



*Ce bulletin trimestriel a pour but de tenir informée la communauté des utilisateurs des différentes actions menées sur les installations laser (LULI2000, PICO2000 et ELFIE), des avancées sur APOLLON et de façon plus générale, des dernières nouveautés du LULI*

---

## LULI2000 & PICO2000

---

### Planning expérimental

Le nouveau planning des expériences programmées, à la suite de l'arbitrage du comité de programme, pour la période juin 2019 – juillet 2020 est désormais accessible sur le site du LULI dans l'onglet « *Installations* ».

### Salles d'acquisition

Pour ceux qui sont passés par le LULI2000 ces derniers mois, vous avez dû remarquer les modifications de la salle d'acquisition n°2 (enlèvement de la grosse structure métallique près du banc cible). Nous continuons actuellement à préparer les travaux d'aménagement des salles d'acquisition. Le but de ces travaux est d'obtenir une seule salle d'acquisition, mais plus spacieuse (tout en gardant les deux bancs d'alignement) et une salle réservée pour les exploitants. Les plans ont été validés et une société extérieure a été mandatée par l'Ecole pour intervenir à partir du lundi 19 août 2019 pour :

- agrandir l'ouverture dans la cloison qui sépare les salles d'acquisition
- monter une cloison en salle d'acquisition 1
- modifier les servitudes des 2 salles (climatisation, électricité, etc.)

Contact : [fabien.serres@polytechnique.edu](mailto:fabien.serres@polytechnique.edu) (54 55)

---

### Laser CFR200

Le laser CFR, utilisé comme faisceau sonde pour de l'ombroscopie ou interférométrie, est en cours de modification et Quantel a pris beaucoup de retard en raison de problèmes d'approvisionnement. Cependant, nous avons pu récupérer en prêt un laser, le « ULTRA », en attendant que les changements soient opérationnels. Il peut fournir des impulsions de 8ns avec des énergies de 10mJ à 1064nm ou 6mJ à 532nm. Les essais d'interférométrie que nous avons réalisés sont tout à fait concluants.



Contact : [fabien.serres@polytechnique.edu](mailto:fabien.serres@polytechnique.edu) (54 55)

## Point sur les oscillateurs fibrés de LULI2000

Le LULI2000 a depuis fin 2017 trois oscillateurs nanosecondes indépendants pour les chaînes kilojoules et la chaîne annexe BLEUE. En 2018, des optiques sur ces trois oscillateurs ont été endommagées par inadvertance lors de maintenances, rendues plus délicates avec le départ de Yohan Ayoul, ce qui a engendré de forts retards sur les maintenances classiques des chaînes kilojoules. C'est une des raisons pour laquelle un certain nombre de campagnes fin 2018 n'ont pu commencer dès le lundi. Il a été décidé d'approvisionner progressivement, avec les budgets disponibles, l'ensemble des composants critiques pour un échange rapide en cas de casse. Actuellement, nous n'avons pas encore reçu l'ensemble des composants optiques de rechange : une partie vient des Etats Unis et les délais d'approvisionnement peuvent aller de 3 à 6 mois.

L'oscillateur picoseconde est lui aussi en attente de réception de nouveaux barreaux et d'un module d'amplification. Nous mettons tout en œuvre pour rétablir un contraste optimal sans pré-pulse avant fin février.

Nous avons également reçu un nouvel AWG Tektronix qui viendra remplacer le modèle Kentech de la chaîne BLEUE. Les trois oscillateurs nanosecondes auront ainsi exactement le même système fibré, ce qui permettra plus de flexibilité en cas de panne.

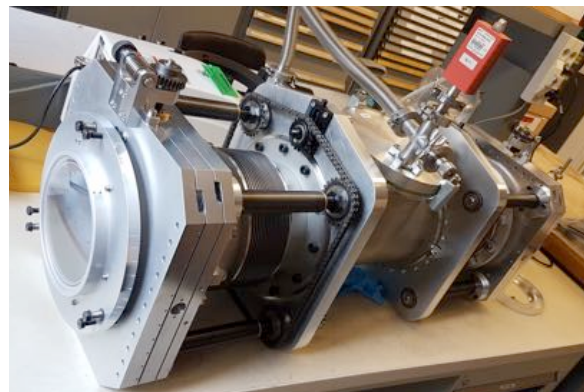
Contact : [loic.meignien@polytechnique.edu](mailto:loic.meignien@polytechnique.edu) (53 29)

