



## LE JOURNAL DE SOLEIL N°3 JUILLET 1997

---

### EDITORIAL

*Il y a un peu plus d'un an, en mai 1996, le CNRS et le CEA ont signé une convention mettant en place un groupe de projet chargé de réaliser en trois ans l'Avant Projet Détaillé de SOLEIL. L'activité du groupe au cours de cette année a été marquée par quelques étapes clé :*

- le 14 novembre 96, dépôt au Secrétariat d'Etat à la Recherche du document de synthèse répondant à la demande du ministre de réactualisation du projet SOLEIL,*
- en février 97, le comité stratégique d'évaluation du projet transmet avec un avis favorable au ministre une version légèrement révisée du projet,*
- en avril 97, signature du contrat de maîtrise d'oeuvre permettant le démarrage des études de conception des bâtiments,*
- mars-juillet 97, organisation de trois workshops scientifiques permettant de préciser, sur des thématiques précises, les besoins de la communauté scientifique.*

*Au vu du calendrier fixé de mise en service aux utilisateurs de dix lignes et expériences début 2003, il nous faut affiner les caractéristiques des lignes de lumière qui équiperont SOLEIL.*

***Ce numéro spécial du "Rayon de Soleil" est l'occasion de lancer une large consultation des futurs utilisateurs de SOLEIL.***

