : interaction forte, plasma quarks-gluons, neutrinos et programme sur les rayons cosmiques
- NA62: désintégrations rares du K, BR($K^+ \rightarrow \pi^+\nu\nu$)
- NA63: processus électromagnétiques dans les champs cristallins élevés
- NA64: recherche de secteurs sombres dans les événements présentant de l'énergie manquante
- NA65 (DsTau) : étude de la production de ν_τ

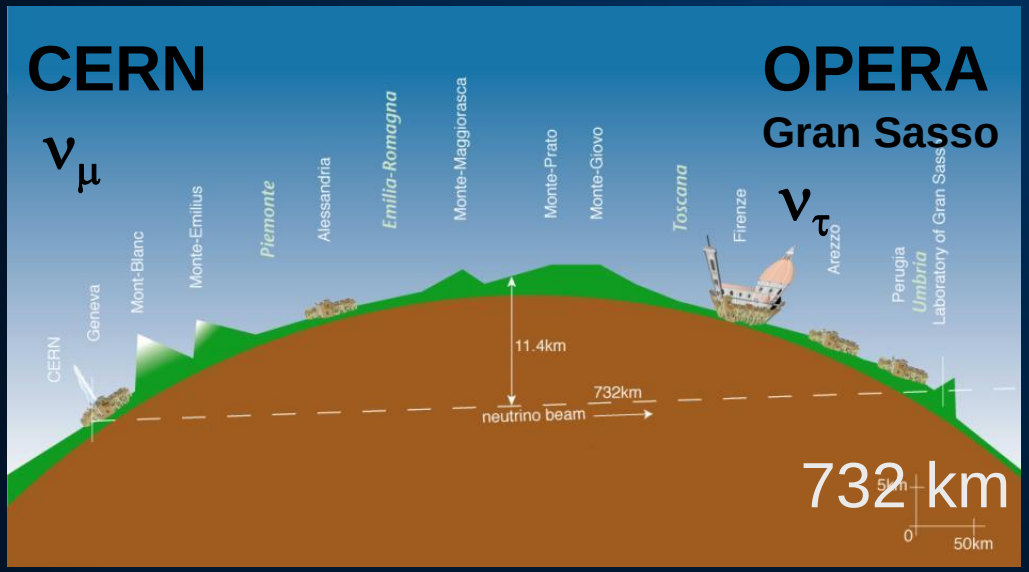


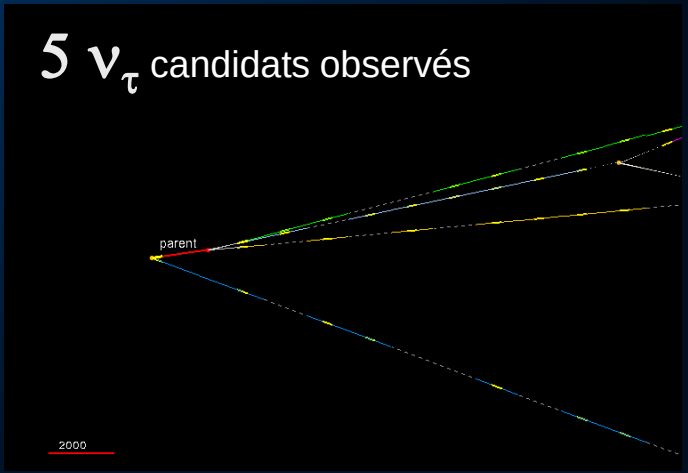
Neutrino physics



Neutrinos vers le Gran Sasso

Comme les quarks, les neutrinos existent en différentes saveurs $\nu_\mu\ \nu_\tau\ \nu_e$
Contrairement à ce qu'on croyait encore il y a ~ 15 ans, les neutrinos ont une petite masse et **leur saveur oscille** $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_\tau$ $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_e$
Faisceaux ν_μ envoyés du CERN au Gran Sasso en Italie(CNGS)
Prise de données terminées en 2012

