



Journées prospectives In2p3/Irfu
2-5 avril 2012 Giens

Synthèse GT 1 et 2

Modèle standard et au delà



PLAN



Les questions de physique

les recommandations

les moyens

les effectifs



LA PHYSIQUE



**questions de physique fondamentale abordées par les
GT 1 & 2 rappelées dans les 3 présentations précédentes**

brisure de la symétrie électrofaible

stabilité de l'échelle électrofaible et naturalité

unitarité du modèle standard

questions connexes

unification des interactions

saveurs lourdes (GT3), neutrinos (GT4)

matière noire (GT6)

gravitation (GT5)



LA PHYSIQUE



contexte hiver 2012

- **mesures de précisions** (masse W, masse top, ...)

- **pas de découverte de boson de Higgs**

indications prometteuses au LHC, confirmées par le Tevatron

- **pas de découverte de Nouvelle Physique (NP)**

quelques déviations par rapport aux prédictions ($g-2$ muon, asymétries top, ...)

contraintes sur les modèles les plus simples



LES RECOMMANDATIONS



recommandations groupe de travail 1 : modèle standard (MS)

- si un boson de Higgs (125 GeV ?) découvert

mesure de ces propriétés (masse, BR/couplages, ...) au LHC
collisionneur e^+e^- type ILC pour des mesures plus précises

- mesure de précision des paramètres électrofaibles (masse quark top et boson W)

→ LHC et HL-LHC

collisionneur e^+e^- type ILC pour des mesures plus précises

couplages trilinéaires et quadrilinéaires des bosons de jauge → LHC et HL-LHC

- si aucun boson de Higgs découvert

brisure symétrie électrofaible ? unitarité du MS ?

étude de la diffusion de boson de jauge à haute énergie (100 fb^{-1}) → HL et/ou HE-LHC



LES RECOMMANDATIONS



recommandations groupe de travail 2 : au delà du modèle standard

- un boson de Higgs (125 GeV ?) et pas de NP

mesure de ces propriétés (masse, BF, couplages, ...) au LHC

collisionneur e^+e^- type ILC pour des mesures plus précises (autocouplage)

stabilité échelle électrofaible (stabilité masse Higgs) ? → HE-LHC

matière noire ?

- un boson de Higgs + NP

pour Higgs : recommandations similaires à celles du dessus

pour NP : HL-LHC ou HE-LHC suivant les propriétés NP

collisionneur e^+e^- , \sqrt{s} dépendant de la gamme de masse de NP (ILC/CLIC)

- pas de boson de Higgs mais NP

HL-LHC ou HE-LHC suivant les propriétés NP

collisionneur e^+e^- , \sqrt{s} dépendant de la gamme de masse de NP (ILC/CLIC)

brisure symétrie électrofaible ?

ILC pour Higgs invisible ?
matière noire ?

- ni boson de Higgs ni NP

brisure symétrie électrofaible ? unitarité du MS ? → HL-LHC et/ou HE-LHC



LES MOYENS



- **assurer le support aux expériences pour LHC 14 TeV**
- **envisager un collisionneur e^+e^- si boson de Higgs léger (125 GeV)**
ILC 500 GeV (LEP3 ? voir backup)
- **envisager collisionneur e^+e^- avec \sqrt{s} à définir suivant NP**
ILC (500 GeV \rightarrow 1 TeV), CLIC
- **HL-LHC et réflexion sur HE-LHC**

HL-LHC Performance Goals

Leveled peak luminosity: $L = 5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$

Virtual peak luminosity: $L > 10 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$

Integrated luminosity: 200 fb⁻¹ to 300 fb⁻¹ per year

Total integrated luminosity: ca. 3000 fb⁻¹

- coûts varient selon les différentes options possible sur les cavités, aimants et collimateurs (MD cette année)

estimation 200 à 500 MCHF



HE-LHC Performance Goals



	LHC	HE-LHC
beam energy [TeV]	7	16.5
dipole field [T]	8.33	20
dipole coil aperture [mm]	56	40
#bunches	2808	1404
IP beta function [m]	0.55	1 (x), 0.43 (y)
number of IPs	3	2
beam current [A]	0.584	0.328
SR power per ring [kW]	3.6	65.7
arc SR heat load dW/ds [W/m/ap]	0.21	2.8
peak luminosity [10^{34} cm ⁻² s ⁻¹]	1.0	2.0
events per crossing	19	76

cost (source E. Todesco EuCard meeting 2011) :

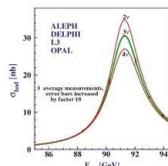
3.8 M\$ (4.6 including manufacturing) M\$ of conductor-like magnet (15 m)

1200 dipoles → 5500 M\$ (5 x LHC for 2.5 times the field)

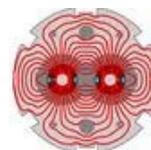
time line of CERN HEP projects



LEP Constr. Physics Upgr.



