



SOLEIL

**Retour d'expériences sur un Très Grand Instrument
pluridisciplinaire:**

**Le Déroulement des Programmes Bâtiments, Sources
et **Expériences****

Un Projet de Rayonnement Synchrotron:

Une **Machine** issue de la Physique des Particules

Des « **Clients** »

multiples

issus de toutes les disciplines scientifiques

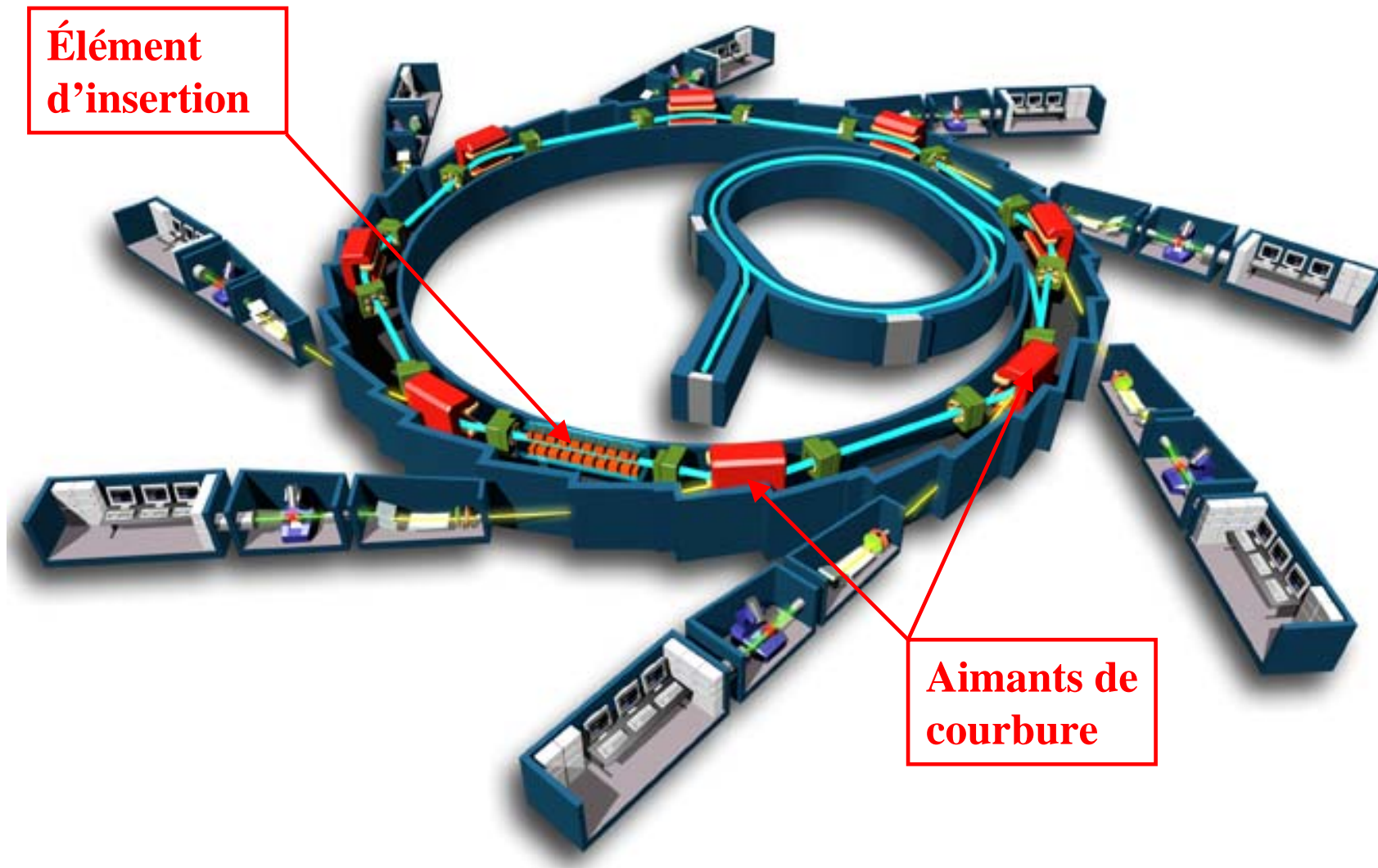
définis en cours de projet

Besoins exprimés dès 1990

Préparer la relève des installations du LURE-LAL:

LINAC (1958), DCI (1976), SuperACO (1987)

Le choix des paramètres de l'Anneau de Stockage : prévoir la diversité des sources de photons



Calendrier initial du projet SOLEIL

1996-1998 : Phase APD (JL Laclare)

11 septembre 2000 : Décision de construire SOLEIL

Un synchrotron de troisième génération :

- ? fonctionnant à 2.5 GeV
- ? pourvu de 24 lignes de lumière
- ? avec les meilleures performances possibles

2001 : Constitution de l'équipe et reprise d'APD (bâtiments et Sources), et APS des lignes de lumière, révision du budget

Phase 1 (2002 à 2005) : Construction des bâtiments, de la machine et de 10 lignes de lumière (dont 5 transférées de LURE)

Phase 2 (2006 à 2009) : Exploitation des 10 premières lignes et **construction** et mise en service de 14 autres lignes.

A partir de 2010 : Pleine exploitation des 24 lignes de lumière



Evolution du projet SOLEIL (reprise d'APD)

- **Besoin de bonnes performances à 12 keV (bio) :**
 - ⇒ **Energie des électrons : 2.50 GeV =>2.75 GeV**
 - ⇒ **Besoin de 2 cryomodules RF (600 kW)**

- **Rayonnement intense produit par onduleurs :**
 - ⇒ **modification de la maille de la machine pour avoir plus de sections droites**
 - ⇒ **21 sections droites disponibles (au lieu de 14)**
 - ⇒ **augmentation de 5% de la circonférence de l'anneau**

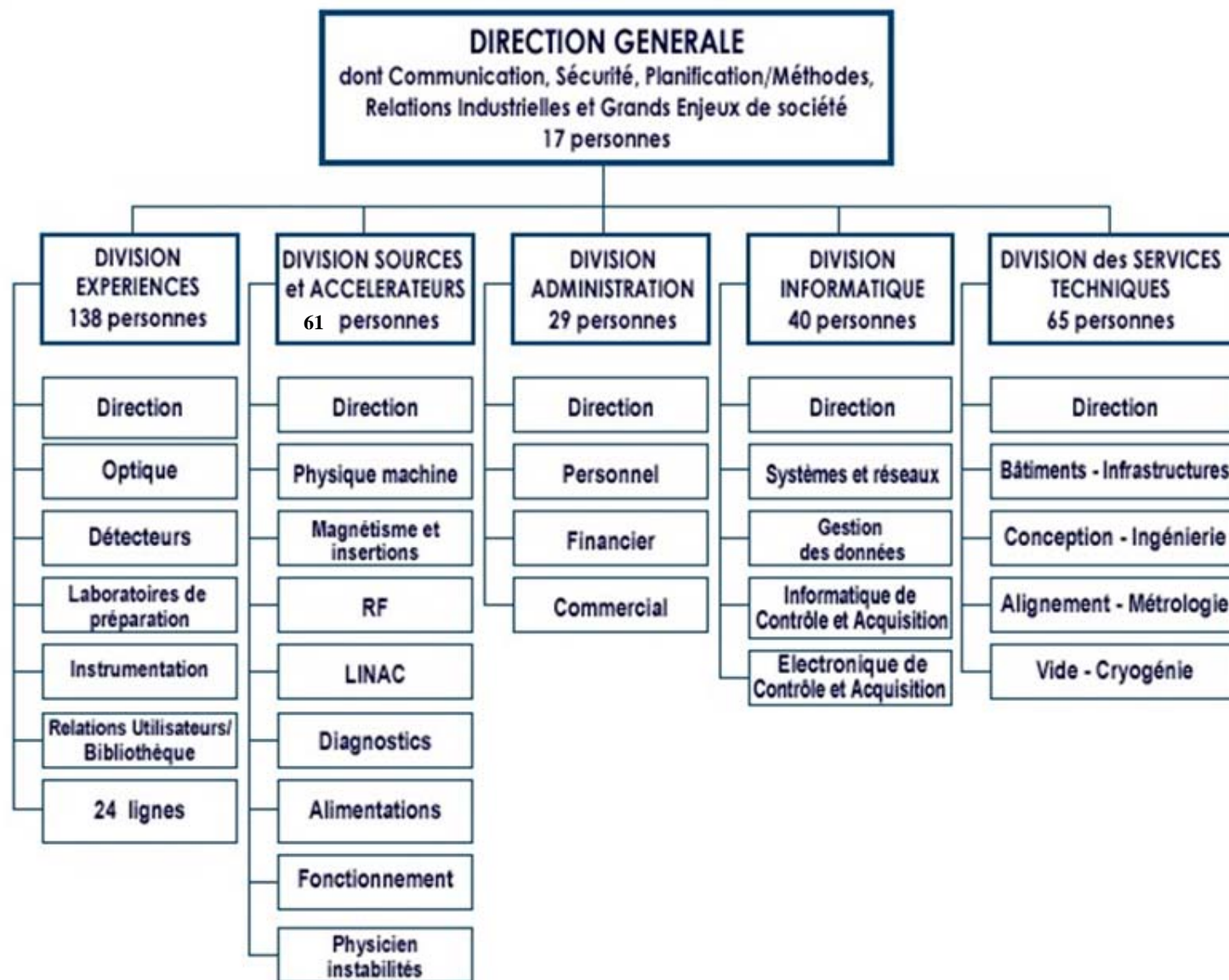
 - ⇒ **onduleurs plus sophistiqués (sous-vide, APPLE II, a-périodicité,..)**
à définir suivant les projets de lignes