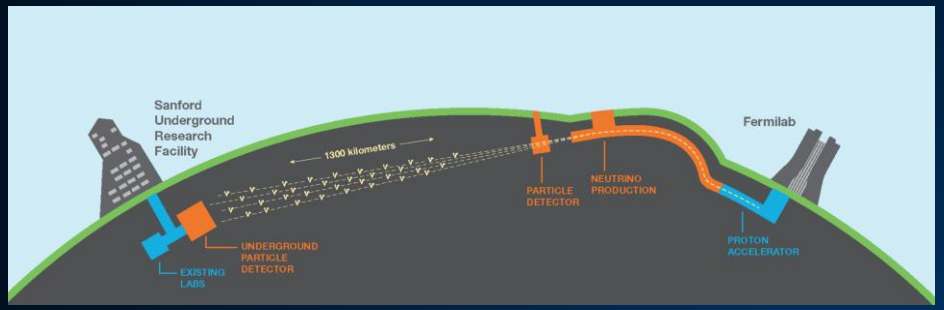


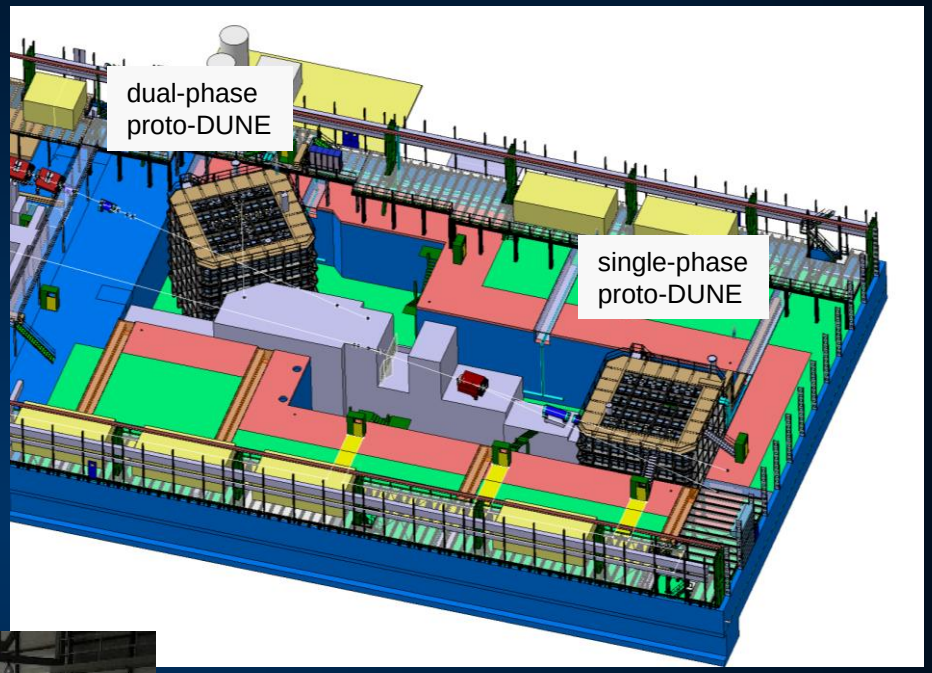


Neutrino plateforme

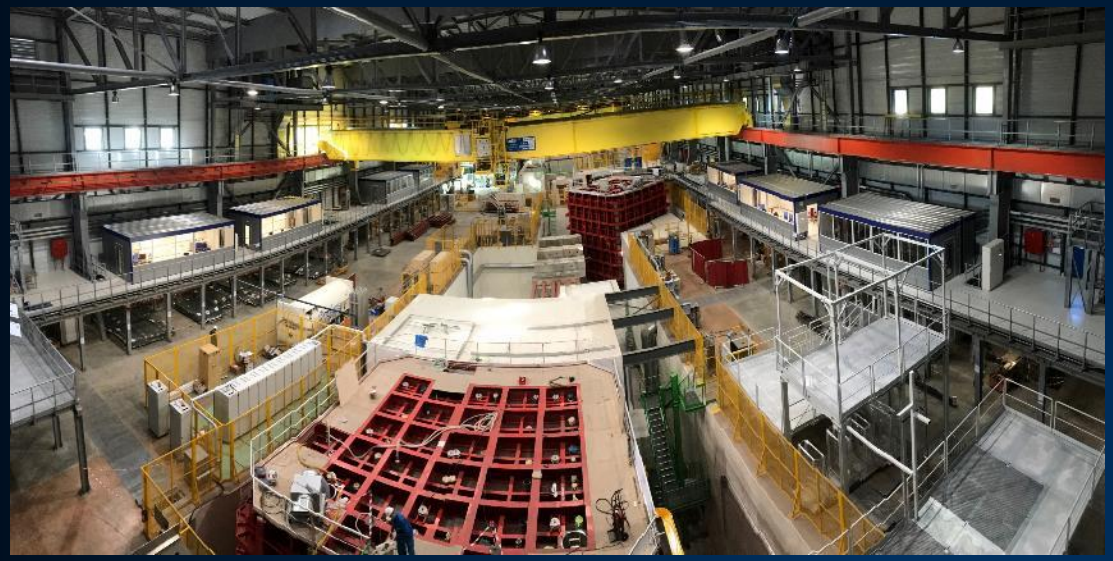
(nouvelle extension de la zone Nord du SPS)

LBNF/DUNE aux USA:





R&D pour démontre la faisabilité à grande echelle de la technologie LAr (cryostats, détecteurs,, …);
construction of cryostat for
first DUNE module; participation in construction and test of two prototypes of DUNE detector:
single and dual-phase LAr TPC, ~ 6x7x7 m^3, ~ 750 tons each