LHC Design, R&D Proto. Constr. Physics



HL-LHC Design, R&D Constr. Physics



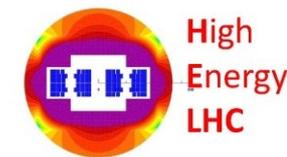
runs in parallel to HL-LHC; tight R&D schedule

LHeC Design, Constr. Physics



follows HL-LHC; R&D & protot. time < for LHC

HE-LHC Design, R&D Constr. Physics





ILC



estimation du GDE en euro 2008 : 8 G\$ ou 6.2 G€ (+ 700 FTE)

construction dans les 10 prochaines années (étalée sur 10 ans) ?

part de la France = 5% -> 31.4 M€ par an pour la machine (sur les TGE)
40 physiciens + 20 étudiants/postdoc FTE sur 10 ans : 8 M€ (CNRS+CEA)

R&D - large choix possible pour la France: calorimétrie hadronique et électro-magnétique, TPC, détecteur de vertex, aimant

- 35 M€ sur 10 ans, R&D très largement avancée

- les 10 années à venir dominées par les coûts de construction

prévoir achat matières premières (acier, tungstène, supra) en début de période pour stabiliser le coût final

- coût final/R&D très dépendant des sous-détecteurs



LES EFFECTIFS

	Permanents	Doctorants	Post-doctorants
CPPM	6 (4)	5	
IPHC	10(5)	2	1
IPNL	6	3	
LAL	13(4)	< 4 >	
LAPP	7(3)	< 3 >	
LLR	5(5)		
LPC	NC	NC	NC
LPNHE	2	1	1
LPSC	6	4	1
SPP	19(3)	< 6 >	2
Total	74(24)	< 28 >	5

**sondage 2011
pour le groupe NP**

Table 2: Panorama 2011 du nombres d'experimentateurs travaillant sur des sujets dits au delà du modèle standard. Les chiffres entre <> représentent une valeur moyenne. Les nombres entre parenthèses indiquent les nombres de personnes impliquées dans une recherche de physique au delà du modèle standard étant également impliquées dans la construction de projet futur (SLHC, ILC/CLIC). NC indique que les chiffres n'ont pas encore été communiqué au moment de la finalisation de ce document.



LES EFFECTIFS



- **mobilité thématique des permanents: attendue (nécessaire) si découverte**

analyses de physique SM → BSM

analyses de physique → R&D détecteurs

- **embauche de permanents en renfort pour mener tous les travaux**

analyses/maintenance/travaux d'intérêt général dans les expériences/R&D

- **étudiants et post-doctorants**

conserver visibilité/excellence/attractivité si découverte

→ nécessité de réactivité forte

financement souvent long (~> 1 an) à obtenir, voire aléatoire, via guichets actuels

→ rolling grant à la française ?



CONCLUSIONS



**les choix/recommandations peuvent être controversés
et discutés lors de ces journées de prospectives**

un très grand remerciement aux rédacteurs des documents

pour les GT 1 et 2 ces prospectives réalisées en 2011/2012 viennent O(6 mois) trop tôt
i.e. résultats LHC importants attendus fin 2012 début 2013



BACKUP



auteurs et **coordinateurs** des groupes



GT 1 (MS)

Gregorio Bernardi, **Nathalie Besson**, Daniel Bloch, Marteen Boonekamp, Roberto Chierici, Lucia Di Ciaccio, Yann Coadou, Frédéric Déliot, Abdelhak Djouadi, Anne Isabelle Etienvre, Jean Louis Faure, Serguei Ganjour, Philippe Gras, **Julie Malclès**, Gautier Hamel de Montchenault, Samira Hassani, Marc Knecht, Arnaud Lucotte, Christophe Ochando, Lydia Roos, Jérôme Schwindling, Viatcheslav Sharry, **Mossadek Talby**, **Patrice Verdier**