- **Injection en mode Top-Up (durée de vie infinie):**
 - ⇒ **modification du Booster**
 - ⇒ **performances du Linac**

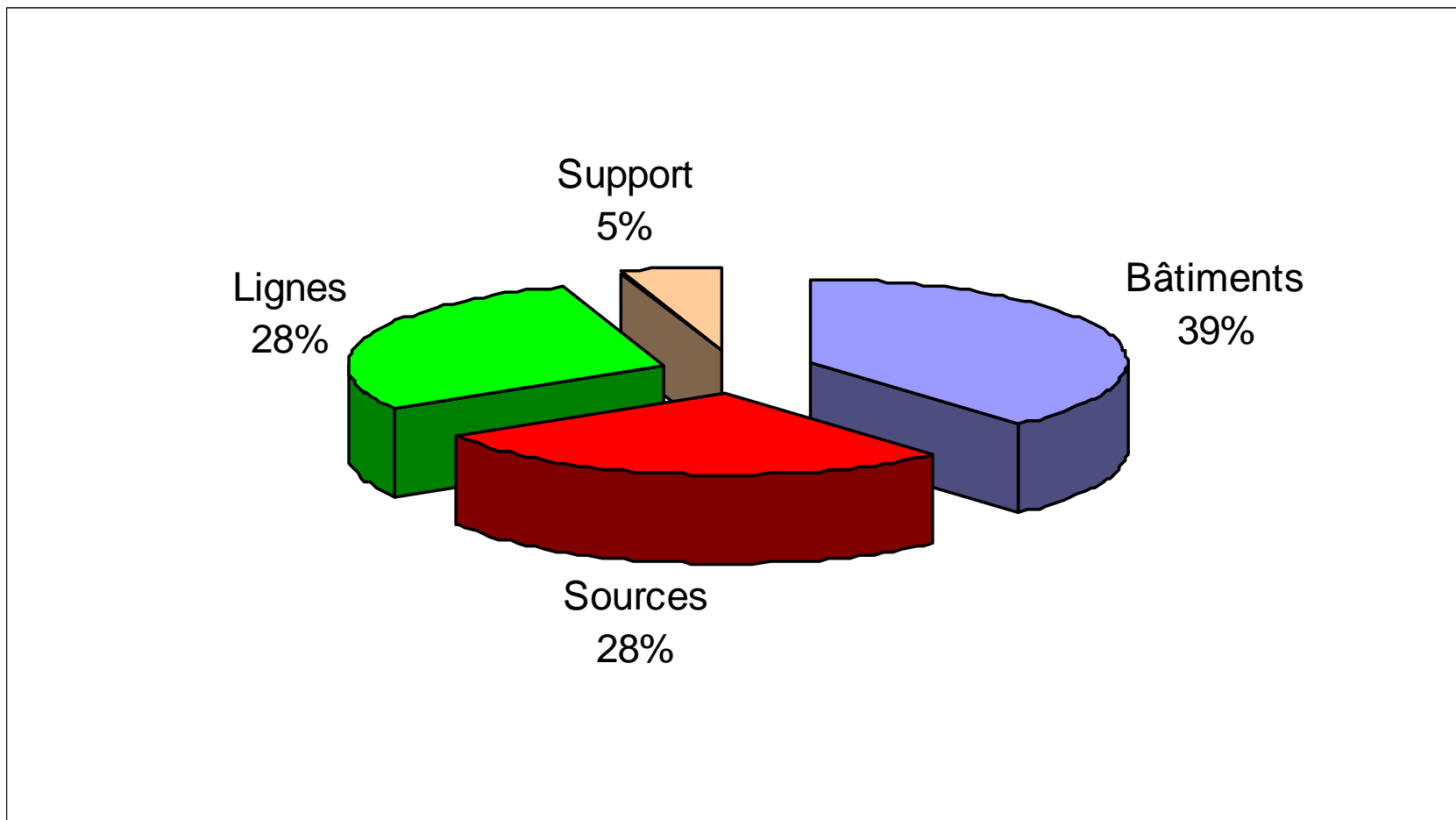
Une MACHINE de 3ème génération

Energie Nominale	2.75 GeV
Circonférence	354 m
Nombre et Longueur des Sections droites	4 x 12 m 12 x 7m 8 x 3.5 m
Emittance Horizontale (K=1%)	3.7 nm.rad
Courant Max - Multipaquets	500 mA
Courant max - 8 paquets	90 mA
Longueur et espacement des paquets	30 ps, 148 ns
Mode d'Injection	Continu

Effectifs 350 personnes

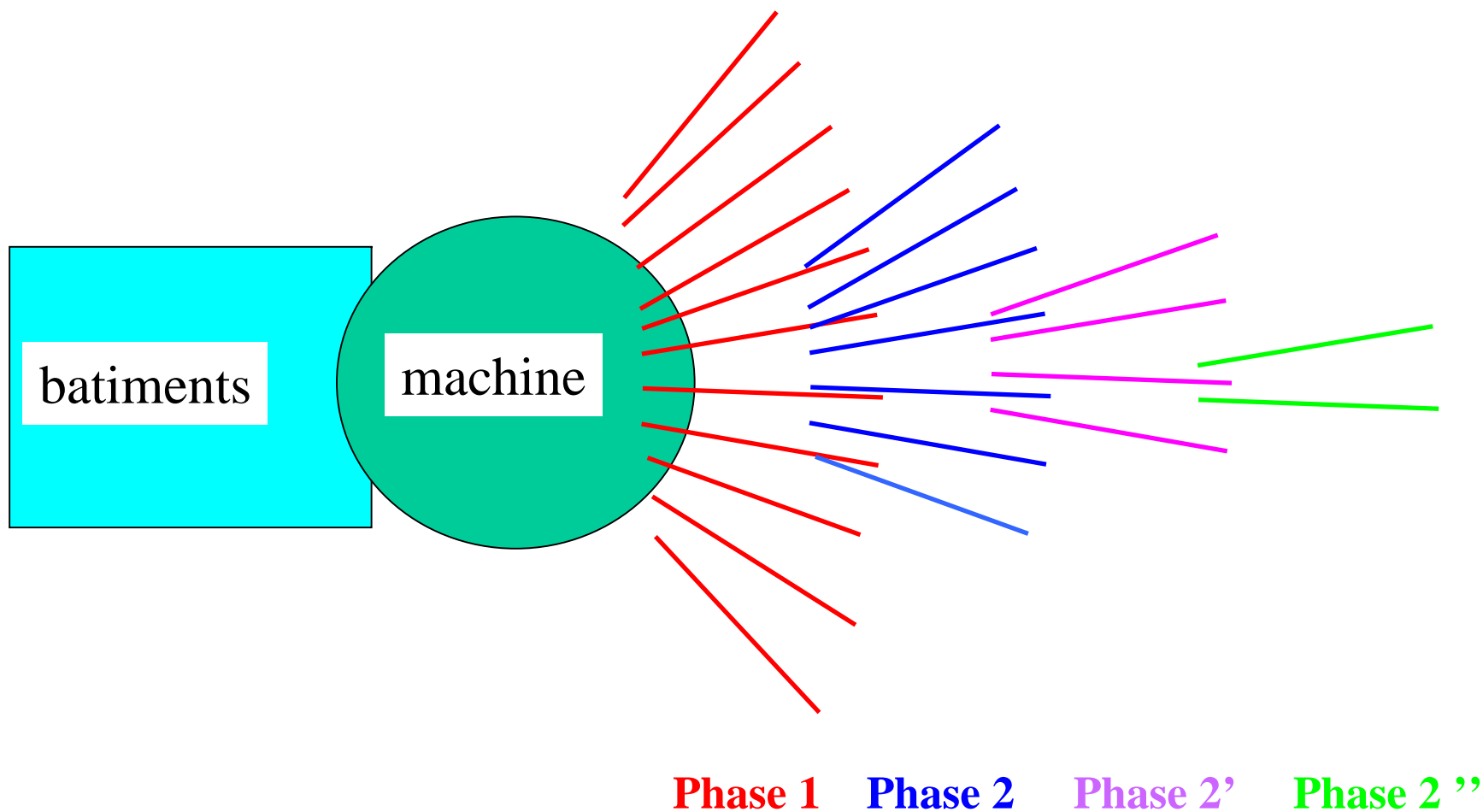


Budget investissement : 197 M€ (valeur oct 2000)



Projet « unique » mais aussi « éclaté »

Lignes de Lumière



Déroulement du projet

Synchronisation des plannings

conception et **construction** des bâtiments et équipements
partage des ressources