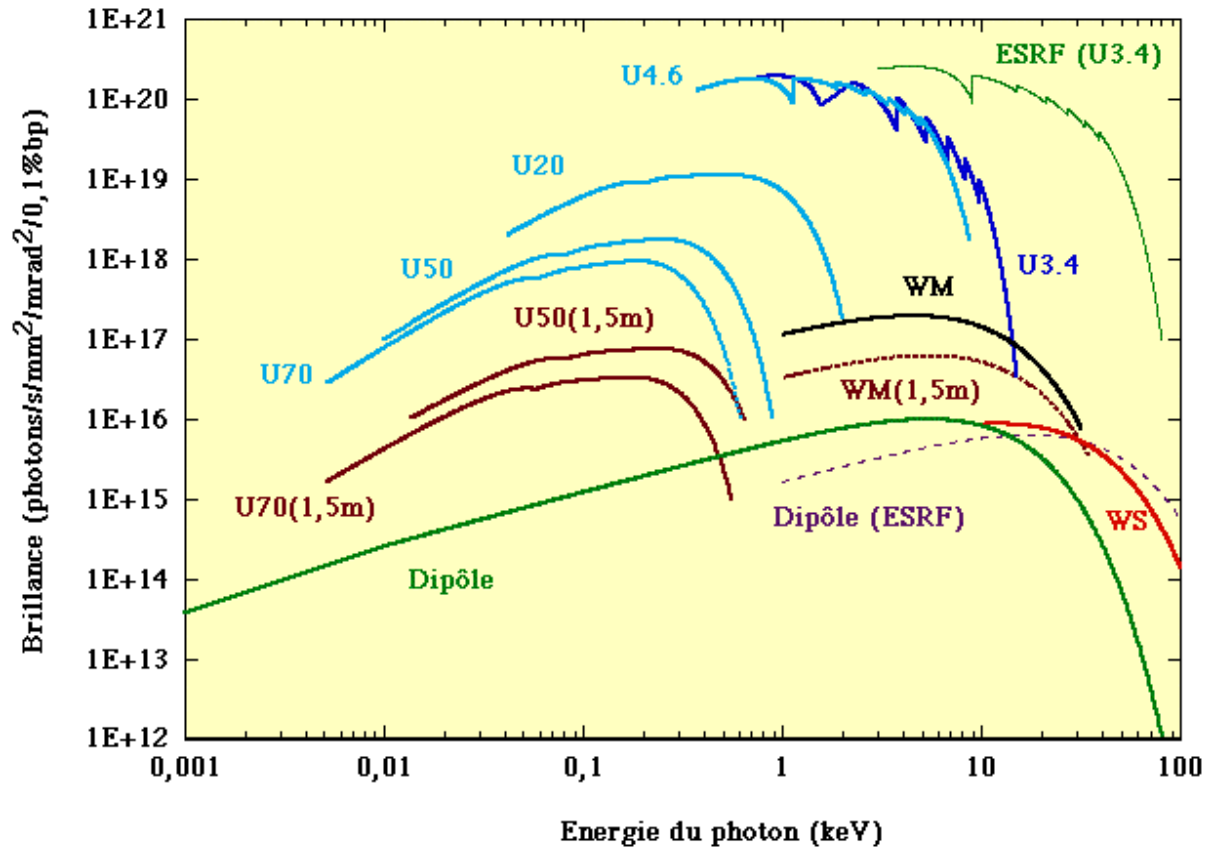
---

### PROGRAMME EXPERIENCES

**L'objet du présent numéro du rayon de SOLEIL est de soumettre à l'ensemble des utilisateurs présents et futurs de rayonnement synchrotron une première ébauche de ce que pourraient être les lignes de lumière de SOLEIL. L'idée est d'être ensuite à l'écoute de vos suggestions, critiques, remarques et propositions.** La liste prospective de 15 lignes que nous vous présentons (tableau 1) est un panorama où rien n'est figé. Elle essaie de satisfaire chacune des thématiques développées dans l'argumentation scientifique du projet remise au ministère à l'automne dernier. L'accent est mis sur l'utilisation principale des onduleurs et wigglers qui délivreront les faisceaux de plus haute brillance, sans négliger pour autant l'utilisation des dipôles dont les performances sont supérieures à celles des dipôles de l'ESRF jusqu'à quelques keV.

Les différentes gammes d'énergie proposées se réfèrent d'une part aux éléments d'insertions dont les performances sont présentées sur la figure 1, et d'autre part aux domaines d'énergie couverts par les différents types de monochromateurs (5-40eV, réseau incidence normale, 20eV-1.5 keV, réseau incidence rasante et 0.8-20 keV, cristaux). Il nous a paru intéressant de souligner des regroupements possibles entre plusieurs lignes, soit pour favoriser des échanges thématiques entre communautés distinctes, soit pour aborder une étude sur un dispositif

spécifique utilisant divers outils dans une gamme d'énergie étendue. Il nous paraît important, dès le départ, de concevoir une grande multiplicité de fonctionnement des lignes de lumière, dans un souci d'efficacité maximum. Ceci implique une conception des lignes avec un maximum de standardisation. **Cette première suggestion a pour objet de susciter des réactions et de nouvelles propositions de lignes et expériences.**