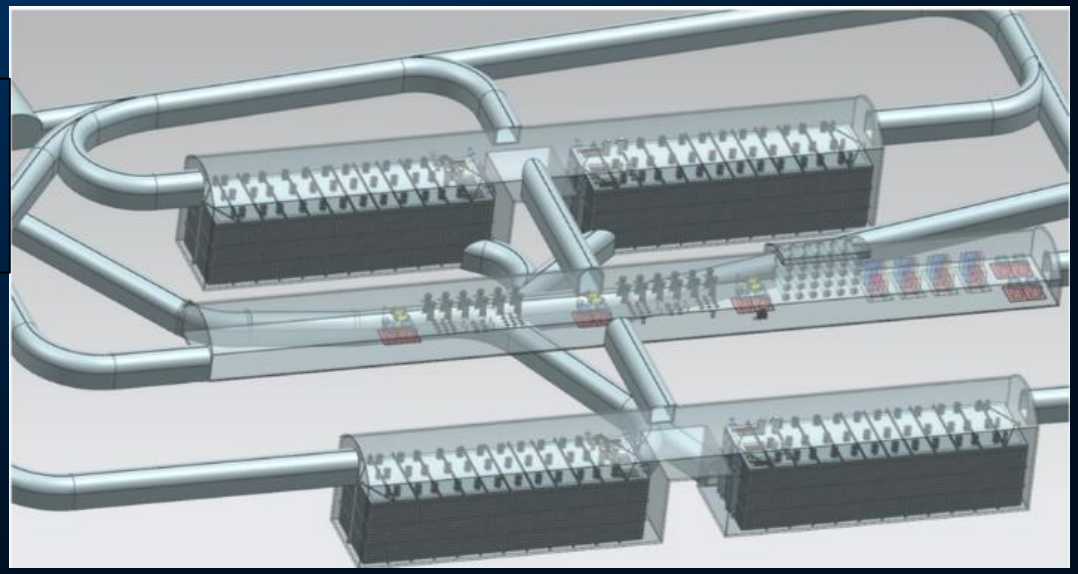


two prototypes of DUNE detector:
single and dual-phase LAr TPC,
~ 6x7x7 m^3, ~ 750 tons each

DUNE detector at the Long Baseline Neutrino Facility (LBNF):

4 x 17500 t modules

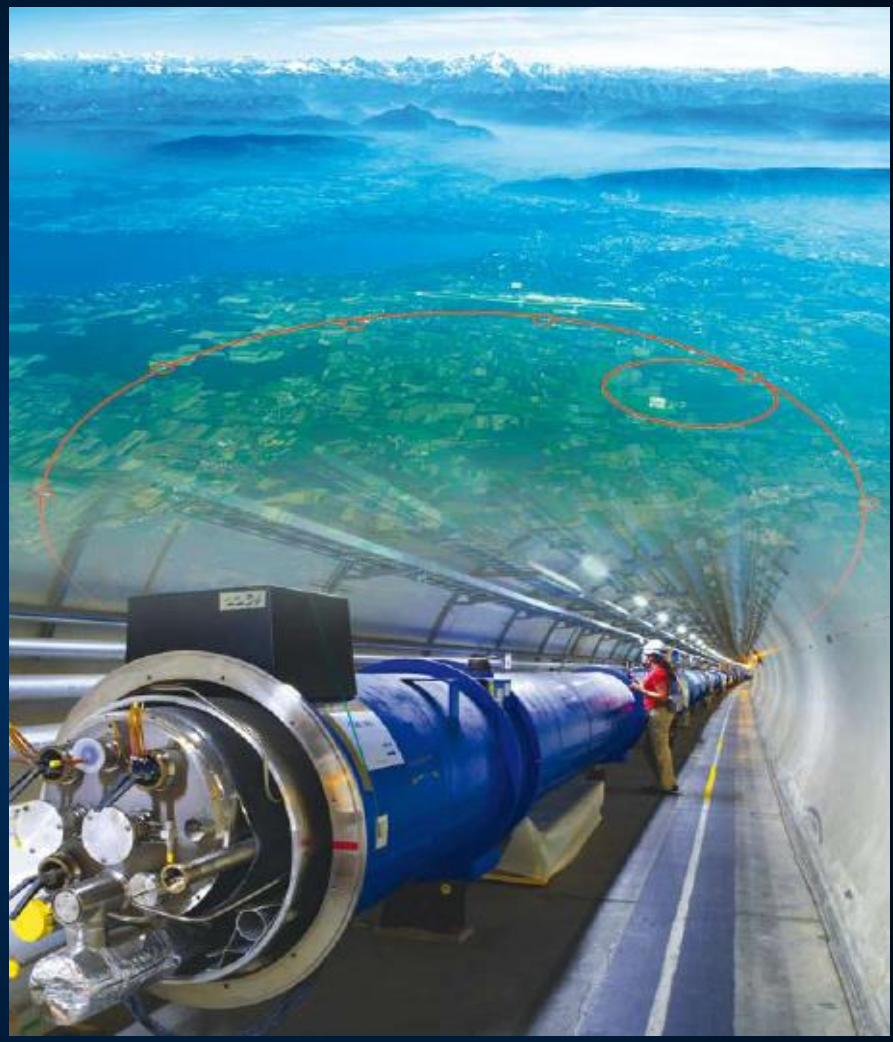
1 DUNE module:
x 20-25 proto-DUNE



Le LHC (Large Hadron Collider) ?