Installation des équipements : partage de l'espace
partage des ressources

gestion des priorités inter et intra programme

Planning initial « de référence » compatible

Retard dans la mise à disposition des bâtiments

Coactivité excessive

Manque de ressources : personnel temporaire indispensable

Conséquences : **9/10 mois de retard** pour les deux programmes Process

Le programme bâtiment

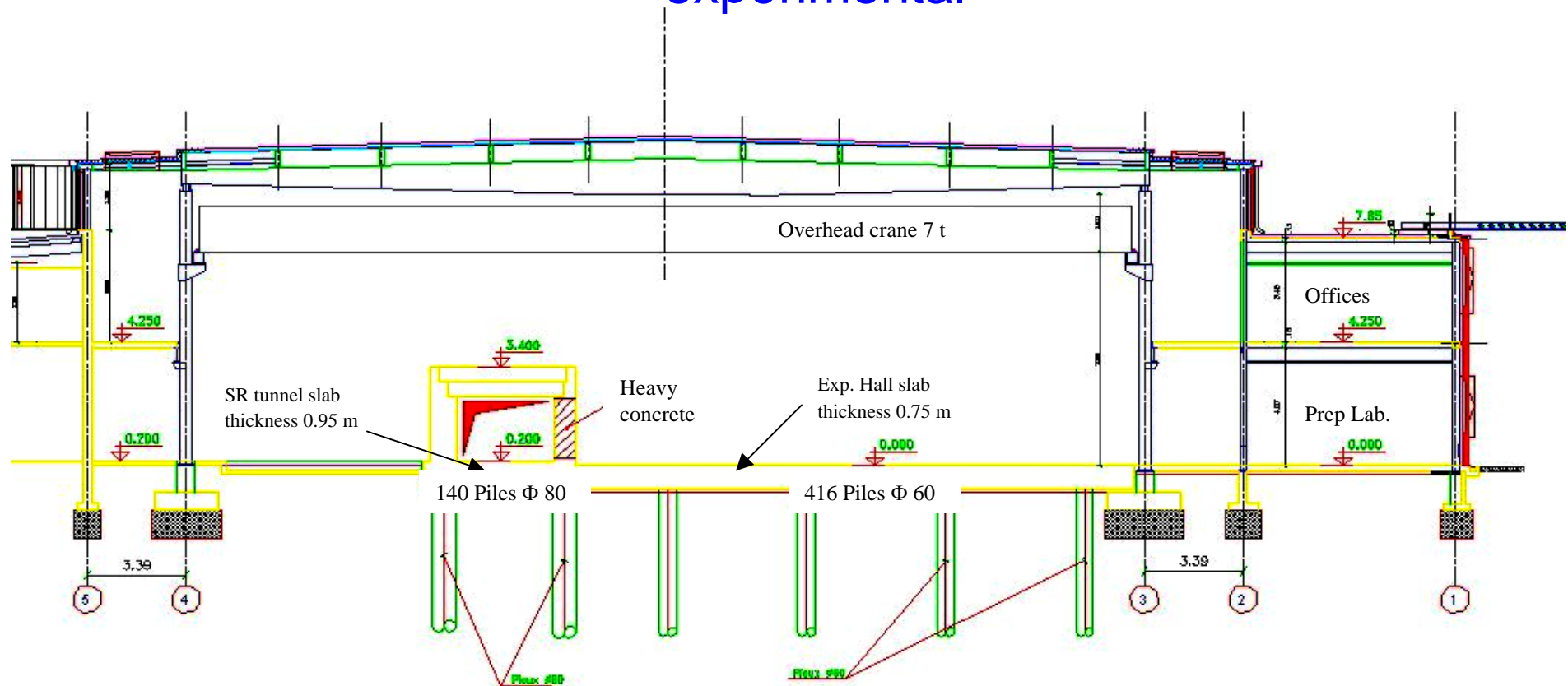
**Les exigences de performances avec les contraintes du site
sous-sol, météo (vent, pluviosité, variations saisonnières...)**

stabilité absolue et relative anneau/lignes

**Calculs → solution technique : piliers
dalles solidarisées
budget augmenté**

Stabilité au niveau du bâtiment synchrotron

=> dalles épaisses sur pieux pour l'anneau et le hall expérimental



Spécifications: Tassement de la dalle inférieur à $50 \mu\text{m} / \text{an}$

Niveau de vibrations inférieur à $0.5 \mu\text{m}$ mesuré à $0.2 \mu\text{m}$ (01/06)

Installés dès la Mise à disposition des bâtiments

100 MeV LINAC : Premier faisceau aux spécifications

2 /07/2005

BOOSTER : premier faisceau 23 juillet 2005

première accélération à 2.75 GeV 18/10/05

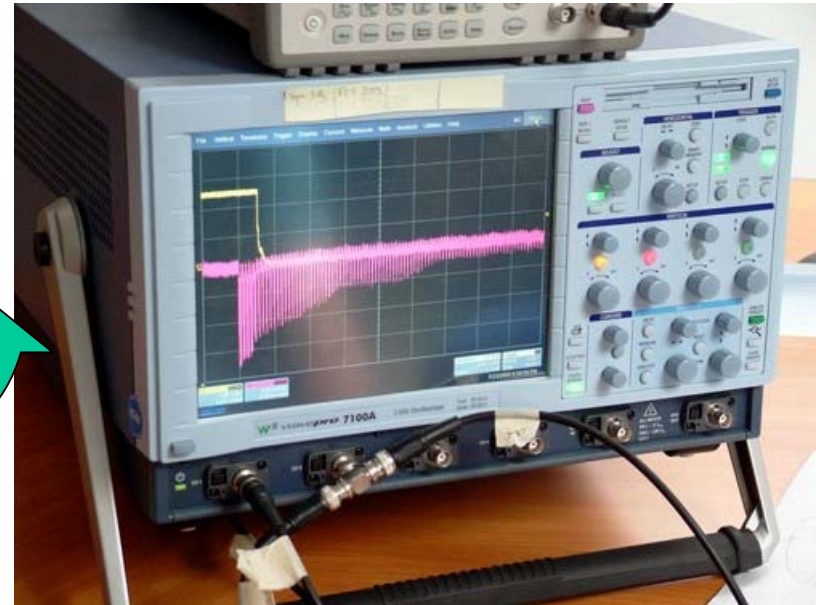
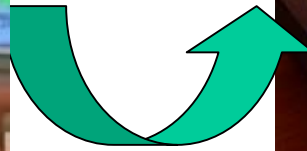
14 mA à 2.75 GeV 20/10/2005

