

Etude de détecteurs pour les moniteurs Smith-Purcell de profil longitudinal

Contexte

- Accélération plasma

Des paquets d'électrons de quelques dizaines de fs sont générés dans un plasma, par le champ de sillage d'un laser ou de particules chargées.

Problématique: stabilité d'un tir à l'autre

→ Besoin de diagnostics spécifiques

- mesure tir unique
- non destructif
- peu cher (plusieurs étages successifs d'accélération)

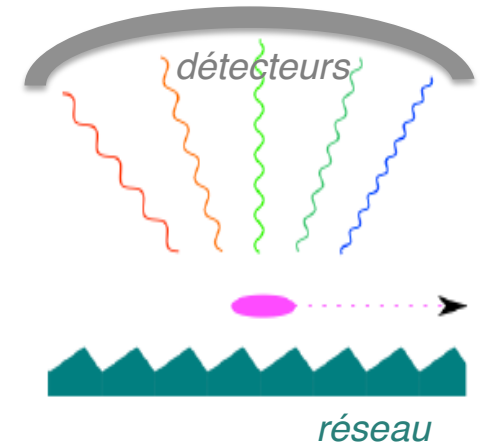
- Diagnostics de longueur de paquets existants

- Dipôle + caméra streak: limité à plusieurs centaines de fs
- Cavity déflectrice transverse: destructif, cher
- CTR ou CDR + interférométrie: pas tir unique si balayage
- Electrooptic sampling: résolution qui dépend des cristaux utilisés

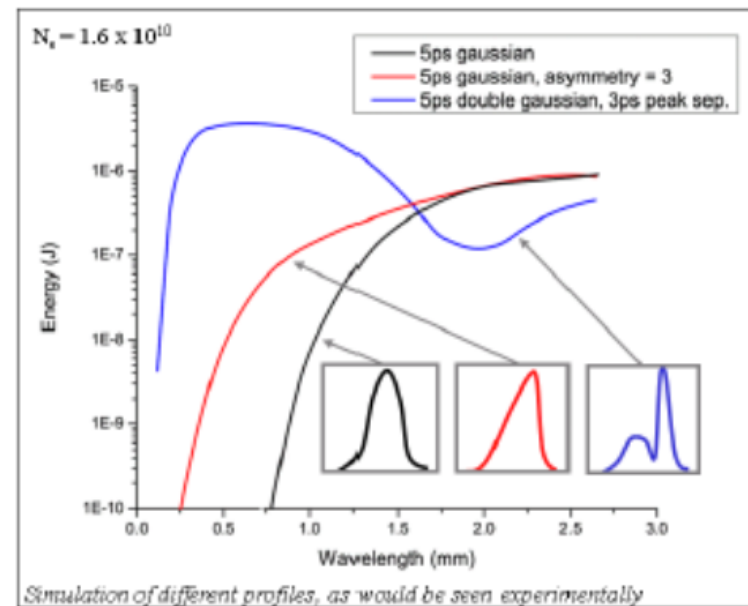
Radiation de Smith-Purcell

- Emission lorsqu'un paquet d'électrons passe à proximité d'un réseau métallique
- Contribution cohérente si $\lambda_{\text{émise}} \geq \sigma_z$ (longueur du paquet) :

$$P_{Ne} = P_{1e} [N_e + (N_e - 1)N_e |\tilde{\rho}(\sigma_z)|^2]$$
 - l'intensité dépend du carré du nombre d'électrons (N_e^2)
 - le terme ρ encode le **profil longitudinal du paquet**