Un accélérateur-collisionneur: proton-proton 7 TeV – 7 TeV

1983	:	Etudes conceptuelles préliminaires
1988	:	Premiers modèles d'aimants (faisabilité)
1994	:	Approbation par le Conseil du CERN *(sous la présidence d'Hubert Curien)*
1996-1999	:	Industrialisation des productions de série
1998	:	DUP & début du génie civil
1998-2000	:	Passation des principaux marchés
2004	:	Début de l'installation dans le tunnel
2005-2007	:	Installation des aimants dans le tunnel
2007	:	Test fonctionnel du premier secteur
2008-2009	:	Fin de la mise en service et réparation
2010-2040..	:	Exploitation pour la physique



Un accélérateur de 27 km de circonférence...

LHC: les grands défis technologiques

Les spécifications de nombreux systèmes dépassaient le plus souvent l'état de l'art.

Il a fallu mener de longs programmes de R&D avec de nombreux instituts et industries du monde entier.

- Aimants supraconducteurs à champ élevé: 8.3 T (1232 aimants dipolaires de 15 m)
- Le plus grand système d'aimant supraconducteurs (~10'000 aimants)
- La plus grande installation cryogénique 1.9 K (hélium superfluide, 150 tonnes de LHe pour refroidir 37'000 tonnes)
- Ultra-vide cryogénique pour les faisceaux de particules (10^{-13} atm, 10 fois plus faible que sur la lune)
- Des forts courants électriques contrôlés avec une grande précision (jusqu'à 13 kA)
- Une très grande précision pour les convertisseurs de puissance (niveau du ppm)
- Un système de protection ultra-fiable pour les aimants et les équipements (énergies stockées: magnétique > 10 GJ, dans les faisceaux >700 MJ)

Défi: gestion des énergies stockées

Energie magnétique stockée dans les aimants: 11.3 GJoule

Energie stockée dans les faisceaux: 720 MJ *[6 10^{14} protons (1 ng of H+) à 7 TeV]*

700 MJoule qui doivent être déchargés en 88 μs

(27 km à la vitesse de la lumière)

$700.10^6 / 88.10^6 \cong 8$ TW

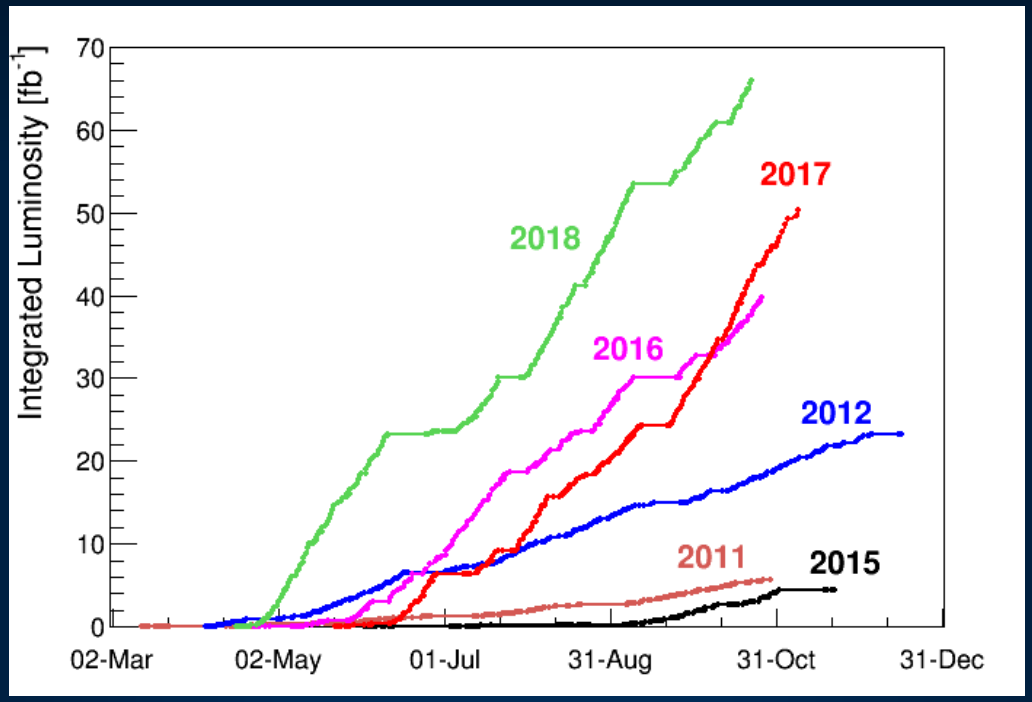
Puissance électrique mondiale installée ≅ 3.8 TW