après 80 heures effectives de tests



Faisceau LINAC

2/07/05

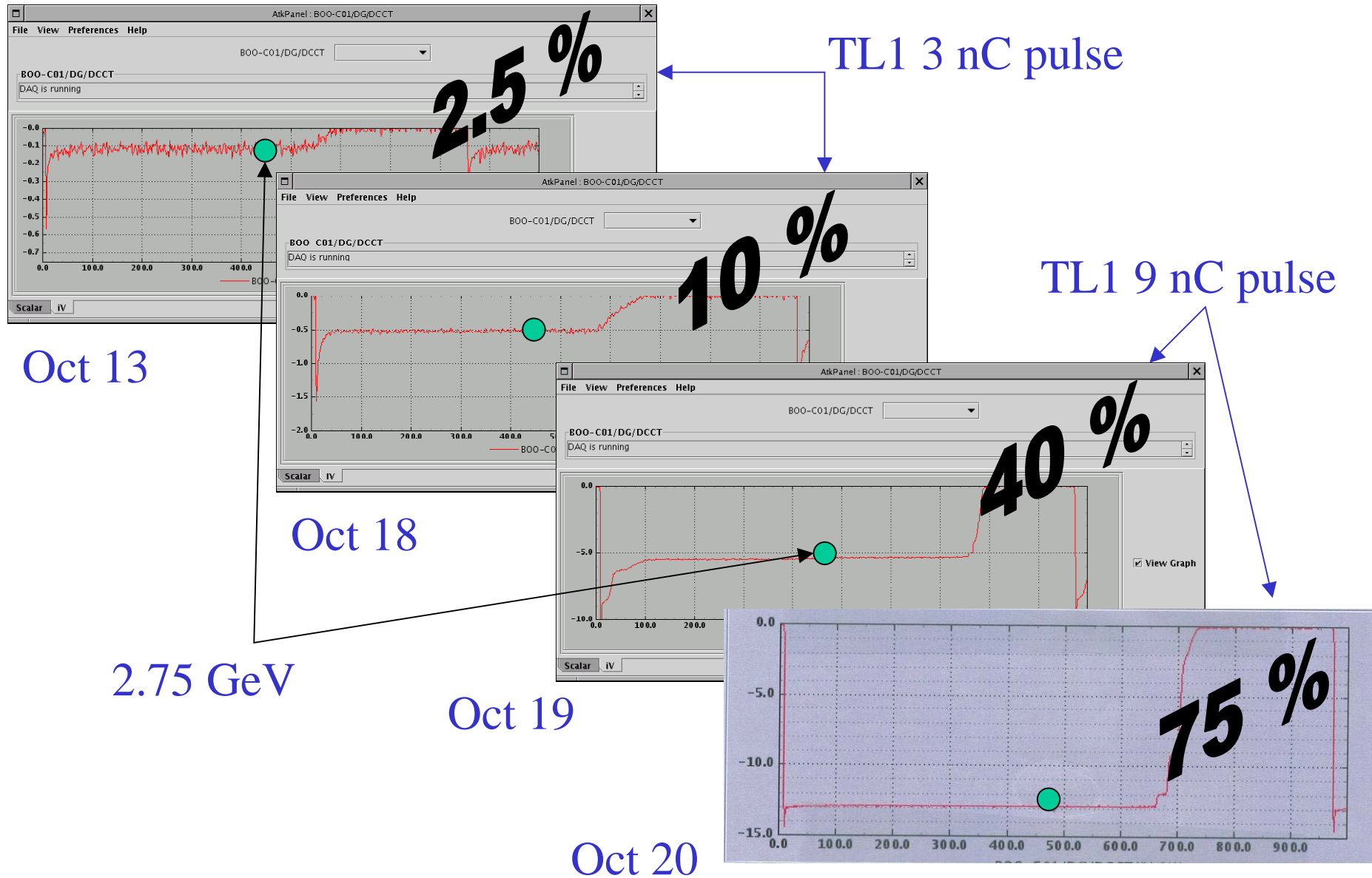


Injection dans le

BOOSTER

2 3/07/05

Amélioration de l'efficacité d'accélération du BOOSTER



Synchronisation complexe de la disponibilité des équipements (Chambres à vides, diagnostics..)

fin d'assemblage **4 Mai 2006**

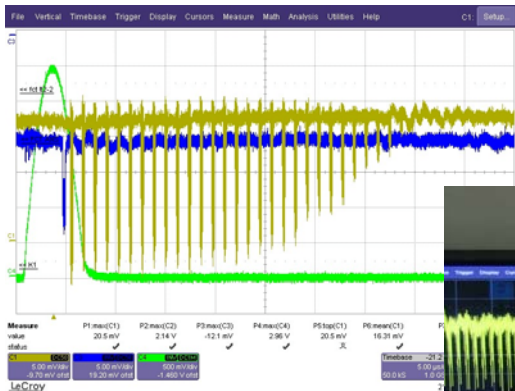
premiers tours sans RF **15-20 Mai 2006**

1er stockage **2 Juin 2006 : 0,3 mA**

1ère Accumulation 4 juin 2006 : 8,4 mA

Conditionnement 4-20 juin: objectif 100 mA

injection



Les étapes d'une réussite

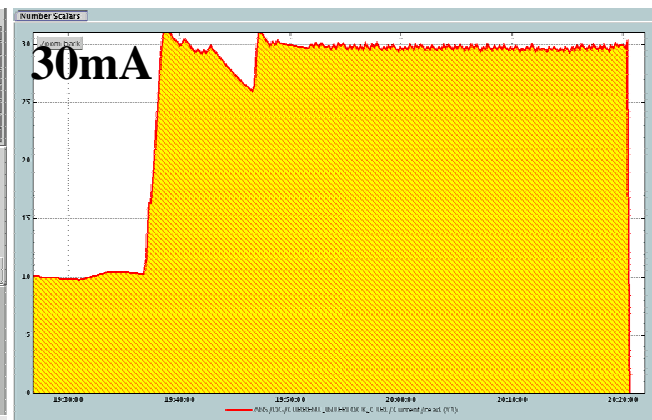
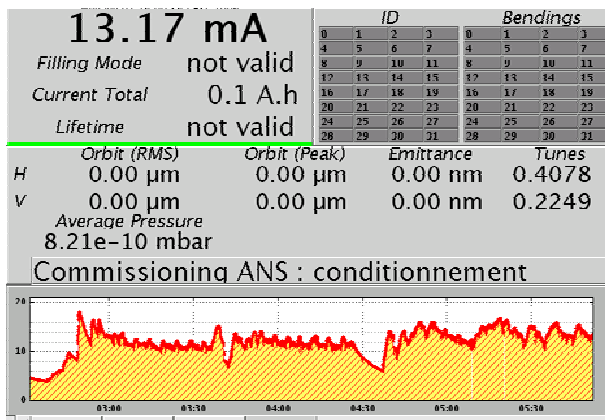
14 Mai -12 Juin

stockage



conditionnement

accumulation



Quelques réflexions à cette étape

Les défis technologiques

Amplificateurs solides pour la puissance RF

Pompage distribué par dépôt NEG sur les chambres à vides

Nouvelles électroniques de mesureurs de faisceau

...

et stratégiques

injection avec les chambres à vide définitives montées:

10mm ouverture 10m longueur

couonnés de succès

Les **problèmes** où on ne les attendait pas

« plomberie » :

réseaux de distribution d'hélium et d'eau défectueux

débit d'eau de refroidissement insuffisant...

Les Lignes de Lumière de SOLEIL

24 Lignes de Lumière dont 5 transférées du LURE sont inscrites dans le projet SOLEIL 2001-2009

1 Ligne = 1 projet

Thématique(s) scientifique(s)

Choix Techniques

Financement

Equipe construction

exploitation

Première tâche: la **Sélection** des projets

Processus de Sélection des Projets

Historique : Une prospective Scientifique pour une nouvelle source nationale démarrée à la fin des années 80

1996-1999 : Avant-projet détaillé SOLEIL sous la direction de **Jean-Louis Laclare**:

Cas scientifique : Lettres d'intention (>20 projets)

2001- Ateliers et groupes de travail, à l'initiative de la **communauté scientifique**
Rédaction d'Avant-Projets Sommaires soumis à la **Direction Scientifique**
Evaluation par le **Comité Scientifique Consultatif**

PRISE DE DÉCISION

Evaluation positive du Comité Scientifique Consultatif

Approbation par la Direction de SOLEIL

Soumission pour validation au **Conseil d'Administration**

Synthèse de l'APS

Budget

Phasage

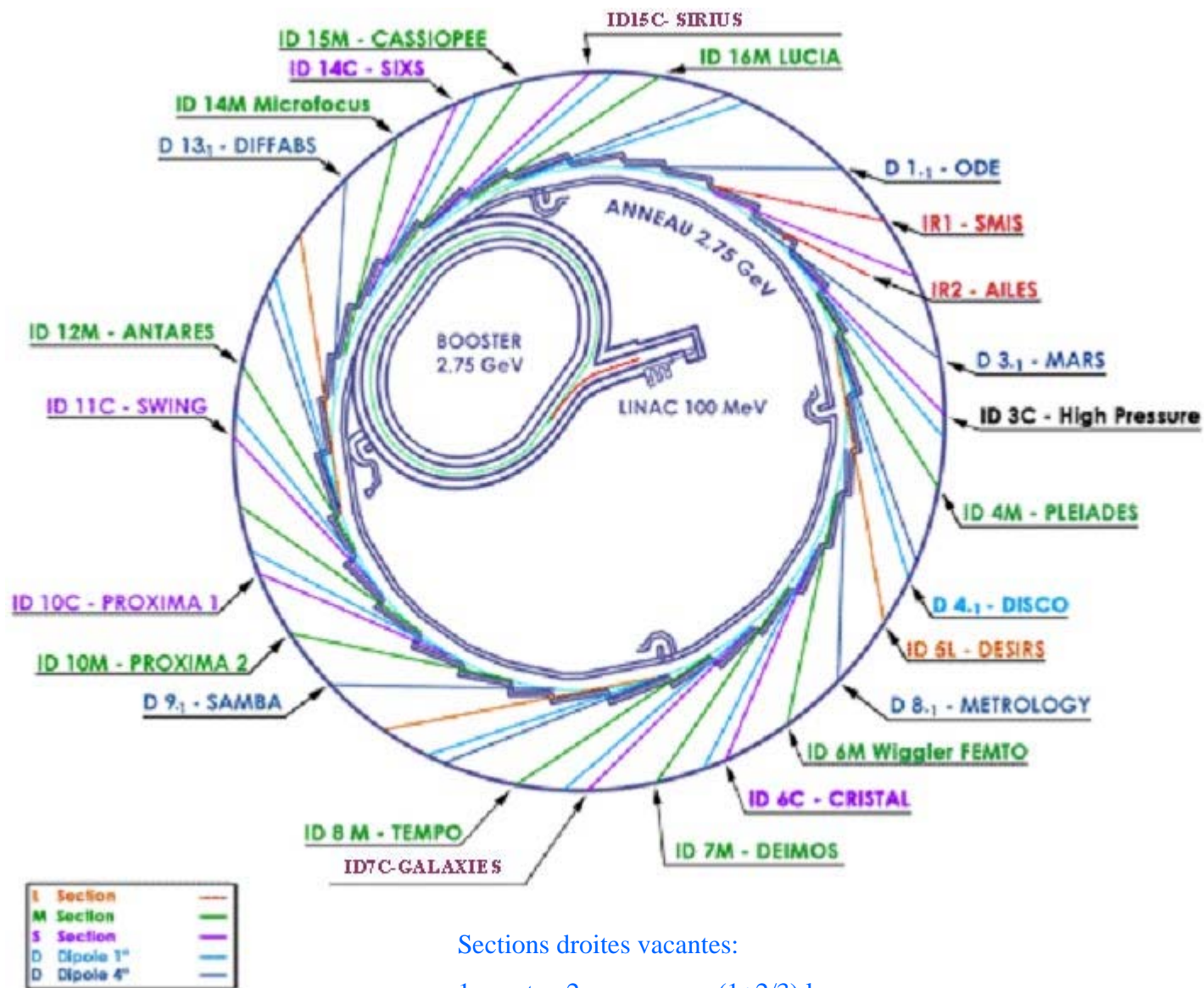
Evaluation critique du Conseil Scientifique Consultatif

Reprise du projet : recentrage ou fusions,

nouvelle consultation de la communauté des utilisateurs

Nouvelle évaluation...