---

## Livraison et test du filtre spatial FS15

Les chaînes kilojoules du LULI2000 sont composées chacune de 5 télescopes pour agrandir progressivement le faisceau de 25 mm à 175 mm. Chaque télescope est muni d'un dispositif de filtrage spatial visant à filtrer les hautes fréquences spatiales contenues dans le faisceau, ainsi qu'un système de réglage des optiques d'entrée et de sortie. Cependant, certains télescopes ne possèdent pas tous les réglages nécessaires pour bien aligner le faisceau dans le temps imparti des maintenances, ce qui est le cas pour le filtre FS15 de 150 mm de diamètre. Le projet de refonte de ce filtre a été confié au BEM. Après un premier essai infructueux en raison de déformations mécaniques liées à la mise sous vide, la conception d'un second prototype a été relancée. Le challenge pour Anthony Berlioux et Sandra Dorard a été de développer une mécanique capable de tenir des pressions de plus de 300kg sur les faces des lentilles sans déformation lors

des cycles air/vide. Le second prototype est fonctionnel et a passé tous les tests positivement. Il sera implanté sur la chaîne NORD lors de la maintenance de février 2019. Si son exploitation donne satisfaction, ce dispositif sera dupliqué pour la chaîne SUD.



Contact : [anthony.berlioux@polytechnique.edu](mailto:anthony.berlioux@polytechnique.edu) (53 95) ; [sandra.dorard@polytechnique.edu](mailto:sandra.dorard@polytechnique.edu) (53 75)

---

## Changement du miroir déformable sur la chaîne SUD

Les chaînes kilojoules du LULI2000 sont équipées depuis plus de 10 ans d'une boucle d'optique adaptative. Nous avons eu une panne sur le miroir de la chaîne SUD en 2017 liée à une électrode défectueuse. En remplacement, un miroir plus grand, acheté pour des tests lors de l'implantation des boucles adaptatives, avait été monté, mais il était plus difficile à utiliser au quotidien pour les équipes d'exploitation. Lors de l'inventaire exhaustif de tous les composants optiques, mené depuis plus d'un an, nous avons retrouvé un miroir neuf et fonctionnel, stocké en salle métrologie. Nous avons donc changé le miroir déformable 120 mm pour remettre un 90 mm comme celui d'origine. La boucle d'optique adaptative de la chaîne SUD est de nouveau opérationnelle de manière optimale.

Contact : [loic.meignien@polytechnique.edu](mailto:loic.meignien@polytechnique.edu) (53 29)

## Réception des nouveaux systèmes de vide + trappe de visite pour les filtrages spatiaux

Le système de vide du LULI2000, constitué d'une vingtaine de jauges à vide couplées à des contrôleurs électroniques, est devenu obsolète. Il a été décidé de migrer progressivement le parc actuel vers un nouveau système, en équipant une première chaîne en 2019, la seconde l'année prochaine. En parallèle, nous avons investi dans des trappes de visite pour l'ensemble des filtrages spatiaux des chaînes kilojoules pour faciliter l'accès et suivre l'état des filtres depuis l'extérieur. Avant, il fallait dévisser environ 25 boulons et changer à chaque ouverture des joints en cuivre coûteux. Avec ces nouvelles trappes de visite s'ouvrant avec une molette, sans joint jetable et munis de hublot de visualisation, le travail des exploitants sera facilité lors des phases d'alignement. Nous avons aussi fait la maintenance d'un grand nombre de pompes turbomoléculaires des chaînes.

Contact : [jordan.andrieu@polytechnique.edu](mailto:jordan.andrieu@polytechnique.edu) (53 08)

---

## Réception des flashes 44 pouces

Les chaînes kilojoules du LULI2000 utilisent plusieurs centaines de lampes flash pour pomper les milieux actifs en verre:Nd. Leur durée de vie est de l'ordre de 10000 tirs, soit environ 10 ans au rythme de 1000 tirs par an. Il en faut de 16 à 24 par grands amplis, pour un coût moyen de 2k€ par flash. Le stock des flashes de 44 pouces arrivant à épuisement, nous l'avons réapprovisionné courant 2018 à la suite d'un marché. La sélection des fournisseurs est très compliquée car le savoir-faire sur ce type de composants est très spécifique. Nous avons retenu la société Solcera qui fournit également l'installation LMJ. Les tests de déverminage ont été réalisés directement au LULI sur le banc test flash fin 2018. Cela va permettre d'avoir ainsi tous les étages d'amplification montés par avance, ce que nous n'avions plus depuis de nombreuses années.