GT 2 (BSM)

Florian Beaudette, **Marc Besançon**, Fawzi Boudjema, **Vincent Boudry**, Philippe Brax, Laurent Chevalier, Paul Colas, Fabrice Couderc, Emilian Dudas, Jacques Dumarchez, Adam Falkowski, Pierre François Giraud, Christophe Grojean, Corinne Goy, Claude Guyot, Sabine Kraml, Elias Kiritsis, Grégory Moreau, Stéphane Lavignac, Fabienne Ledroit, Arnaud Lucotte, Emmanuelle Perez, Isabelle Ripp Baudot, Alexandre Rozanov, Emmanuel Sauvan, Yves Sirois, Maxim Titov, Patrice Verdier, Dirk Zerwas, **Zhiqing Zhang**

secteur de jauge

boson W : mesures de (M_W , Γ_W)
boson Z : mesures de (M_Z , Γ_Z , σ_{had}^0 , R_l^0)
production multiple de boson de jauge
diffusion des bosons de jauge

secteur des fermions

quark top : mesures section efficace
mesures asymétriques et propriétés
production de nouvelles particules
leptons μ (g-2) et τ (polarisation)

brisure de la symétrie électrofaible (EW)

unitarité du modèle standard (MS) ?

boson de Higgs (BEGHK)

groupe de travail 1

modèle standard : mesure de précision et brisure de symétrie électrofaible

secteur de jauge

boson W : mesures de (M_W, Γ_W)
boson Z : mesures de $(M_Z, \Gamma_Z, \sigma_{\text{had}}^o, R_l^o)$
production multiple de boson de jauge
diffusion des bosons de jauge

secteur des fermions

quark top : mesures section efficace
mesures asymétriques et propriétés
production de nouvelles particules
leptons μ (g-2) et τ (polarisation)

brisure de la symétrie électrofaible (EW)

unitarité du modèle standard (MS) ?

boson de Higgs (BEGHK)

groupe de travail 1

modèle standard : mesure de précision et brisure de symétrie électrofaible

groupe de travail 2

au delà du modèle standard

brisure de la symétrie électrofaible (EW)

unitarité du modèle standard (MS) ?

boson de Higgs (BEGHK)

découvert au LHC

boson de Higgs du MS ou exotique ?

pas découvert au LHC

Higgs +

Higgs et rien d'autre ?

nouvelle(s) particule(s)
nouveaux phénomènes ?

nouvelle(s) particule(s)
nouveaux phénomènes ?

rien ?

stabilité de sa masse ?
stabilité échelle EW ?

candidat matière noire ?

supersymétrie
modèles composites
technicouleur
extra dimensions
autre

secteur de jauge

boson W : mesures de (M_W , Γ_W)
boson Z : mesures de (M_Z , Γ_Z , σ_{had}^o , R_l^o)
production multiple de boson de jauge
diffusion des bosons de jauge

secteur des fermions

quark top : mesures section efficace
mesures asymétries et propriétés
production de nouvelles particules
leptons μ (g-2) et τ (polarisation)

brisure de la symétrie électrofaible (EW)

unitarité du modèle standard (MS) ?

boson de Higgs (BEGHK)

découvert au LHC

boson de Higgs du MS ou exotique ?

pas découvert au LHC

Higgs +

Higgs et rien d'autre ?

nouvelle(s) particule(s)
nouveaux phénomènes ?

nouvelle(s) particule(s)
nouveaux phénomènes ?

rien ?

stabilité de sa masse ?
stabilité échelle EW ?

candidat matière noire ?

supersymétrie
modèles composites
technicouleur
extra dimensions
autre

secteur de jauge

secteur des fermions

boson W : mesures de (M_W, Γ_W)
boson Z : mesures de $(M_Z, \Gamma_Z, \sigma_{\text{had}}^o, R_l^o)$
production multiple de boson de jauge

quark top : mesures section efficace
mesures asymétriques et propriétés
production de nouvelles particules
leptons μ (g-2) et τ (polarisation)

diffusion des bosons de jauge

brisure de la symétrie électrofaible (EW)

unitarité du modèle standard (MS) ?

boson de Higgs (BEGHK)

découvert au LHC

boson de Higgs du MS ou exotique ?

pas découvert au LHC

Higgs +

Higgs et rien d'autre ?

nouvelle(s) particule(s)
nouveaux phénomènes ?

nouvelle(s) particule(s)
nouveaux phénomènes ?

rien ?

stabilité de sa masse ?
stabilité échelle EW ?