22 lignes en construction + 3 en fin d'évaluation



Sections droites vacantes:

1 courte 2 moyennes (1+2/3) longues

Budget Ventilé Par Ligne

Ligne LUCIA	2 603
Ligne PROXIMA 1	2 630
Ligne CASSIOPEE	3 126
Ligne SAMBA	2 626
Ligne SWING	2 791
Ligne CRISTAL	2 791
Ligne TEMPO	1 638
Ligne DESIRS	1 884
Ligne DIFFABS	1 229
Ligne ODE	1 800
Ligne METROLOGIE	981
Ligne SMIS	900
Ligne AILES	900
Ligne PLEIADE	2 632
Ligne MARS	2 623
ANTARES	1 664
Ligne CD BIO	1 312
Ligne BLP 3	2 458
Ligne BLP 4	2 786
Ligne PROXIMA 2	2 787
Ligne SIXS	2 786
Ligne HP	2 788
Ligne GALAXIES	2 788
Ligne SIRIUS	2 786
Ligne n° 24	2 785
Ligne n° 25	1 872
Onduleurs	1 961

LUCIA 0.7-7 keV

2006

METROLOGY

DESIRS 5-40 eV

SMIS

AILES

CASSIOPEE 10-1000 eV

TEMPO 100-1500 eV

PROXIMA I 4-18 keV

CRISTAL 4.5-30 keV

SWING 3-17 keV

DIFFABS 3-25 keV

SAMBA 4-40 keV

ODE 3.5-23 keV

2007

DISCO 5-20 eV

PLEIADES 10-1000 eV

MICROFOCUS 50-1500 eV

ANTARES 10-900 eV

DEIMOS 350-2000 eV

PROXIMA II 4-17 keV

MARS 5-30 keV

2008

GALAXIES 4-12 keV

SIXS 4-20 keV

SIRIUS 2-10 keV

HIGH PRESSURE 10-70 keV

Micro X-ray absorption spectroscopy and imaging
→ *Operational at SLS*

3 branches: UV-VUV; soft X-rays ; hard X-rays
Spectroscopy and photochemistry in dilute matter
Mid IR microscopy and microspectroscopy. 2 branches
Far IR FT spectroscopy. High and medium resolution
Photoelectron spectroscopy. High energy & spin resolution
Photoelectron spectroscopy. Focus on time-resolved measurements
Macromolecular crystallography # 1 / BioXAS
Condensed matter crystallography
SAXS, WAXS and GISAXS
Coupled X-ray absorption spectroscopy and diffraction, high T
X-ray absorption spectroscopy: energy scan
X-ray absorption spectroscopy: energy dispersive

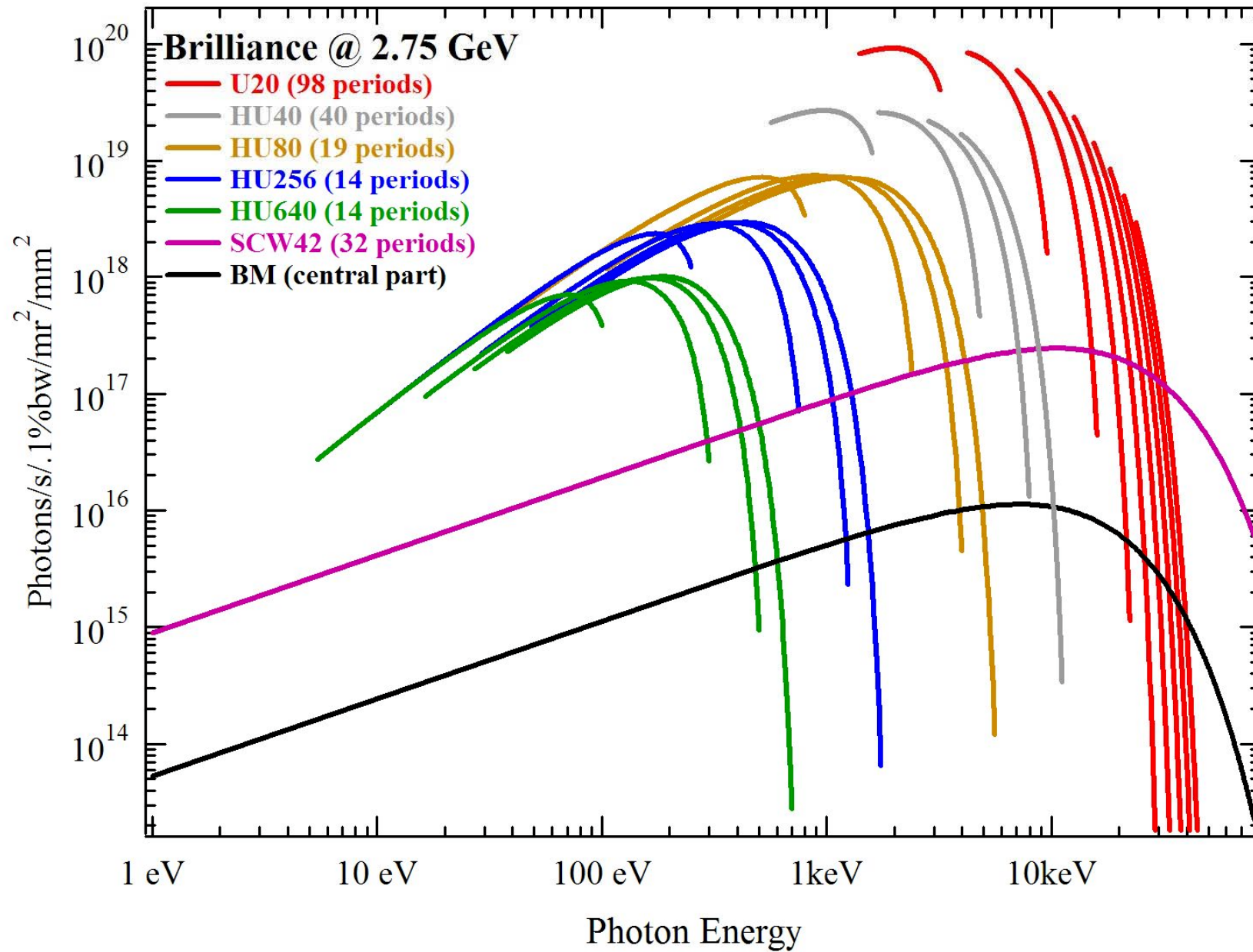
VUV Circular dichroism. Mass spectrometry. Confocal imaging
Inner shell excitations in dilute matter
XRMS, RIXS. XPEEM
Photoelectron spectroscopy
X-ray circular and linear magnetic dichroism
Macromolecular crystallography #2
Diffraction and X-ray absorption on radioactive samples

HR inelastic X-ray scattering. High energy photoemission
Diffraction on hard and soft condensed matter

Resonant diffraction on soft and magnetic interfaces
X-ray diffraction at high P (and T). X-ray tomography

Bending magnet undulator wiggler

Further APS: soft and hard X-ray microscopy, diffraction



Dispositifs d'insertions optimisés pour chaque gamme d'énergie
Groupe magnétisme et insertion + équipe de ligne

Onduleurs entièrement conçus à SOLEIL :
Onduleurs électromagnétiques

Premier onduleur construits par une entreprise extérieure
Soleil acquiert la compétence pour construire les suivants