Contact : [bruno.hirardin@polytechnique.fr](mailto:bruno.hirardin@polytechnique.fr) (53 47)

---

## ELFIE

---

### Amplificateur A

A la suite des investigations menées sur le dommage de la fenêtre d'entrée de l'ampli A, nous avons trouvé l'origine de la piqûre : il s'agissait d'un retour parasite de la lentille du dernier filtre spatial, dont le traitement a dû se détériorer au fil des années (la lentille n'a jamais été changée depuis la mise en fonctionnement d'ELFIE). L'approvisionnement d'une telle lentille étant trop long, nous avons opté pour un tilt de la lentille qui permet à l'image parasite de se focaliser sur le cadre métallique, donc sans conséquence pour la fenêtre de l'ampli.

Contacts : [joanna.desousa@polytechnique.edu](mailto:joanna.desousa@polytechnique.edu) (53 28) ; [doina.badarau@polytechnique.edu](mailto:doina.badarau@polytechnique.edu) (54 28)

---

### Amplificateur A, encore ...

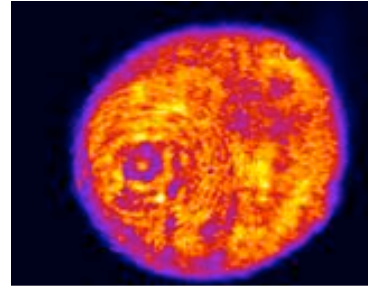
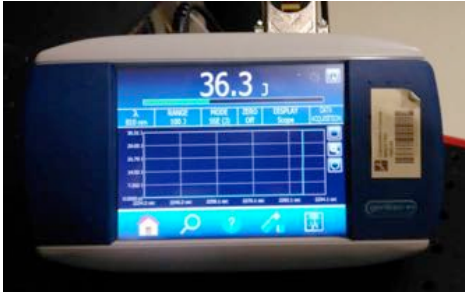
Décidément, l'ampli A joue de malchance. Quelques heures avant la fin de la campagne Boyer, le 21 décembre, nous avons entendu lors d'un tir un énorme bruit accompagné d'une secousse importante. Après ouverture de l'ampli en salle blanche, les dégâts sont minimes car seul un câble HT a été endommagé. Il n'y a eu aucun dégât sur les optiques. Après quelques sueurs froides sur sa remise en place en salle laser, il est de nouveau opérationnel et les premiers tirs ont été effectués correctement.



Contact : [doina.badarau@polytechnique.edu](mailto:doina.badarau@polytechnique.edu) (54 28)

Compatible 1 PW !

L'énergie la plus élevée obtenue dans les conditions nominales de fonctionnement est d'environ 33 Joules en sortie de la section amplificatrice. En augmentant temporairement la tension des flashes de l'ATLAS100 pour atteindre 104 Joules d'énergie de pompage pour Amp30, nous avons obtenu 36,3 Joules.



Right: Typical beam profile of the Amp30 at 30 Joules (acquisition after AF5 ( $\Phi 1400$ ) in the SAD300). Left: Maximum energy capacity at the output of Amp30 (before AF5) nset.

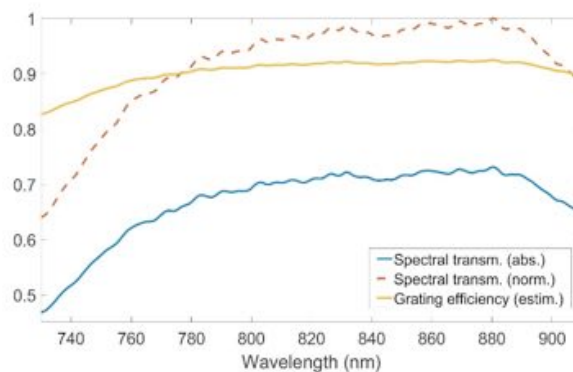
Les pertes dues au transport du faisceau 1PW ont été mesurées avec précision. Entre la sortie d'Amp30 et l'entrée du compresseur 1PW, nous mesurons environ 8% de pertes. Dans le schéma de transport du faisceau, nous incluons actuellement deux miroirs de fuite de  $T \sim 2\%$  (utilisés pour le diagnostic de la boucle de correction du front d'onde et du faisceau à l'entrée du compresseur 1PW). Cela signifie que les pertes estimées pour le reste du système de transport de faisceau (20 miroirs et 10 surfaces revêtues d'AR) sont d'environ 4 à 5%, ce qui correspond à une réflexion par surface supérieure à 99,8%, et donc à une excellente qualité (conforme aux spécifications).