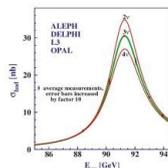
candidat matière noire ?

supersymétrie
modèles composites
technicouleur
extra dimensions
autre

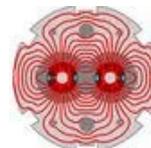
time line of CERN HEP projects



LEP Constr. Physics Upgr.



LHC Design, R&D Proto. Constr. Physics



HL-LHC Design, R&D Constr. Physics



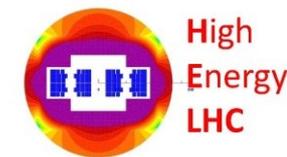
runs in parallel to HL-LHC; tight R&D schedule

LHeC Design, Constr. Physics

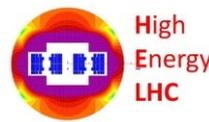


follows HL-LHC; R&D & protot. time < for LHC

HE-LHC Design, R&D Constr. Physics



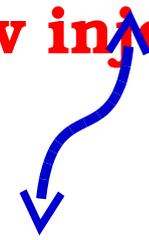
High Energy-LHC (HE-LHC) Activities



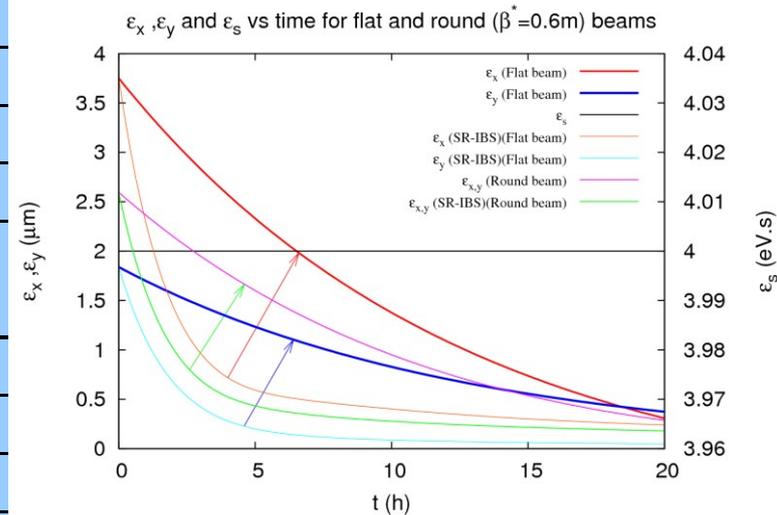
CERN working group in 2010 EuCARD AccNet workshop HE-LHC'10, 14-16 October 2010 (proceedings CERN Yellow Report 2011-3)

key topics :

beam energy 16.5 TeV; 20-T magnets, cryogenics:
synchrotron-radiation heat, radiation damping & emittance control, vacuum system: synchrotron radiation, **new injector:**
 energy > 1 TeV, parameters



	LHC	HE-LHC
beam energy [TeV]	7	16.5
dipole field [T]	8.33	20
dipole coil aperture [mm]	56	40
#bunches	2808	1404
IP beta function [m]	0.55	1 (x), 0.43 (y)
number of IPs	3	2
beam current [A]	0.584	0.328
SR power per ring [kW]	3.6	65.7
arc SR heat load dW/ds [W/m/ap]	0.21	2.8
peak luminosity [10^{34} cm ⁻² s ⁻¹]	1.0	2.0
events per crossing	19	76