**onduleurs à aimants permanents sous vide ou
à polarisation accordable –type APPLE II)**

Onduleurs installés sur l'anneau de stockage

section longue

section moyenne

Onduleur électromagnétique
HU640 UV-VUV



Onduleur électromagnétique
HU256 VUV X-mous

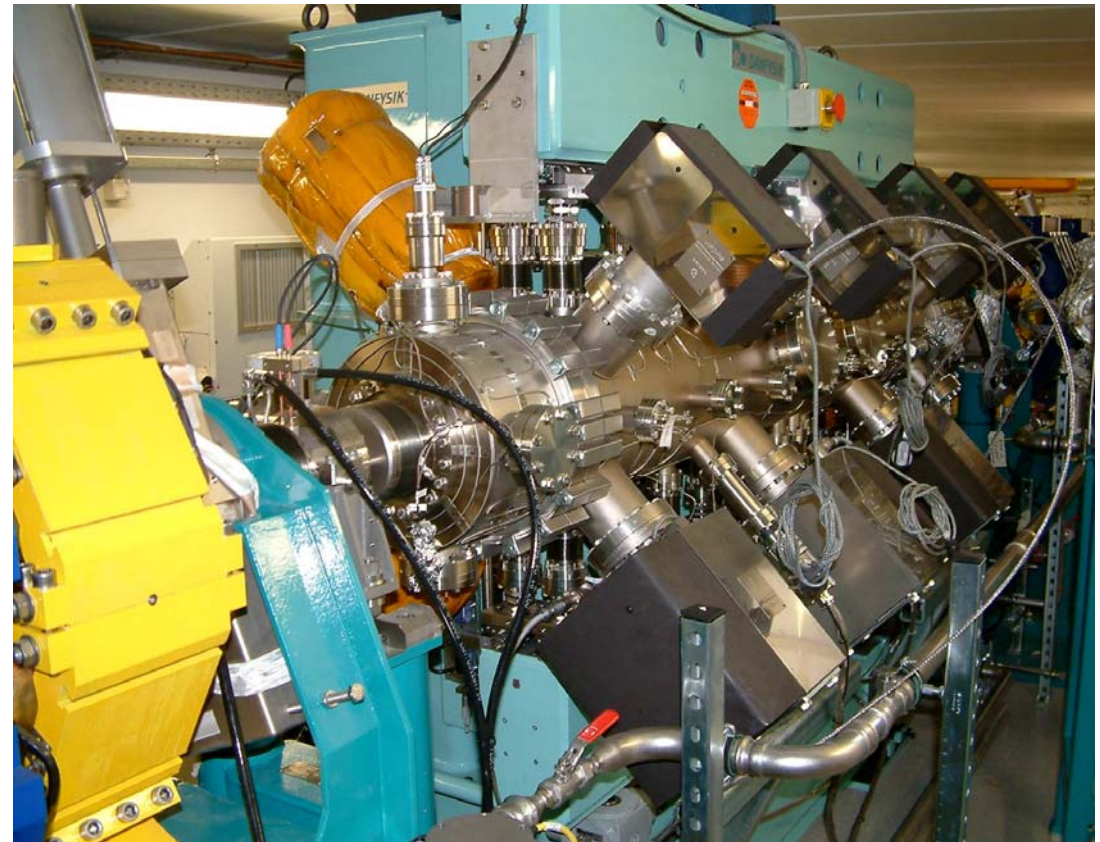


Onduleurs à aimants permanents en place

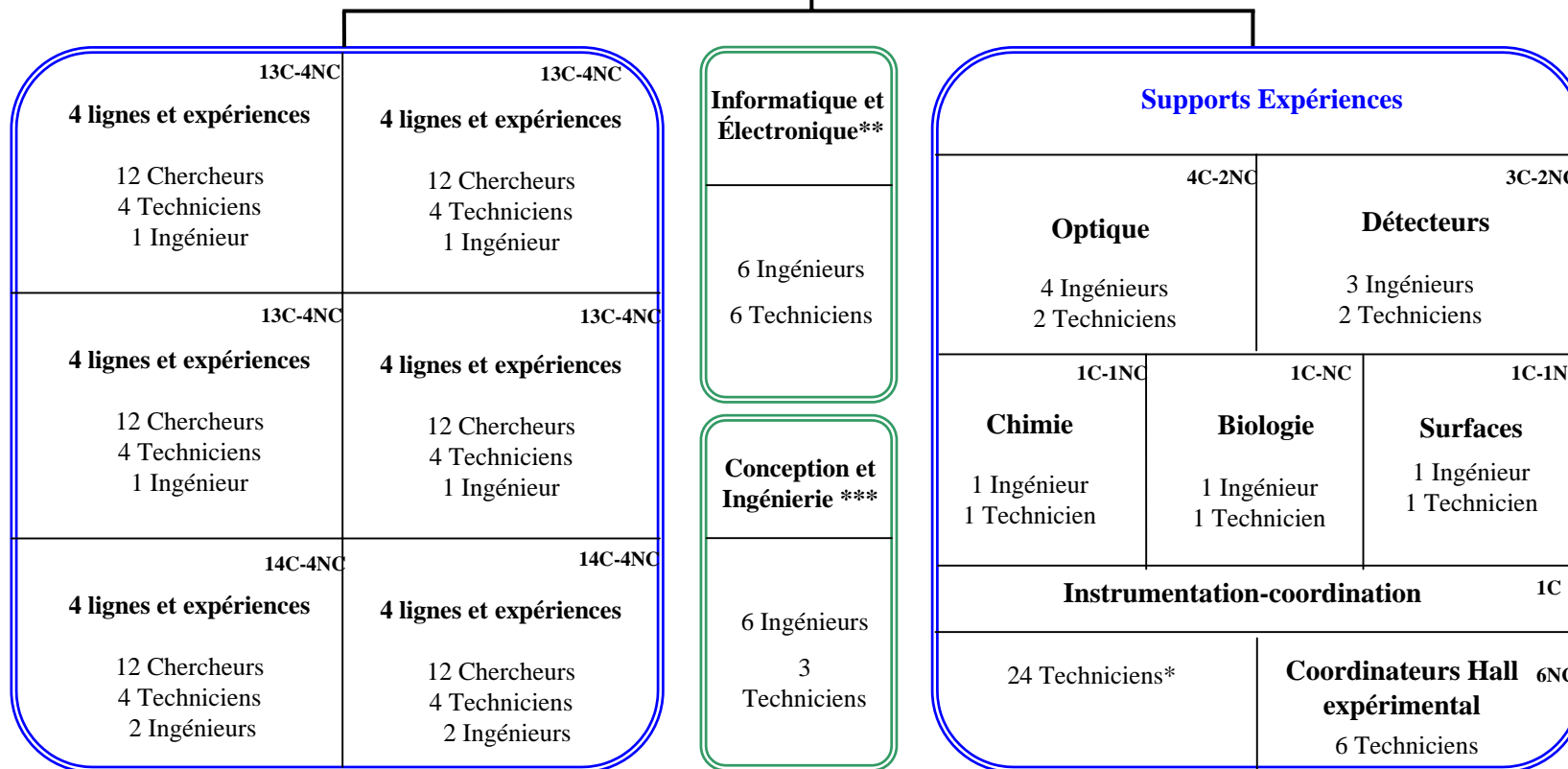
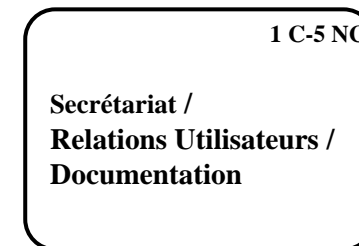
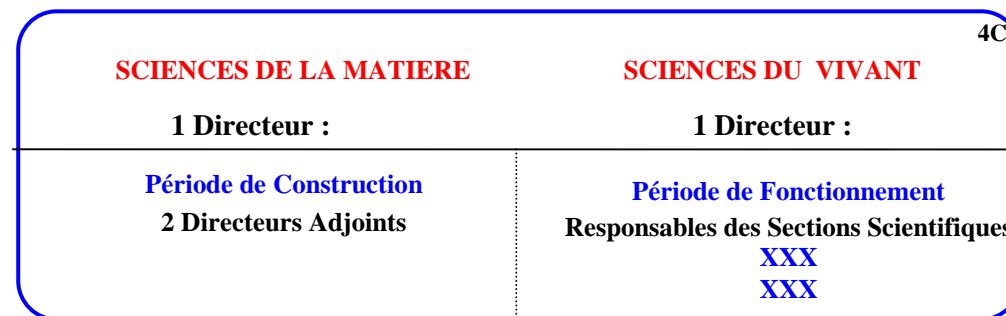
Section moyenne
Onduleur Apple-II
HU80 X-mous



Section courte
Onduleur sous vide
U20 X-durs



ORGANIGRAMME DIVISION EXPERIENCES



Dernière mise à jour : 21/09/2005

* Techniciens comptés dans le cadre des lignes de lumière ** personnels comptés dans le Service Informatique *** personnels comptés dans les Services Techniques

Les étapes instruites par la direction scientifique

- **Recrutement des chefs de projets = responsable de lignes**

Constitution de l'équipe projet: scientifiques et Ing. (Div EXP)

Ressources partagées

ingénieur-projeteur (Serv Tec.)

corresp. contrôle-commande (Inf.)

corresp. Insertion (Div. Sources)

Documents contractuels en interne:

Manuel Qualité (CI) , Contrats d'Objectifs (Elec. Inf.)