90 kg de TNT par faisceau

LHC : Phase de production de collisions

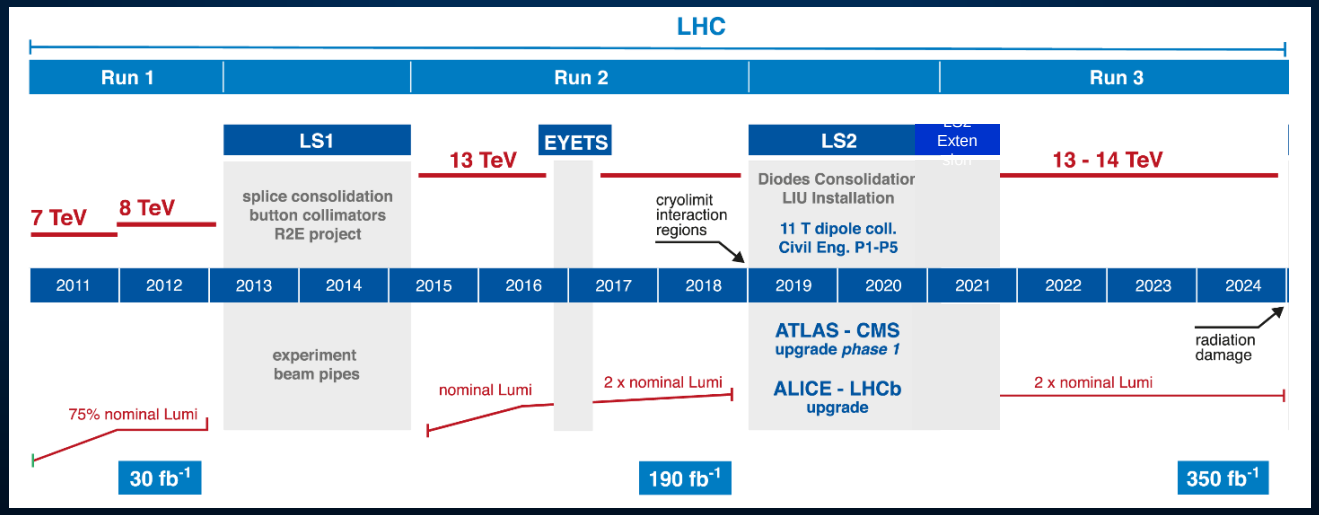
Run 1
2010
to
2012

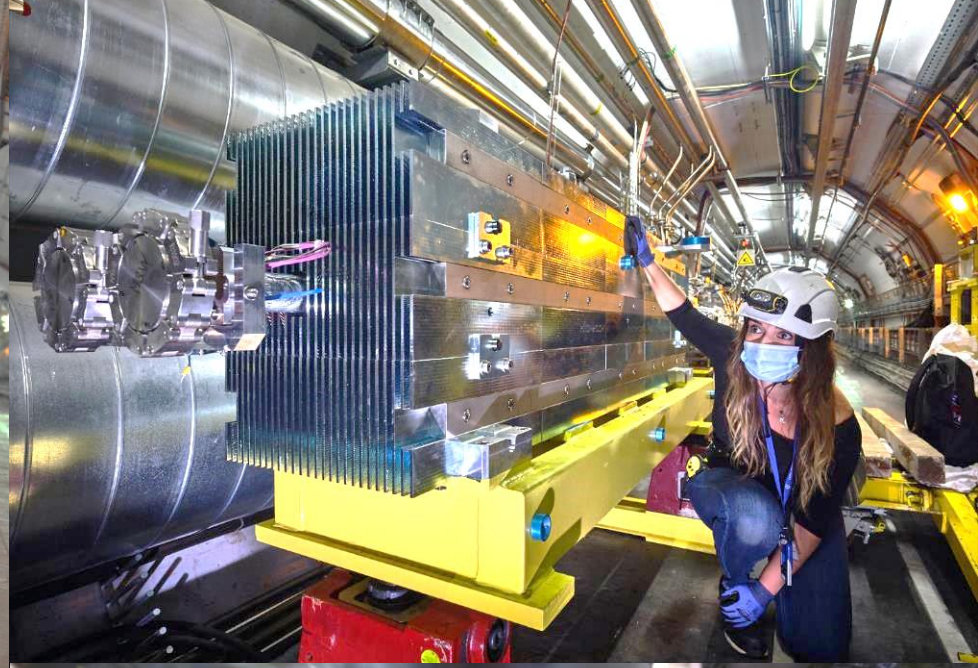
à 7 et 8 TeV



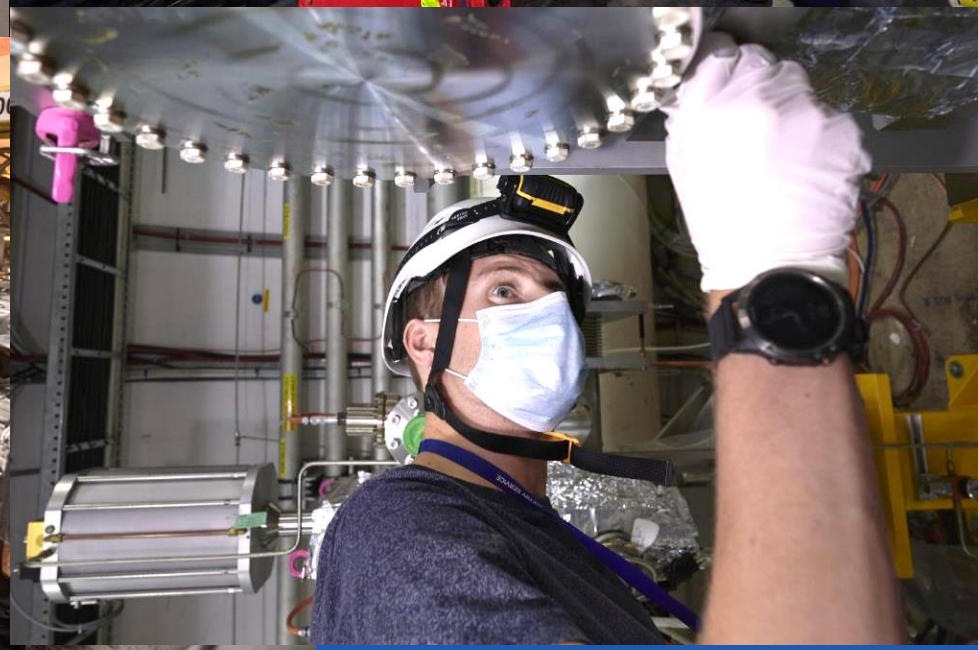
Run 2
2015
to
2018