O. Dominguez, F. Zimmermann

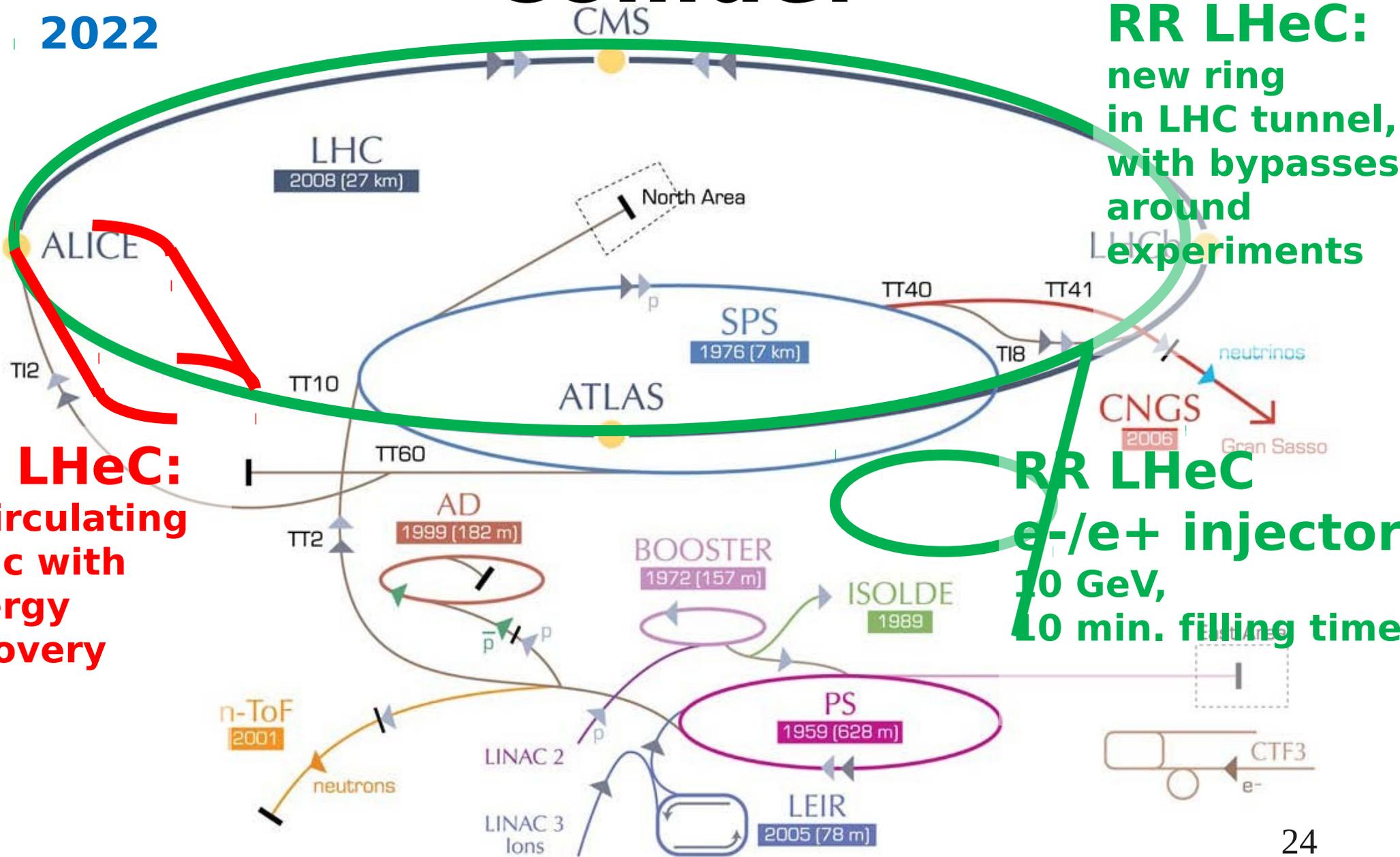
**beam dynamics:
 new easy regime**

Large Hadron electron Collider

draft LHeC CDR completed (~600 pages);
TDR by 2014

TO BE INSTALLED
2022

Collider