**Figure 1 : Brillance de SOLEIL dans tout le domaine d'énergie.**

D : Dipôle, U : Onduleur, WM : Wiggler multipôle, W : Wiggler haut champ

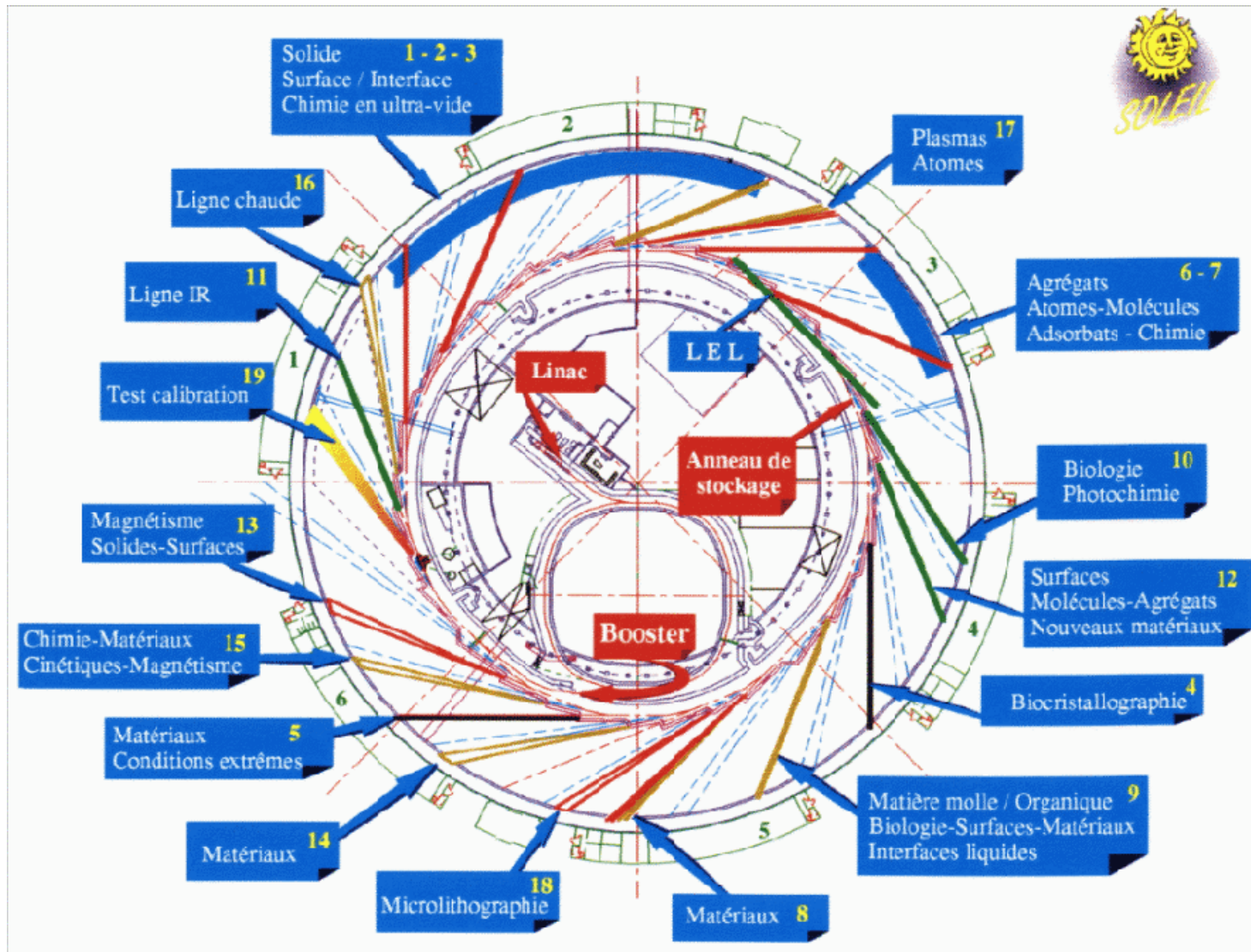
Le calendrier proposé pour les lignes de lumière permet d'avoir 10 lignes opérationnelles au printemps 2002 pour une mise au service des utilisateurs en janvier 2003: 6 lignes nouvelles et 4 lignes transférées de LURE. Pour chaque ligne nouvelle, une durée totale de 45 mois est jugée nécessaire depuis le lancement de la conception jusqu'à la mise en service. Le planning proposé est donc:

fin 1998:	lancement des deux premières nouvelles lignes
début 1999 :	lancement de deux autres lignes nouvelles
mi 1999 :	étude du transfert des quatre lignes de LURE
mi 1999:	deux autres lignes nouvelles sont lancées

Le lancement d'une ligne est associé à la constitution progressive d'une équipe de six permanents (2 au démarrage), et à l'attribution d'un budget planifié sur 4 ans.