- **Validation de l'avant-projet sommaire**
- **Validation de l'avant-projet détaillé et du planning directeur**

- **Rédaction des cahiers des charges**
- **Passation des marchés:**
 - Optiques**
 - e **Dispositifs Expérimentaux**
- **Réalisation des Infrastructures :**
 - enceintes de radioprotection**
 - cabine de contrôle**
 - servitudes: électricité - réseau**
 - fluides -climatisation**
- **Installation des équipements et commissioning des lignes**

Lignes de Phase 1 : Radioprotection et amenée du faisceau

infrastructure

- Enceintes plombées dans le hall; distribution des servitudes
- Traversée du tunnel et premiers éléments



equipe Ligne
G. Radioprotection
G. Conception-Ingénierie
Groupe Batiment-
Infrastructures

Equipe Ligne
G. Radioprotection
G. Conception-Ingénierie
G. Têtes de Lignes



Conditionnement optique des faisceaux

Equipe de Ligne

Groupe Optique, G. Conception–Ingénierie, G. Alignement

Miroirs : déviation
focalisation >50 miroirs différents
filtre passe-bas

Eléments dispersifs : monochromatisation

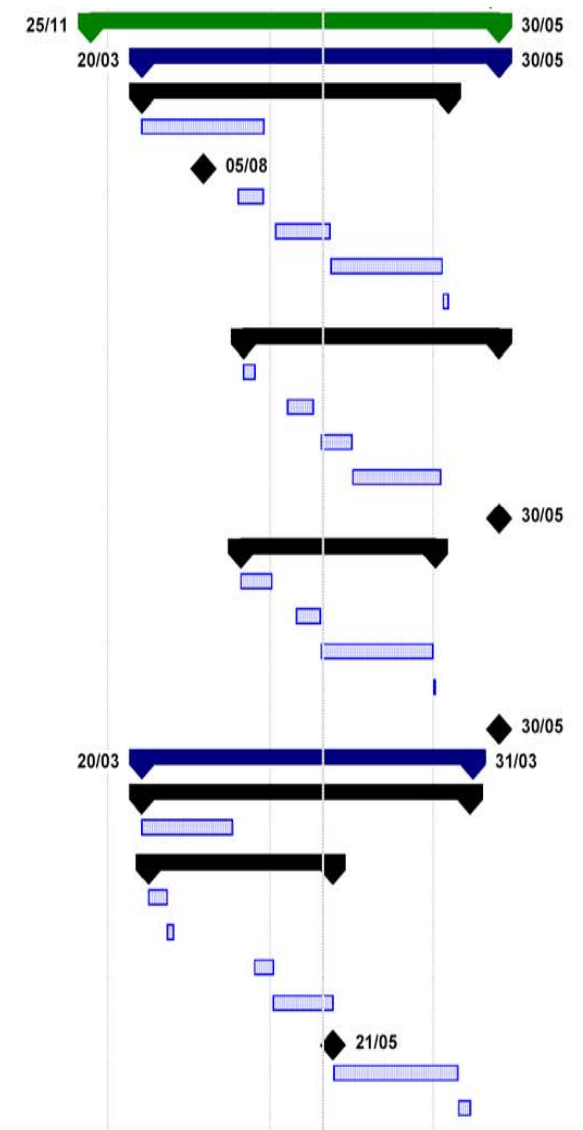
Réseaux,
monocristaux,
multicouches

R et D : brevet

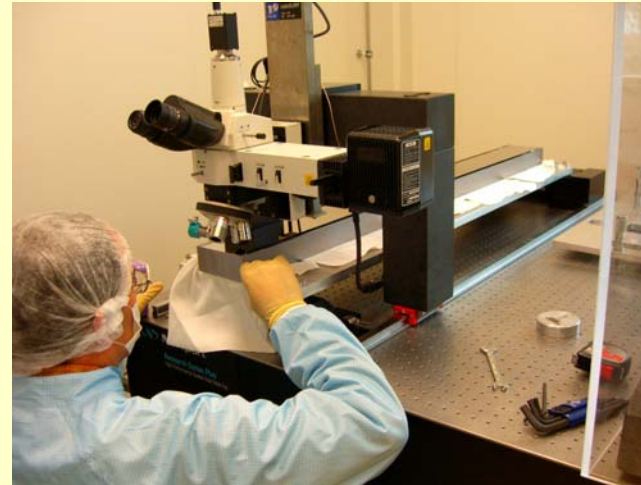
Chambres ultra-vidé associées + degrés de libertés

Détail Optique PROXIMA1

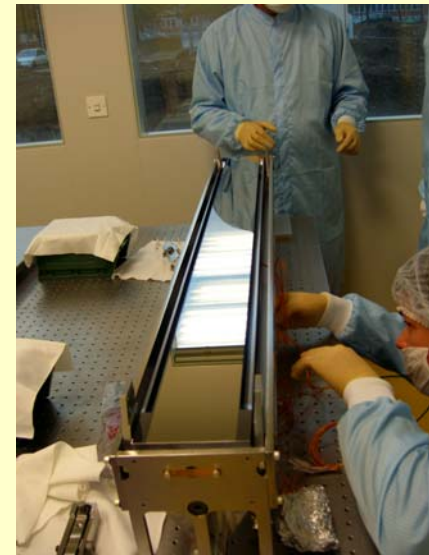
45	Optique	655 jours	Lun 25/11/02	Lun 30/05/05
46	Monochromateur	572 jours	Jeu 20/03/03	Lun 30/05/05
47	Mécanique	492 jours	Jeu 20/03/03	Ven 04/02/05
48	Conception détaillée	196 jours	Jeu 20/03/03	Jeu 18/12/03
49	Avis de pré information	0 jour	Mar 05/08/03	Mar 05/08/03
50	AAPC + dépouillement	40 jours	Mer 22/10/03	Mar 16/12/03
51	Appel d'offres + dépouillement	88 jours	Mer 14/01/04	Ven 14/05/04
52	Suivi de fabrication	180 jours	Lun 17/05/04	Ven 21/01/05
53	Contrôle et approbation	10 jours	Lun 24/01/05	Ven 04/02/05
54	Refroidissement cryo (lot commun Swing + Cristal +lignes X mous)	410 jours	Lun 03/11/03	Lun 30/05/05
55	Conception	20 jours	Lun 03/11/03	Ven 28/11/03
56	AAPC + dépouillement	42 jours	Mar 10/02/04	Mer 07/04/04
57	Appel d'offres + dépouillement	50 jours	Lun 26/04/04	Ven 02/07/04
58	Suivi de fabrication 1er prototype + tests	142 jours	Lun 05/07/04	Mar 18/01/05
59	Livraison	0 jour	Lun 30/05/05	Lun 30/05/05
60	Cristaux	313 jours	Mar 28/10/03	Jeu 06/01/05
61	Conception détaillée + plans de définition	50 jours	Mar 28/10/03	Lun 05/01/04
62	Mise en concurrence	40 jours	Lun 01/03/04	Ven 23/04/04
63	Fabrication	180 jours	Lun 26/04/04	Ven 31/12/04
64	Contrôle et approbation	4 jours	Lun 03/01/05	Jeu 06/01/05
65	Monochromateur prêt pour assemblage	0 jour	Lun 30/05/05	Lun 30/05/05
66	2 Miroirs de sortie (commun U20)	531 jours	Jeu 20/03/03	Jeu 31/03/05
67	Miroir	527 jours	Jeu 20/03/03	Ven 25/03/05
68	Conception détaillée + plans de définition + CdCF	145 jours	Jeu 20/03/03	Mer 08/10/03
69	Marché	296 jours	Ven 04/04/03	Ven 21/05/04
70	AAPC	30 jours	Ven 04/04/03	Jeu 15/05/03
71	Dépouillement offres	10 jours	Ven 16/05/03	Jeu 29/05/03
72	Appel d'offres	30 jours	Ven 28/11/03	Jeu 08/01/04
73	Dépouillement offres + prépa docs définitifs	96 jours	Ven 09/01/04	Ven 21/05/04
74	Notification	0 jour	Ven 21/05/04	Ven 21/05/04
75	Suivi de fabrication	200 jours	Lun 24/05/04	Ven 25/02/05
76	Contrôle et approbation	20 jours	Lun 28/02/05	Ven 25/03/05



cabane « optique »



Métrie en
salle blanche



Miroir et
courbeur

Dispositifs expérimentaux

Equipe de Ligne

Groupes détecteur, Instrumentation, G. conception-ingénierie

Conditionnement de l'échantillon

Température, pression, contrainte
Champs électrique ou magnétique
UHV, atmosphère contrôlée...