RR LHeC:
new ring
in LHC tunnel,
with bypasses
around
experiments

RR LHeC:
recirculating
linac with
energy
recovery

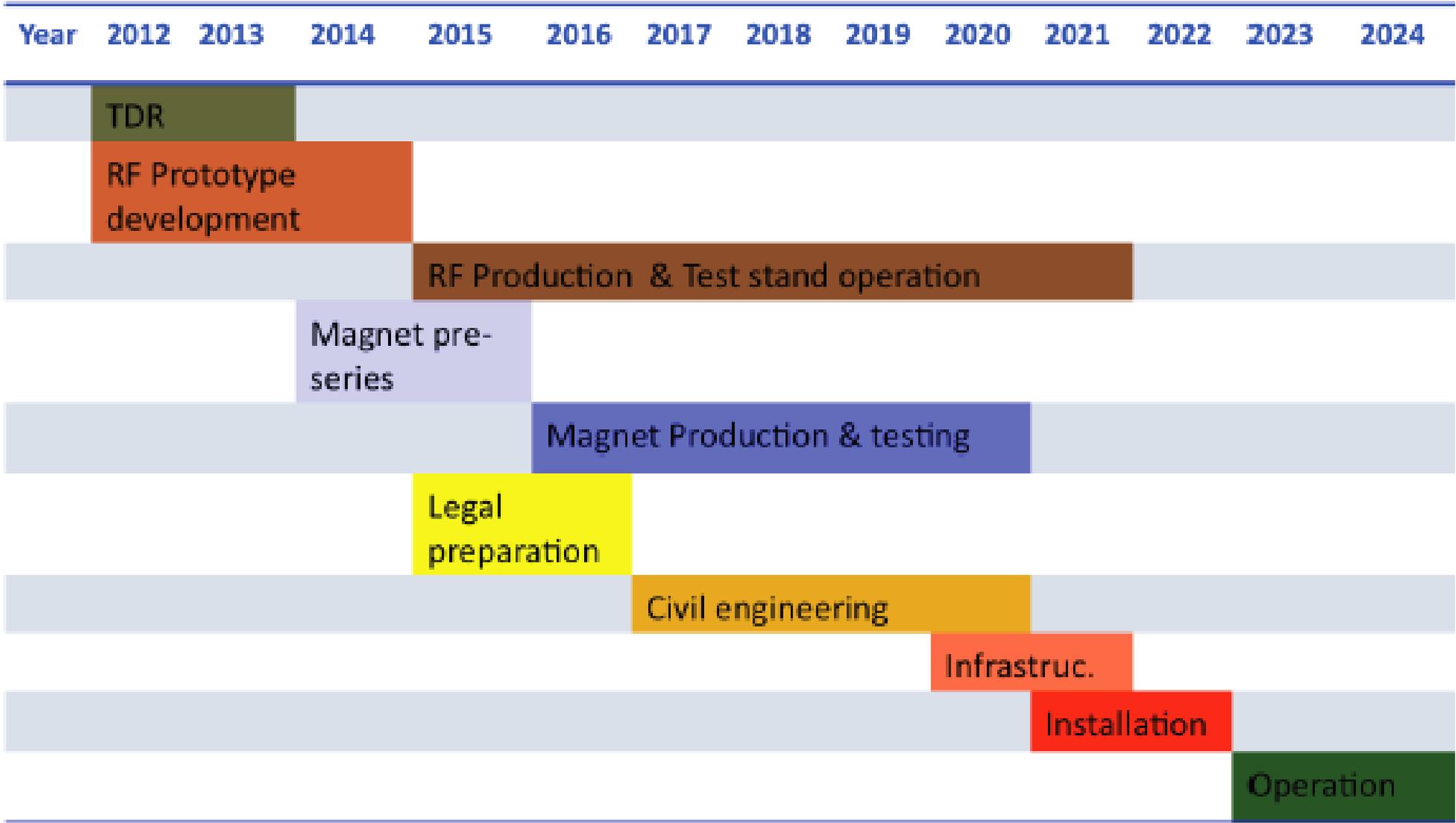
RR LHeC
 e^-/e^+ injector
10 GeV,
10 min. filling time