Les six lignes nouvelles et les quatre lignes transférées de LURE seront mises en place dans la





**Figure 2 : Schéma d'implantation des Lignes et des Laboratoires Annexes autour de l'Anneau**

## SOLEIL : Liste prospective des premières lignes et expériences

### ❖ LIGNES NOUVELLES

Onduleur BE, ME ou HE pour Onduleur Basse Energie, Moyenne Energie ou Haute Energie.

n°	TYPE	DOMAINE	THEMATIQUE	CARACTERISTIQUES
1	onduleur ME	.02-1.5 keV	<b>Solide-Surface/Interface-Chimie en ultra-vide</b> 1) spectroscopie (photoémission-fluorescence), photoémission et spin, dichroïsme, photodiffraction	Haute résolution polarisation variable fonctionnement alterné
2	onduleur ME	.02-1.5 keV	2) imageries 3) dichroïsme en réflexion	Haut Flux sans fente d'entrée polarisation variable fonctionnement alterné
3	onduleurs ME+HE	.8-12 keV	diffraction, EXAFS de surface, liquides ondes stationnaires photoémission haute énergie	Haute résolution polarisation circulaire fonctionnement alterné
4	wiggler multipôle	-> 30 keV	<b>biocristallographie</b>	
5	wiggler supra	4-100 keV	<b>matériaux, conditions extrêmes</b> (géophysique, environnement, matériaux) <b>tomographie ?</b>	diffraction absorption rayonnement blanc
6	onduleur ME	.02-1.5 keV	<b>Atomes Molécules, Chimie-Surfaces</b> (moléc adsorb), <b>Solides, Agrégats</b> Photoélectron-ions-coïncidences spectroscopie couche interne double ionisation	Haute résolution polarisation variable couplage LEL fonctionnement alterné structure temporelle
7	onduleur	.1-1.5 keV	spectroscopie Raman résonnant électron-fluorescence Xmous	Haute résolution polarisation variable
8	onduleur HE + onduleur ME ?	0.8- 12keV 0.1-1.5 keV	<b>Matériaux</b> micro-analyse (EXAFS-XANES-Diffraction...) environnement-toxicité, matériaux, surfaces,	focalisation extrême
9	onduleur HE	.8-10 keV	<b>Matière molle/organique, biologie,</b> <b>surfaces-interfaces liquides, matériaux</b> imagerie, diffraction, diffusion aux petits angles	utilisation éventuelle de la cohérence
10	aimant	visible-UV	<b>Biologie-photochimie</b> fluorescence-absorption transitoire	couplage avec LEL pour expes 2 couleurs structure temporelle
11	aimant	Infra rouge	<b>Matériaux, surfaces, adsorption, atomes</b> <b>molécules</b> spectroscopie et microscopie	étude de l'utilisation du rayonnement du bord du dipôle (haute brillance)

### ❖ LIGNES A TRANSFERER DE LURE

n°	TYPE	DOMAINE	THEMATIQUE	CARACTERISTIQUES
12	Onduleur BE	5-40 eV	<b>Atomes/Molécules:</b> physico-chimie (molécules agrégats) spectroscopie-coïncidences - 2 couleurs <b>Nouveaux matériaux, Surfaces</b> photoémission - photodiffraction	Très Haute Résolution polarisation variable couplage LEL
13	Aimant	0.1-1.5keV	<b>Surfaces, solides :</b> magnétisme	Haute Résolution polarisation circulaire
14	Aimant	2-20 keV	<b>Caractérisation de Matériaux</b> diffusion-diffraction- absorption couplées	focalisation
15	Aimant	4-20 keV	<b>EXAFS dispersif: cinétiques chimiques,</b> <b>magnétisme, matériaux</b>	polarisation linéaire et circulaire

## ❖ LIGNES SPECIFIQUES

n°	TYPE	DOMAINE	THEMATIQUE	CARACTERISTIQUES
16	Aimant	3-20 keV	ligne chaude	focalisation
17	Aimant (ou Onduleur )	0.1-1.5keV	étude de plasmas et physique atomique Absorption X résolue en temps à l'échelle nanoseconde	Structure temporelle
18	Aimant	0.1-1.5 keV	Microlithographie	
19	Aimant	toute énergie	Tests et calibration optique détecteurs etc...	