**Cette mesure nous permet d'estimer que l'énergie maximale atteignable à l'entrée du Compresseur 1PW est aujourd'hui de 33,7 Joules.**

La transmission du compresseur (du hublot d'entrée à la sortie du compresseur) a été mesurée avec le faisceau de 10 Hz sur un diamètre de faisceau d'environ 65 mm (sur un diamètre total de 140mm). **On estime qu'elle vaut mieux que 67%**. La précision de la mesure est d'environ  $\pm 1\%$  sur la base de plusieurs mesures et d'une moyenne sur de longues durées (acquisitions d'une minute avec le même joule mètre successivement).

La transmission spectrale du compresseur a également été mesurée avec l'utilisation de la sortie de l'oscillateur Rainbow couplée à une fibre. L'impact de cette transmission spectrale est minime sur les impulsions de la plage 20 fs ( $< 0,1$  fs).

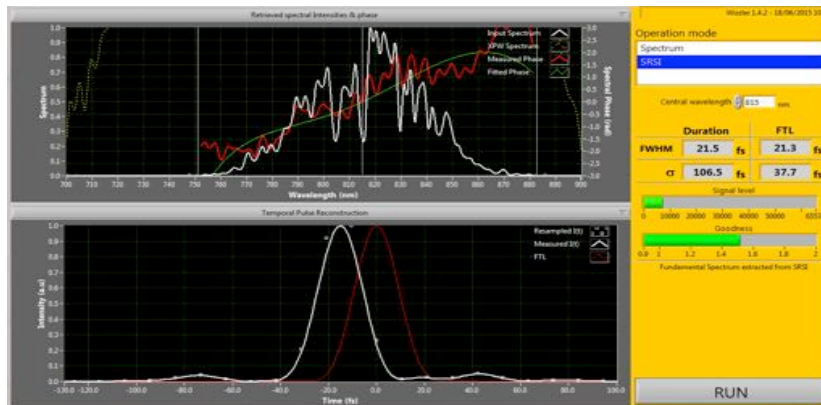
**Ces mesures nous permettent d'estimer que l'énergie maximale atteignable à la sortie du Compresseur 1PW est aujourd'hui de 22,6 Joules.**



Spectral transmission of the CF2. The estimated equivalent grating diffraction efficiency is given with the yellow curve.

La compression a été optimisée sous air et la caractérisation des impulsions comprimées a été réalisée dans une sous-pupille de 4 à 10 mm (après un passage à travers une fenêtre de silice de 10 mm d'épaisseur traitée anti-reflet sur les deux faces et la propagation d'environ 3 mètres dans l'air vers deux diagnostics temporels, un auto-corrélateur mono coup (BONSAI de Amplitude Système) et un WIZZLER (de Fastlite). Les meilleurs résultats obtenus à ce jour sont illustrés dans la figure ci-dessous. Au niveau 36J, nous avons obtenu environ 21,3 fs de durée FTL comprimée autour de 21,5 fs.





Mesure du Wizzler démontrant la capacité de descendre à 21,5 fs (21,3 fs FTL)

En combinant les deux quantités, on peut estimer que la capacité de pointe est aujourd'hui :

$$P_{\text{peak}} = 22,6 / 21,5 = 1,05 \text{ PW (valeurs obtenues)}$$

Contacts : [dimitrios.papadopoulos@polytechnique.edu](mailto:dimitrios.papadopoulos@polytechnique.edu) ; [francois.mathieu@polytechnique.edu](mailto:francois.mathieu@polytechnique.edu)