performance targets

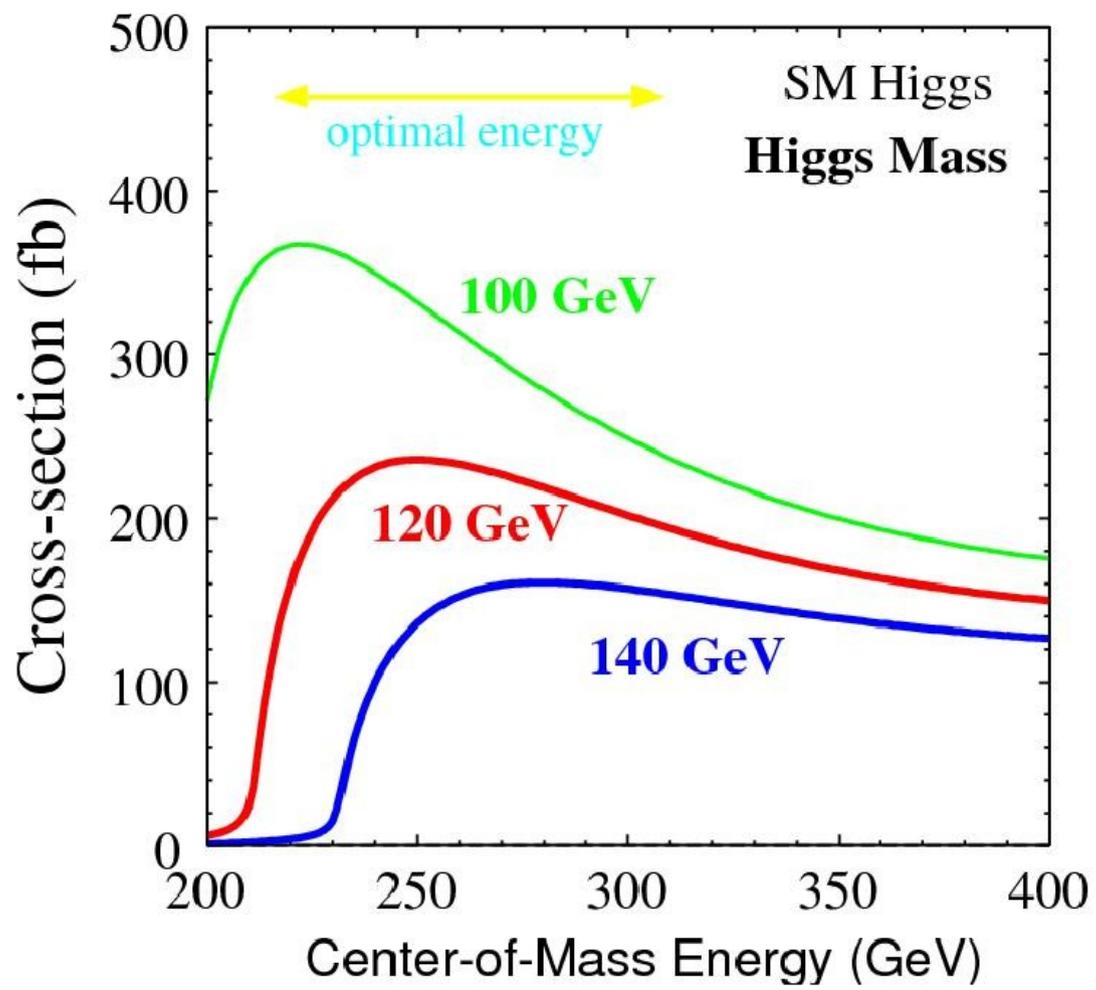


- e^- energy ≥ 60 GeV
- luminosity $\sim 10^{33}$ cm⁻² s⁻¹
- total electrical power for e^- : ≤ 100 MW
- e^+p collisions with similar luminosity
- simultaneous with LHC pp physics
- e^-/e^+ polarization
- detector acceptance down to 1°