**SOLEIL : Implantation des surfaces utilisateurs :**

SURFACES (m2)	Aire no 1		Aire no 2		Aire no 4		Aire no 5		Aire no 6	
	RC	Etage	RC	Etage	RC	Etage	RC	Etage	RC	Etage
<b>Préparation et stockage expériences (50 m2 par ligne)</b>	260	60	260	60	260	60	260	60	260	60
<b>Labos généraux</b>										
Mécanique	30				30		30			
Optique			45					100	45	
Pilotage/Acquisition						75				
Détecteur										
<b>Labos spécifiques</b>										
Chimie				25		25				
Biologie		20								20
Salles propres			20		20				20	
Optique (polissage)		20								20
Mécanique (atelier)	15						15		15	
Caractérisation		30		30		30		30		30
<b>Bureaux</b>										
36 x 15 m2		120		150		75		75		120

**AVANCEMENT DES TRAVAUX DE LA MAITRISE D'OEUVRE :****Bâtiments et Infrastructures**

Le 22 avril 1997, le CEA (maître d'ouvrage au titre des deux organismes), a signé un contrat de maîtrise d'œuvre couvrant une mission de base complète, avec le Groupement INGEROP (Mandataire)-ARTEC-CHAIX & MOREL-DE SOOS & ASSOCIES.

La mission est coupée en deux tranches :

- ◆ Une tranche ferme de 9,3 MF couvrant l'ESQUISSE, l'APS et l'APD des bâtiments, que le groupe projet a pour mission de développer.
- ◆ Une tranche conditionnelle de 15,2 MF qui, si les décisions sont favorables au développement du projet et sont annoncées sans délai, permettrait à la mission de maîtrise d'œuvre de se développer dans la continuité.

Dès le 28 avril 1997, un double planning a été mis en place :

Nous avons tout d'abord établi un calendrier des dates principales de la tranche ferme, à savoir :

- ◆ 27 juin 1997 : Approbation des dossiers de l'ESQUISSE
- ◆ novembre 1997 : Remise des dossiers de l'APS
- ◆ juin 1998 : Remise des dossiers de l'APD

Ensuite, un calendrier de réunions hebdomadaires a été mis au point, incluant des revues de projet à l'occasion de la préparation du rapport mensuel.

Ces réunions de travail ont permis de mieux préciser les besoins de la maîtrise d'ouvrage, les critères de stabilité de l'ouvrage, les performances attendues sur la machine. Elles ont aussi contribué à l'analyse plus approfondie des propositions de la maîtrise d'œuvre et surtout à une meilleure connaissance de leur démarche technique et intellectuelle dans tous les domaines essentiels de définition des ouvrages. En fait, ce démarrage des études avec la maîtrise d'œuvre des bâtiments nous a conduit à geler très vite la géométrie de l'ensemble des sources de l'accélérateur, depuis le Linac jusqu'à l'Anneau de stockage en passant par le Booster et les lignes de transfert.

Le groupe de projet a ainsi fourni au maître d'œuvre :

- ◆ Les précisions nécessaires à l'aménagement du centre de l'anneau (bâtiments techniques, Linac, Booster, salle des alimentations, salle de contrôle, etc ..).
- ◆ Les dimensions des protections radiobiologiques pour respecter, en tout lieu de travail dans le laboratoire, la future Directive Européenne pour les travailleurs non exposés et en utilisant la démarche ALARA (As Low As Reasonably Achievable) dès les pré-études.
- ◆ La position et les détails d'aménagement des laboratoires et ateliers de préparation des expériences sur le pourtour du hall.
- ◆ L'implantation type de 3 à 4 expériences et les critères de stabilité de la machine ou des expériences en terme de tassements, vibrations, écart de température, activités dans le hall.
- ◆ Les découpages et schémas de principe pour les réseaux électriques (courants forts, courants faibles), les circuits de refroidissement de la machine avec récupération d'énergie.

La maîtrise d'œuvre nous semble bien rentrée dans le projet et capable de répondre correctement aux exigences et aux performances d'une telle machine.