Prise de données = détecteurs

Photons
Electrons
ions

Instruments

Prototypes

Conception

Commerciaux

Soleil

Instruments

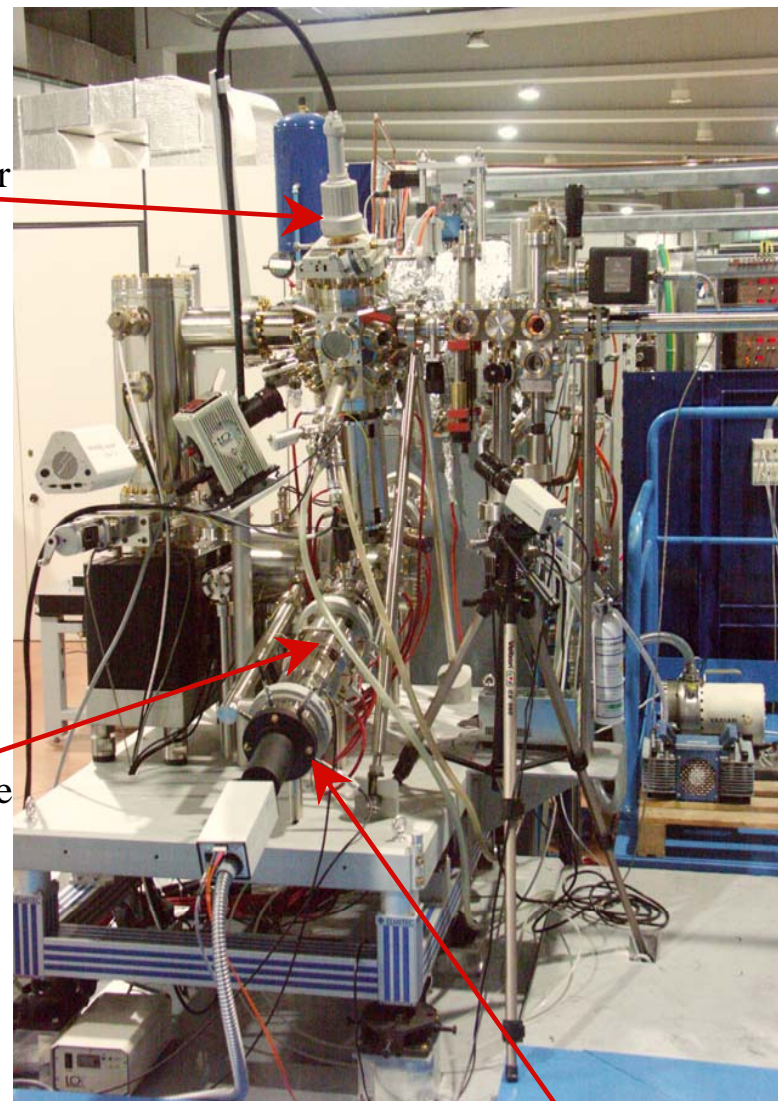
XPEEM : prototype

Diffractomètre 6C commercial



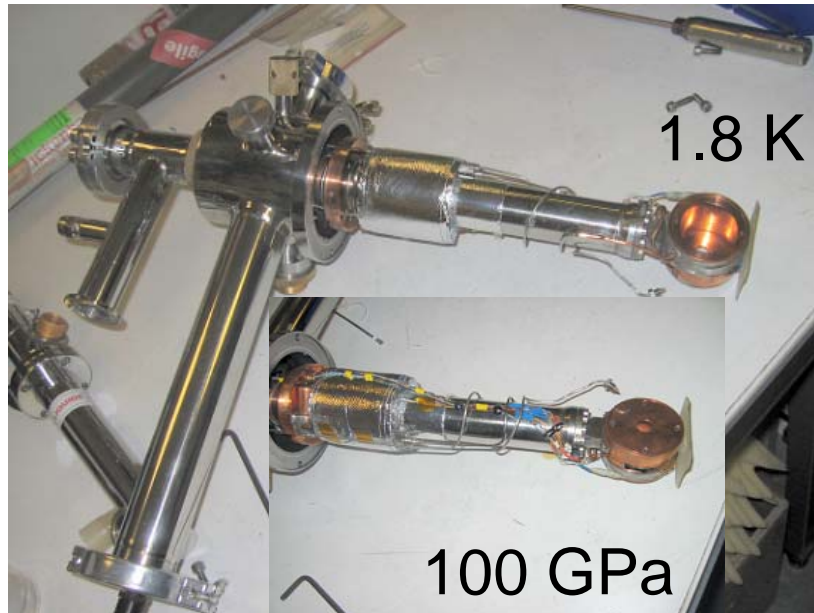
Manipulateur

Colonne
Microscope



Décteur

Exemple de dispositif très basse température, haute pression et fort champ magnétique supraconducteur



Problèmes induits par le retard de 12 mois

Gestion des **ressources partagées** entre programmes Sources et
Expériences :

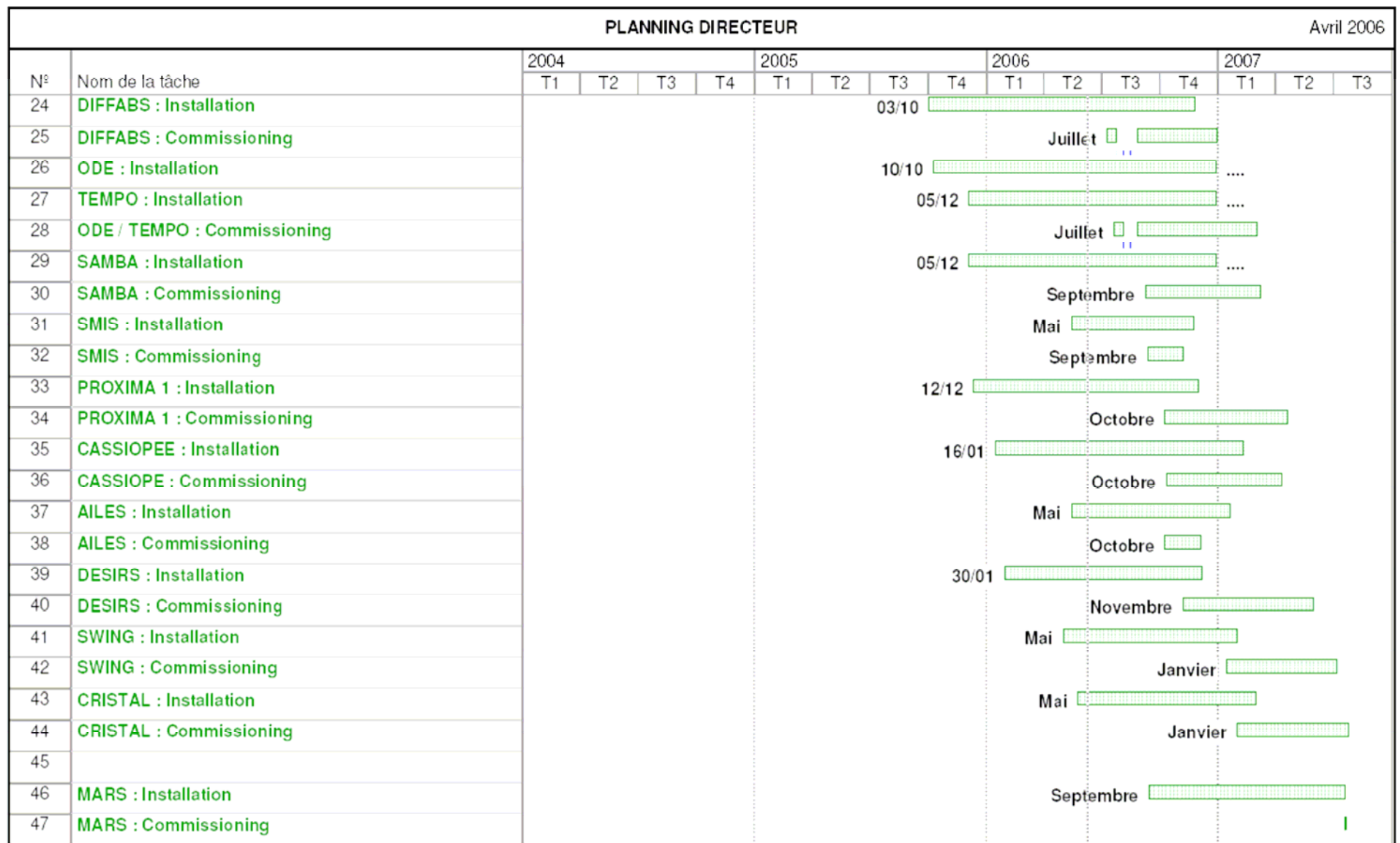
principe de **priorité pour le démarrage de la Machine** = retard pour
l'installation et le commissioning des lignes

Coactivité dans le hall expérimental : partage de l'espace, des
engins de levage

Contraintes de radioprotection pendant le commissioning de
l'anneau (finalement très faibles)



Le planning directeur : démarrage des premières lignes





Réflexions à ce jour sur le déroulement du programme Expériences

Bonne gestion de la complexité

Points difficiles :

Priorité standardisation ou performances spécifiques?

Développement d'Interfaces « Utilisateurs » sur chaque ligne peu avancé

Protocole de contrôle informatique TANGO, nouveau pour un déploiement à une telle échelle :

Impossible de transférer des interfaces développées dans d'autres centres

Rendez-vous crucial pour les lignes **le 17 juillet**

Le rôle du management de projet est primordial

- **réactivité pour régler les problèmes**

- ⇒ Trancher rapidement les sujets brûlants
- ⇒ Prendre en compte les avis divergents et expliciter le choix
- ⇒ Ne pas chercher de coupables mais accompagner les responsables
- ⇒ Identifier les conflits internes au plus tôt

- **Valoriser la contribution de chacun**

- ⇒ maintenir l'enthousiasme dans les moments les plus difficiles
- ⇒ stimuler l'esprit d'équipe
- ⇒ Ne pas transférer son stress mais propager sa motivation

Exploitation

- 2500 utilisateurs par an, dont au moins un quart d'étrangers escompté
Projets sélectionnés par Comités d'Experts indépendants siégeant deux fois par an
- 24 lignes de lumière en 2009, avec de 1 à 3 installations expérimentales par ligne en alternance ou simultanées
- 43 lignes possibles, dont 21 sur insertions