à 13 TeV



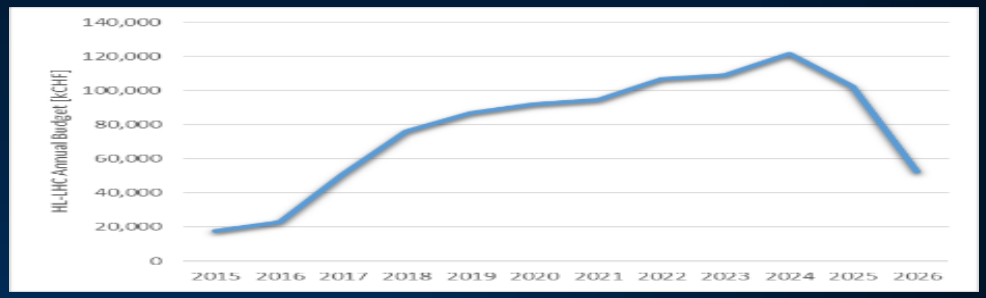


TARE WEIGHT: 27kg
R-2765
SWL 50

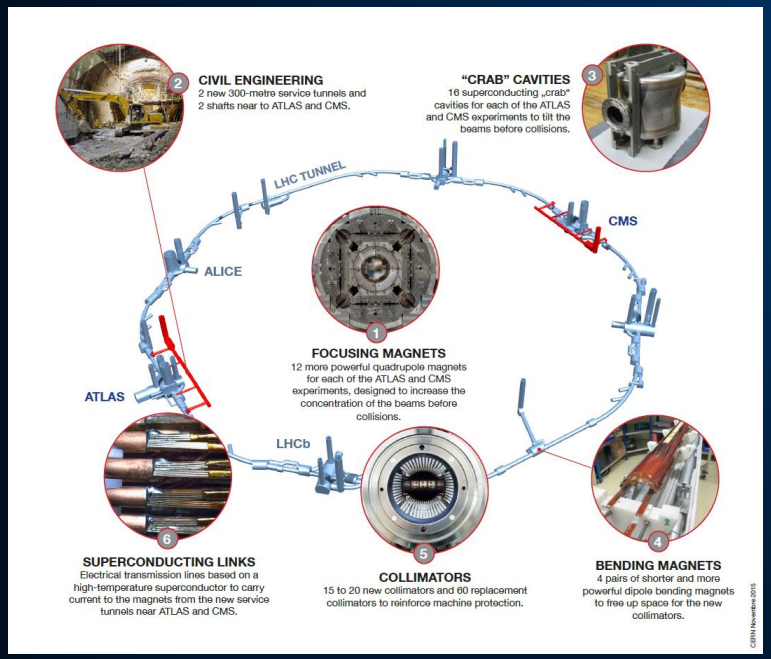


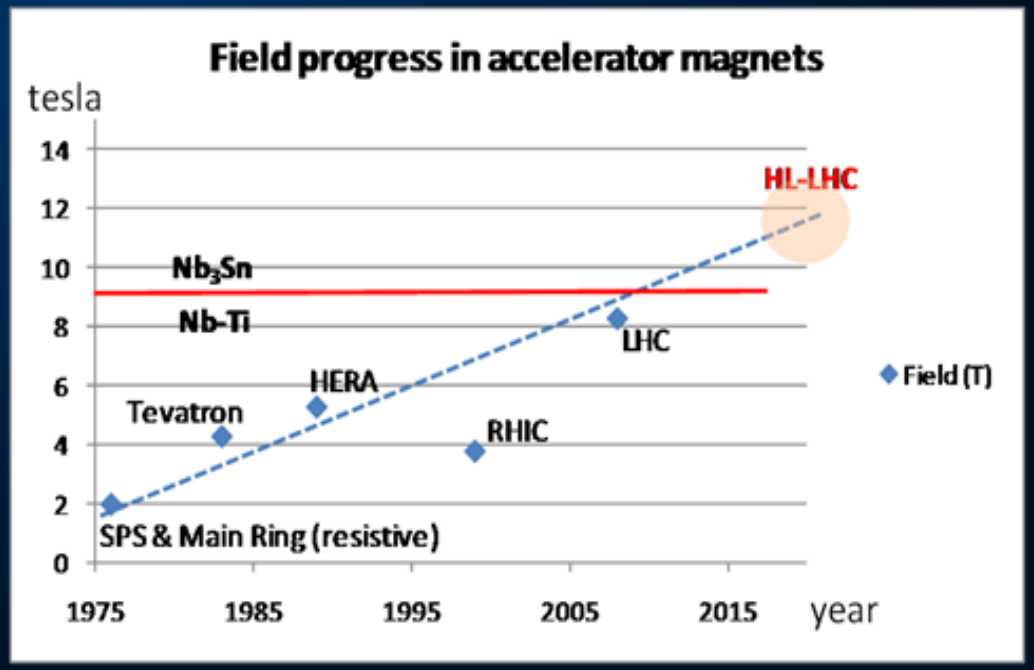
Projet LHC Haute Luminosité: approbation par le Conseil du CERN (Juin 2016)