En l'attente de la mise en place d'une procédure de sélection du site et du choix du site définitif, l'étude est menée sur le site de référence de l'Orme des Merisiers. Ce site nous permet de tester entre autres les capacités de réaction et d'adaptation de la maîtrise d'œuvre.

Le planning est à ce jour respecté et l'ordre de service pour le démarrage de l'APS a été mis en place le 2 juillet 1997. Une maquette paysagée à l'échelle 1/750e a été réalisée par Chaix et Morel fin juin.

---

## LES SOURCES

Les études suivent le planning fixé pour passer les commandes des composants du Linac et des éléments magnétiques du Booster et de l'Anneau de stockage dès le début de l'année 99. Le programme de R&D sur les cavités supra conductrices est bien engagé et des prototypes des éléments pulsés d'injection et d'extraction seront bientôt lancés. Il en est de même pour certaines parties critiques des chambres à vide.

### ❖ LINAC :

L'objectif est de commencer les tests faisceau en janvier 2001, soit deux ans après le lancement de la construction.

Le pré injecteur est un linac à électrons de 100 MeV pour lequel nous avons choisi deux sections accélératrices chacune alimentées par leur propre klystron. Cette configuration permet d'assurer une parfaite fiabilité. En cas de panne majeure, le Linac pourra fournir un faisceau de 60 MeV encore acceptable par le Booster.

Les études d'optique (1er ordre), du vide, du réseau HF sont terminées, ainsi que celle de la ligne de transfert basse énergie. L'implantation de l'accélérateur dans son bâtiment, y compris sa protection radiologique, est achevée.

### ❖ BOOSTER :

Les premiers tests faisceau commenceront en février 2001 dès que le Linac sera opérationnel.

Le Booster, synchrotron de 143 m de circonférence, accélère le faisceau d'électron de 100 MeV jusqu'à l'énergie de L'Anneau de stockage 2,5 GeV. L'optique choisie, de symétrie 4, est une structure FODO dite à " aimants manquants " afin d'obtenir une dispersion nulle au niveau de la RF, de l'injection et de l'extraction.

Un taux de répétition de 10 Hz (plutôt que de 1 Hz) a été choisi car la dynamique des faisceaux est plus favorable : pas de problème de dispersion en énergie dans le Linac, pas de courants élevés, une traversée plus facile des résonances et par conséquent une marge de sécurité importante pour des injections rapides. Le coût d'investissement est plus important, mais il est compensé par un coût d'opération plus faible (l'alimentation électrique ne doit remplacer que les pertes des circuits). L'étude des éléments magnétiques (dipôle, quadrupôle) est bien avancée et celle des éléments d'injection et d'éjection va permettre très prochainement de décider des techniques à employer et de construire des prototypes.

La ligne de transfert haute énergie a été étudiée avec, en particulier, le souci d'éliminer toutes les particules qui ne seraient pas acceptées par l'Anneau. Ces précautions préservent l'avenir, en ce qui concerne une éventuelle injection en continu pour des performances encore supérieures !

### ❖ ANNEAU DE STOCKAGE :

Les premiers tests des faisceaux sont prévus en juin 2001 donnant ainsi les premiers photons de SOLEIL.

La structure a été complètement optimisée pour un fonctionnement à 2,5 GeV. La durée de vie Touschek (collisions internes dans un paquet) est une limitation intrinsèque pour un Anneau d'énergie moyenne comme SOLEIL, particulièrement dans le mode structure temporelle avec une très forte densité par paquet. Un effort important a été réalisé sur l'optimisation de l'optique pour assurer la stabilité de particules ayant subi des grands échanges d'énergie dans les collisions (6% voire 8% de l'énergie totale). Le gain sur les performances habituelles est de l'ordre d'un facteur 3 et permet d'espérer des durées de vie ( Touschek et vide résiduel) proche de 20h dans les modes haute brillance et structure temporelle.