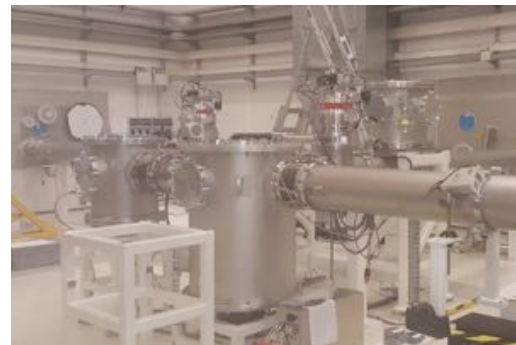
### Qualification faisceau 1PW

La qualification du faisceau 1PW se fera dans l'enceinte d'interaction de la salle longue focale où des diagnostics laser fiables pourront être installés.

Les enceintes permettant de transporter le faisceau F2 depuis le compresseur 1PW jusqu'aux deux salles sont en places. Elles ont été testées au vide et au test RGA. Les résultats des tests RGA ne sont pas encore conformes à nos exigences, mais devraient le devenir après plusieurs jours de pompage.

L'ensemble des montures est intégré dans les enceintes. Les miroirs sont installés et alignés pour emmener le faisceau jusque dans l'enceinte d'interaction de la salle longue focale et faire les premiers tirs en centre chambre.

A noter qu'à l'entrée et à la sortie du compresseur 1PW des senseurs permettant de mesurer le champ proche, le champ lointain et l'énergie sont en place. Le senseur en sortie mérite encore des améliorations.

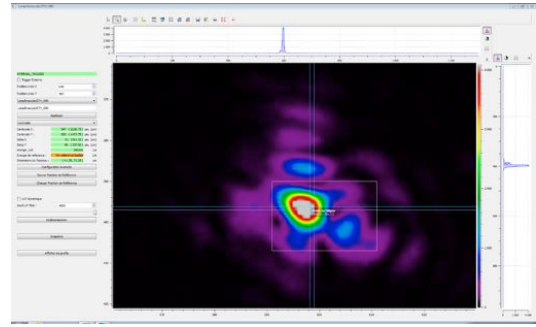


Vues des enceintes de transport du faisceau F2 en LPA



Vues des enceintes de transport du faisceau F2 en LFA

Le faisceau continu injecté à l'entrée de la section amplificatrice a servi pour réaliser le premier alignement jusqu'au centre chambre. La figure ci-après présente la première tache focale mesurée en décembre 2018 au centre chambre avec le faisceau continu, **sans aucune correction du front d'onde**. Les opérations d'alignement vont se poursuivre avec le 10Hz puis le vrai faisceau. La qualification laser pourra alors débuter (énergie, durée d'impulsion, contraste, tache focale, ...).



*Tache focale obtenue au centre de l'enceinte d'interaction de la salle longue focale avec le faisceau continu.*

Contacts : [dimitrios.papadopoulos@polytechnique.edu](mailto:dimitrios.papadopoulos@polytechnique.edu), [melanie.chabanis@polytechnique.edu](mailto:melanie.chabanis@polytechnique.edu), [luc.martin@polytechnique.edu](mailto:luc.martin@polytechnique.edu)

---

### Diagnostic centre chambre

La mécanique du système centre chambre permettant d'envoyer le faisceau vers les diagnostics laser a été installée. Ce système comporte un périscope escamotable et un système afocal réduisant le diamètre du faisceau, permettant ainsi la traversée d'un hublot de très faible épaisseur et autorisant ainsi des mesures de forme temporelle. Cet afocal réalise aussi l'imagerie en champ proche de plusieurs plans dans la chaîne laser permettant ainsi de visualiser correctement les croix d'alignement et en champ lointain permettant de visualiser une tache focale équivalente. D'autres diagnostics permettront de caractériser les performances réelles du laser au niveau des cibles (énergie, contraste, ...). Enfin, une platine de translation permet de reconfigurer facilement ce système lorsque la focale du miroir de focalisation est modifiée pour passer de 3 à 9 mètres ou inversement. Cet ensemble sera aligné et qualifié (stabilité du mouvement d'insertion / désinsertion) d'ici la fin du mois de janvier.