Coût : 980 MCHF

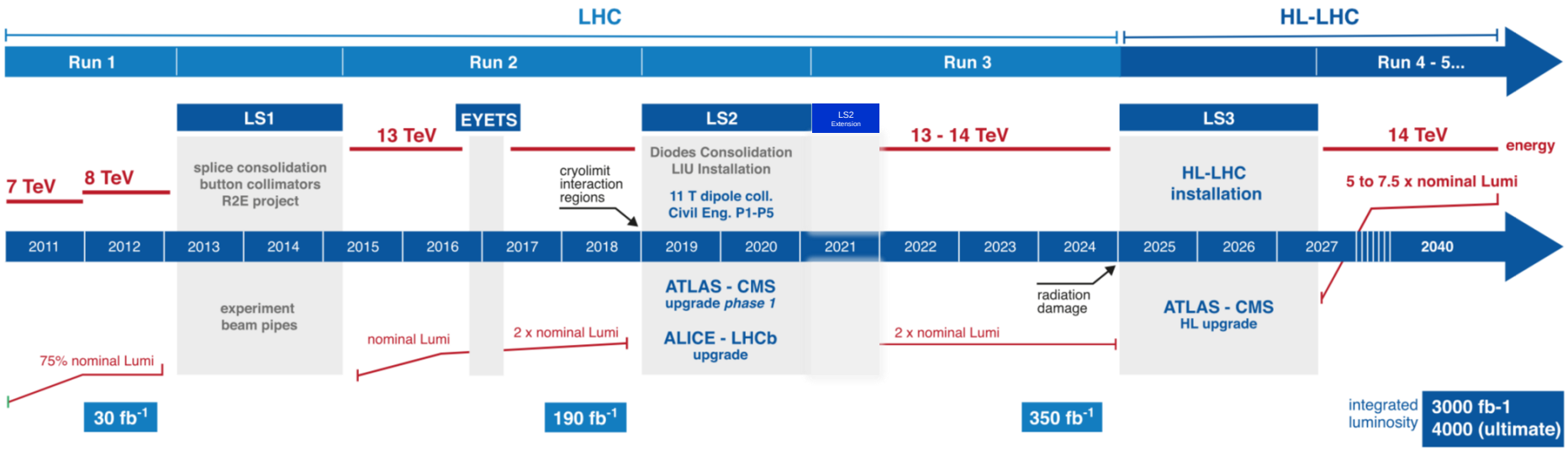


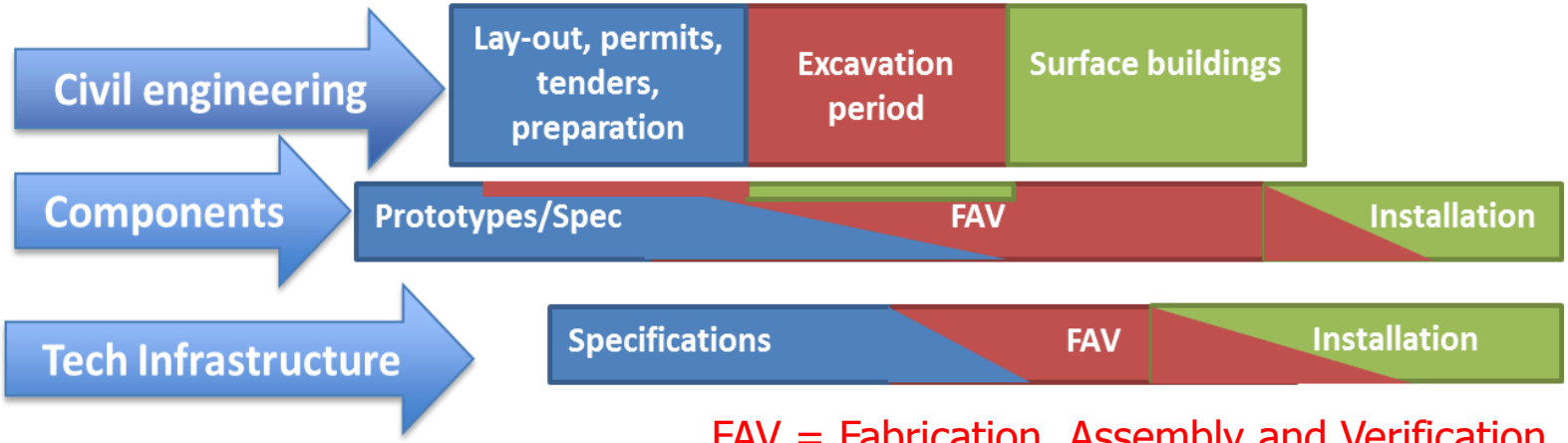
1,2 km de nouvelles technologies





LHC / HL-LHC Plan





FAV = Fabrication, Assembly and Verification

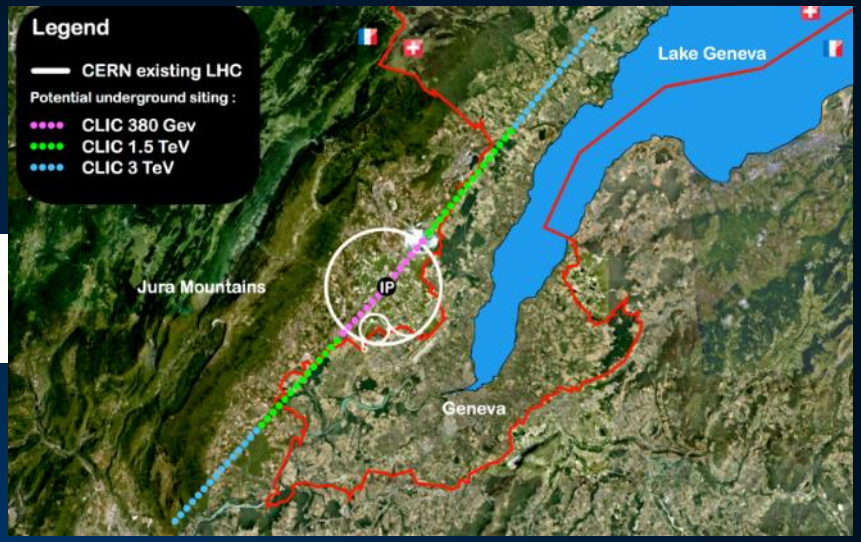
https://project-hl-lhc-industry.web.cern.ch

Post LHC accelerator studies

Compact Linear Collider (CLIC)

Linear e^+e^- collider $\sqrt{s}$ up to 3 TeV

100 MV/m accelerating gradient needed for compact (~50 km) machine