Les calculs montrent que la durée de vie Touschek reste limitée par l'ouverture physique et l'acceptance de la RF. La dimension horizontale de la chambre à vide (70 mm) a été choisie

comme un bon compromis entre le gain sur la durée de vie et un dimensionnement raisonnable des systèmes RF(4 MV) et des éléments magnétiques. Dans le plan vertical, la dimension de 25 mm retenue pour les arcs et les triplets a été déterminée par la diffusion élastique sur le gaz résiduel dans les insertions (l'entrefer minimum de 15 mm impose une hauteur de chambre à vide de 13 mm qui correspond à 25 mm au maximum dans les quadrupôles).

Les systèmes vide et magnétique ont été revus dans leur ensemble pour tenir compte de la présence de pompage dans les quadrupôles et d'un jeu minimum entre la chambre à vide et les pôles permettant des micro déplacements transverses nécessaires pour assurer la stabilité mécanique des moniteurs de position. La question de la nécessité ou non d'un étuvage in situ intégré dans le design des aimants a été débattue au cours d'un workshop récent sur le vide de SOLEIL regroupant des experts du CERN, de l'ESRF, de Daresbury, de SACLAY et du LURE. Au vu des résultats obtenus sur une ligne de photons du DCI (LURE), on serait tenté de conclure qu'au bout de trois mois de conditionnement sous faisceau de rayon X (temps nécessaire pour obtenir un fonctionnement fiable de l'Anneau), on obtiendrait le même vide dynamique avec ou sans étuvage in situ. Toutefois, le workshop a considéré qu'il était difficile de couvrir par l'expérience sur DCI tous les cas qui se présentent dans la réalité et a recommandé de prévoir un léger étuvage in situ à 170°C. En conséquence, un système d'étuvage d'épaisseur inférieur à 2 mm (circuit imprimé, fibre de verre ou air et feuille d'aluminium) est envisagé. Par ailleurs le système de pompage a été dimensionné pour obtenir mieux que la performance classique de  $10^{-9}$  en particulier dans les éléments critiques comme les dipôles de courbure et les insertions.

L'étude des aimants principaux est très avancée, le dipôle (entrefer de 37 mm, champs nominal de 1,56 T ) et le quadrupôle (diamètre du cercle de gorge de 66 mm) en sont maintenant aux études de détail et l'étude magnétique des sextupôles est presque terminée. Un effort constant a été fait pour optimiser les aimants afin de répondre aux tolérances tout en minimisant les coûts de fonctionnement.

Le système RF est l'un des organes cruciaux d'un Anneau de stockage. En dehors des problèmes de fiabilité souvent délicats, les performances en brillance peuvent être limitées par les oscillations longitudinales des paquets dues aux modes d'ordre supérieurs " HOM's " des cavités accélératrices. Pour supprimer ces modes parasites, il faut des tubes faisceau de large diamètre, ce qui impose des cavités supraconductrices afin de fournir le champ accélérateur nécessaire. Dans le cadre du programme de R&D, un design original à 353 Mhz a été proposé. Il consiste en une paire de cellules reliées par un tube dont le diamètre a été optimisé de sorte que le couplage soit très faible pour le mode fondamental, mais très fort pour les HOM's. Les simulations montrent que les modes dangereux peuvent être suffisamment amortis, pour assurer une parfaite stabilité pour SOLEIL, par des amortisseurs classiques sans ferrite dans la chambre à vide. Le système complet de ces deux cavités devrait être réalisé et testé pendant la durée de l'APD, avec la collaboration du CERN. Des premiers tests sur des cavités prototypes en cuivre permettront dès le mois d'août prochain de confirmer la validité du principe.

---

**Groupe Projet SOLEIL, avenue de la Terrasse, 91198, Gif-sur-Yvette France.**  
tel : 01 69 82 42 79, fax : 01 69 82 42 95, e-mail : [laclare@sol.cnrs-gif.fr](mailto:laclare@sol.cnrs-gif.fr)  
Cellule de Communication du Groupe de Projet :  
tel : 01 64 46 82 25, fax : 01 64 46 41 02, e-mail : [fabre@lure.u-psud.fr](mailto:fabre@lure.u-psud.fr)