Contacts : [luc.martin@polytechnique.edu](mailto:luc.martin@polytechnique.edu) ; [melanie.chabanis@polytechnique.edu](mailto:melanie.chabanis@polytechnique.edu)

---

### Autorisation d'exploitation

Le dossier ASN a été adressé à l'Autorité de Sûreté Nucléaire fin août 2018. Une visite de l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) a eu lieu sur l'installation le 14 novembre 2018. Nous sommes actuellement dans le processus des questions réponses.

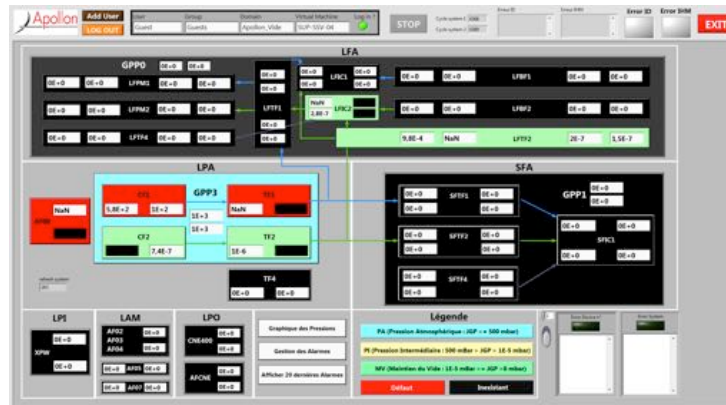
Le dossier CLS (Comité Local de Sécurité) a été adressé au Centre de Saclay en décembre 2018. La commission locale de sécurité est programmée le 29 janvier 2019 matin. A ce jour, aucun point bloquant n'a été relevé.

Contact: [jean-philippe.delaneau@polytechnique.edu](mailto:jean-philippe.delaneau@polytechnique.edu)

---

## Les Sous-Systèmes Vide (SSV)

Actuellement sur Apollon, sur 30 enceintes de mise sous vide, 8 sont déjà déployées et pilotées dans l'environnement TANGO, via l'Interface-Homme-Machine (IHM) développée en LabVIEW. Le système est installé sur des machines virtuelles (VMs).



IHM général de contrôle-commande de tous les SSV sur Apollon

La mise en place d'un SSV suit une procédure stricte de déploiement. Un logigramme décrit premièrement la phase d'analyse et de définition. Cette étape est suivie de la phase d'intégration matériel ; c'est-à-dire le montage mécanique, le câblage et le raccordement des équipements. En parallèle, les différents modules informatiques sont développés. Ces programmes sont contrôlés dans la dernière étape de recette et de tests. Aujourd'hui sur les 430 équipements prévus sur Apollon, 30 pompes, 30 jauges et 80 vannes sont en fonctionnement et surveillance continue. L'équipe du LULI a reçu un fort soutien des équipes de SOLEIL sur la définition du logigramme et des méthodes associées.



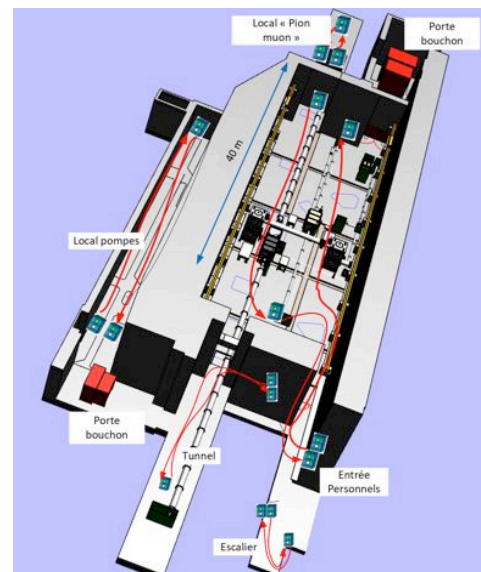
Enceinte LFI2 de mise sous vide dans LFA

Contacts : [boris.bras@polytechnique.edu](mailto:boris.bras@polytechnique.edu) ; [jean-philippe.delaneau@polytechnique.edu](mailto:jean-philippe.delaneau@polytechnique.edu)

## Réception du système de sécurité Personnels

Le système de sécurité Apollon est en exploitation depuis plusieurs années mais a fait l'objet de plusieurs évolutions depuis son installation. En octobre 2018, les derniers dispositifs en lien avec la radioprotection ont été activés : clés prisonnières sur les portes, rondiers, écrans de signalisation du risque radiologiques et les procédures de réception sont en cours avec le SPRE du CEA. Par ailleurs l'installation a été inspectée par l'IRSN en novembre dernier sur demande de l'ASN.