→ based on normal-conducting accelerating structures and a two-beam acceleration scheme

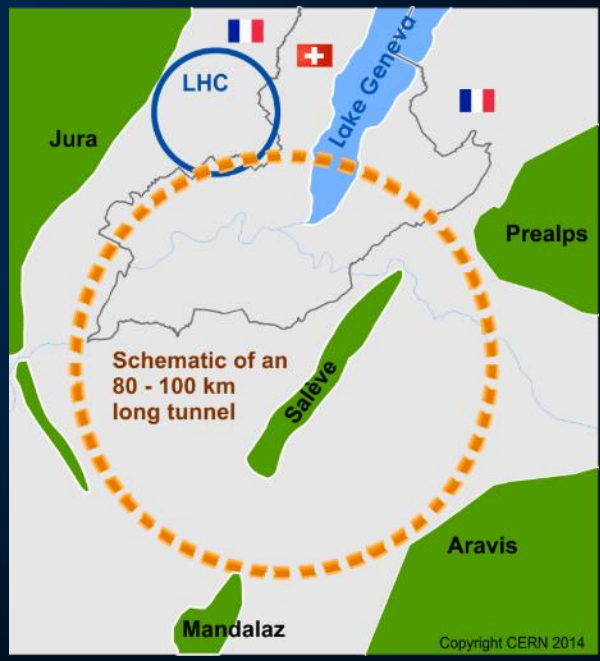


Future Circular Collider (FCC)

hh-collider (FCC-hh)
80-100 km tunnel infrastructure in Geneva area,

~16 T ⇒ 100 TeV *pp* in 100 km

- e+e- collider (FCC-ee) as 1st step



« La fonction la plus élémentaire de l'être humain, c'est de créer de l'avenir » Paul Valéry

Merci de votre attention!

Accélérateur des Sciences et de l'Innovation