Baseline LHeC Time Schedule



LS3 --- HL LHC



Higgs boson cross section in e^+e^- annihilation



LEP 3



	LEP [8] [9]	LHeC ring design [7]	LEP3
E_b beam energy	104.5 GeV	60 GeV	120 GeV
beam current	4 mA (4 bunches)	100 mA (2808 bunches)	7.2 mA (3 bunches)
total #e- / beam	2.3e12	5.6e13	4.0e12
horizontal emittance	48 nm	5 nm	20 nm
vertical emittance	0.25 nm	2.5 nm	0.15 nm
ρ_b dipole bending radius	3096 m	2620 m	2620 m
partition number J_ε	1.1	1.5	1.5
momentum compaction	1.85×10^{-4}	8.1×10^{-5}	8.1×10^{-5}
SR power / beam	11 MW	44 MW	50 MW
$\beta_{x,y}^*$	1.5, 0.05 m	0.18, 0.10 m	0.15 0.0012 m
rms IP beam size	270, 3.5 micron	30, 16 micron	55, 0.4 micron
hourglass loss factor	0.98	0.99	0.65
energy loss per turn	3.408 GeV	0.44 GeV	6.99 GeV
total RF voltage	3641 MV	500 MV	9000 MV
beam-beam tune shift (/IP)	0.025, 0.065	N/A	0.126, 0.130
synchrotron frequency	1.6 kHz	0.65 kHz	2.98 kHz
average acc.field	7.5 MV/m	11.9 MV/m	18 MV/m
effective RF length	485 m	42 m	505 m
RF frequency	352 MHz	721 MHz	1300 MHz
rms energy spread	0.22%	0.116%	0.232%
rms bunch length	1.61 cm	0.688 cm	0.30 cm
peak luminosity / IP	$1.25 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$	N/A	$1.33 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
number of IPs	4	1	2
beam lifetime	6.0 h	N/A	12 minutes

LEP3 Scheme arXiv:1112.2518

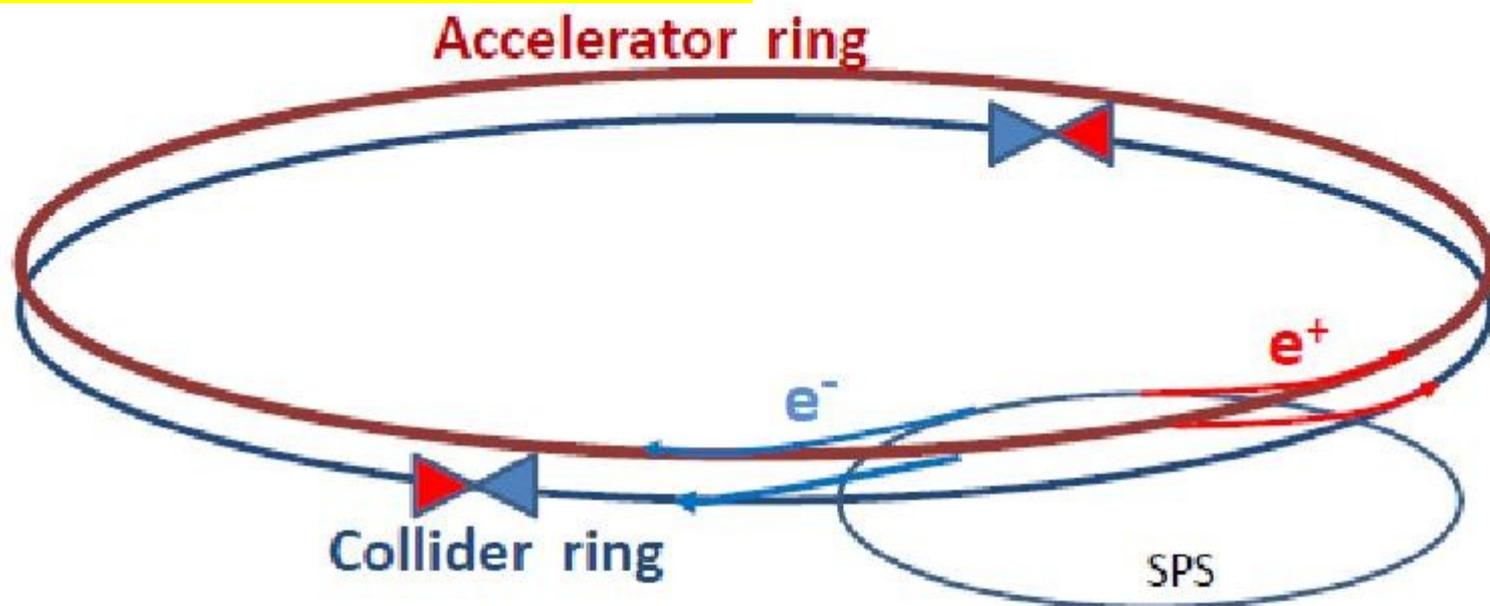


Figure 2 Possible two ring sketch for LEP3: a first ring (accelerator ring) accelerates electrons and positrons up to operating energy (120 eV) and injects them at a few minutes interval into the low emittance collider ring in which the high luminosity $10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$ interaction points are situated.