La figure jointe montre les différentes rondes d'évacuation de la salle longue focale (HE0). Chaque ronde est indépendante et seule la ronde de la salle sera effectuée entre chaque séquence de tirs si les autres n'ont pas été cassées entre temps. Les dimensions importantes de la salle imposent une durée de plusieurs minutes pour la ronde principale.



Contacts : [steve.simond@polytechnique.edu](mailto:steve.simond@polytechnique.edu) ; [laurent.ennelin@polytechnique.edu](mailto:laurent.ennelin@polytechnique.edu)



### Scanner

Le scanner d'IP, FLA7000, ne peut plus bénéficier du contrat de maintenance que nous avons jusqu'à présent. En effet il a été retiré de la vente depuis presque 10 ans et les pièces détachées ne se trouvent plus. Nous étudions la possibilité d'acheter un nouveau scanner (Amersham Typhoon).

Contact : [julie.albrecht@polytechnique.edu](mailto:julie.albrecht@polytechnique.edu) (53 70)

---

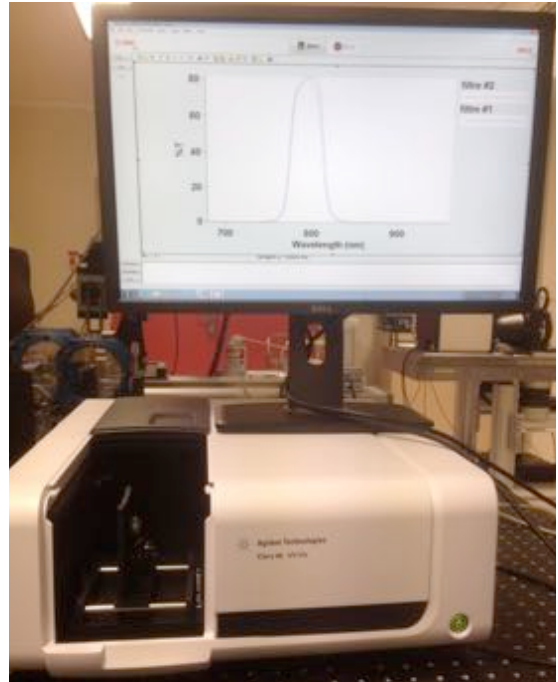
### Nouveau CARY60

Un nouveau spectrophotomètre Cary60 d'Agilent Technologie vient compléter le parc de mesure optique en salle de métrologie. Il est dédié à la caractérisation de la transmission ou de la réflexion de composants optiques en incidence normale sur la gamme spectrale 190-1100 nm. Sa résolution de mesure est comme celle du CARY500 : 0,1 nm, tandis que sa dynamique de mesure n'excède pas  $10^3$ .

Sa lampe flash au xénon permet au spectrophotomètre Agilent Cary 60 un fonctionnement avec de grandes optiques, couvercle ouvert, sans être affecté par la lumière de la pièce.

Le Cary60 utilise la version avancée du logiciel Cary WinUV sous Windows 7, 64 bit ou Windows 10, l'Interface Homme-Machine restant identique à celle du Cary500.

**Rappel :** La réservation pour utiliser les équipements de la salle métrologie se fait via le calendrier partagé « métrologie » sous Outlook en créant un R&V qui mentionne en objet : votre nom et l'appareil souhaité.



Contacts : [sophie.mennerat@polytechnique.edu](mailto:sophie.mennerat@polytechnique.edu) (53 97) ; [sylvain.savalle@polytechnique.edu](mailto:sylvain.savalle@polytechnique.edu) (53 30)

---

### Divers

---

Raphaël HUMBLLOT, élève à l'Institut d'Optique, est arrivé au LULI en apprentissage pour une durée de 3 ans, sous la direction de Loïc MEIGNIEN et de l'équipe laser du LULI2000. Il aura pour mission de participer aux projets de R&D du LULI2000 comme le projet de nouvelle source pour le futur VISAR, les diagnostics des chaînes annexes et le contraste de l'oscillateur picoseconde.

[raphael.humblot@polytechnique.edu](mailto:raphael.humblot@polytechnique.edu)