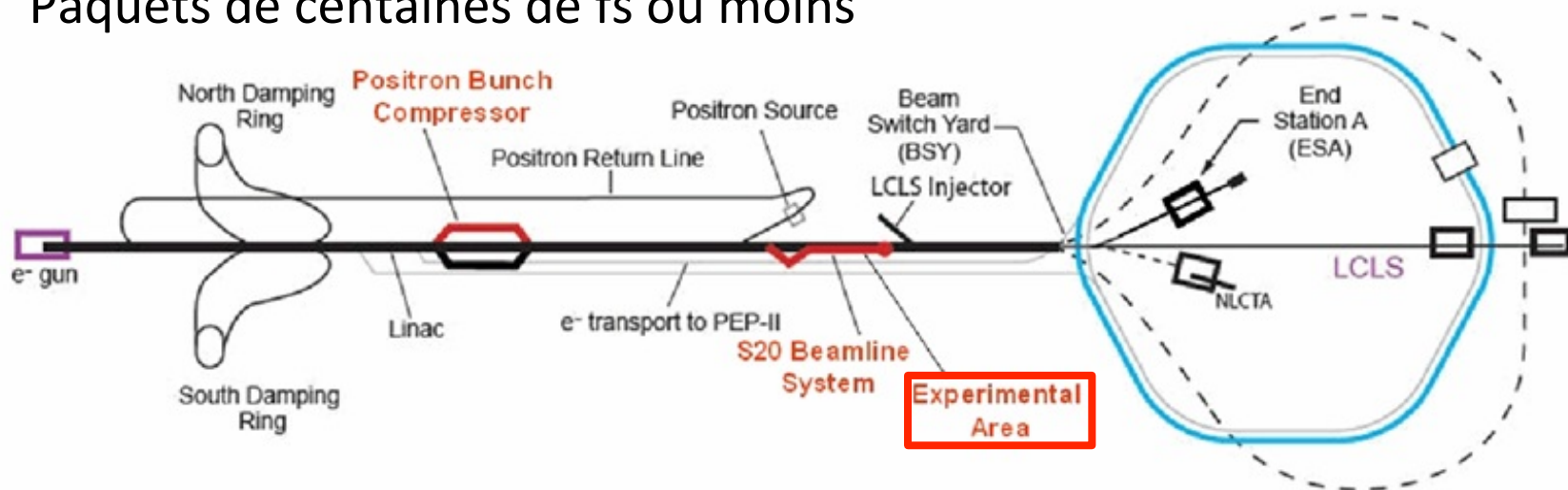


- Le profil longitudinal est retrouvé par TF inverse du signal détecté
- Le réseau disperse spectralement le signal : une mesure dans une direction donnée correspond à une longueur d'onde donnée.
 → la distribution angulaire observée dépend du pas du réseau, et du profil du paquet.



Expériences en cours: E203 (SLAC)

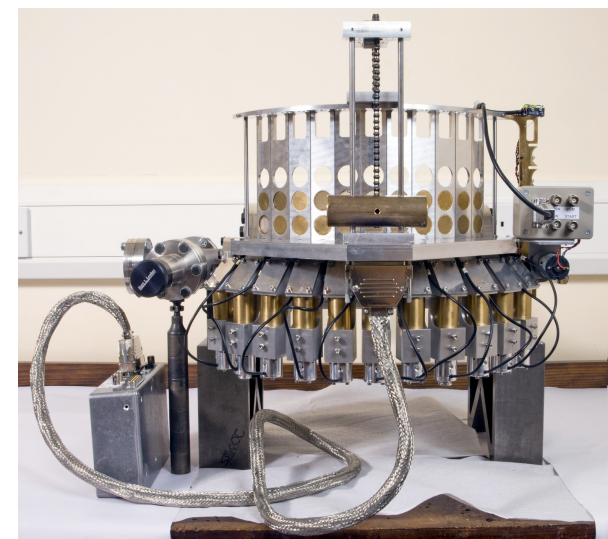
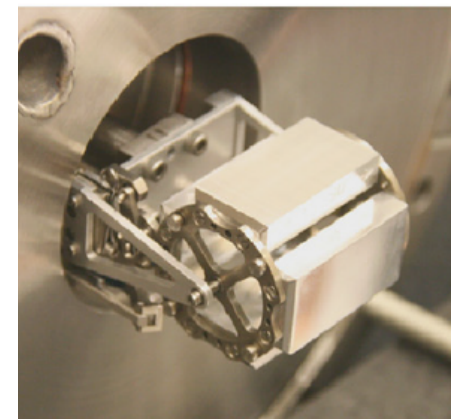
- Collaboration LAL + JAI Oxford + SLAC
- Sur FACET, électrons 20 GeV, $\sim 10^{10}$ électrons/paquet, max 10 Hz
- Paquets de centaines de fs ou moins



- FACET accueille de nombreuses expériences autour notamment de l'accélération plasma
- Equipés d'une cavité défectrice transverse pour la mesure de profils de paquets

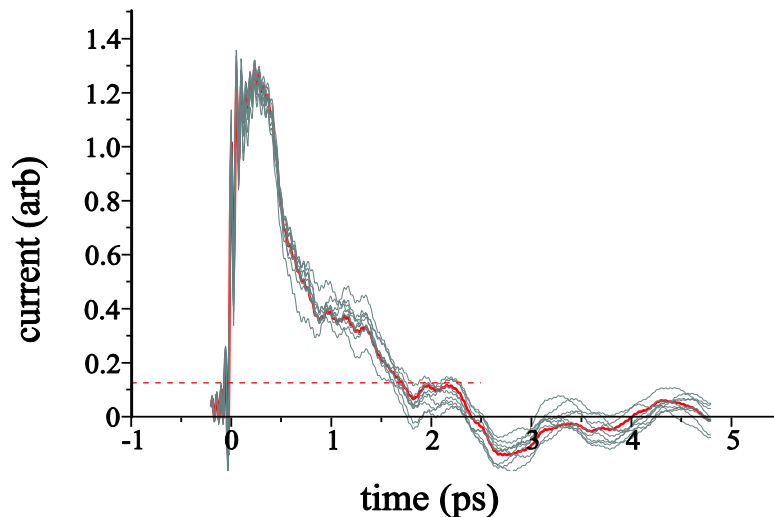
Expériences en cours: E203 (SLAC)

- Dans la chambre à vide : un carrousel avec
 - 3 réseaux (3 pas différents = grande couverture spectrale)
 - 1 "blanc" (sans dents, pour mesure de bruit de fond)
- 11 fenêtres de silicium pour laisser sortir la radiation Smith-Purcell à 11 angles différents
- Hors vide : système optique
 - 33 filtres optiques passe-bande adaptés aux 3×11 longueurs d'onde attendues
 - 11 concentrateurs optiques (cônes de Winston, pour focalisation)
 - 11 détecteurs pyroélectriques

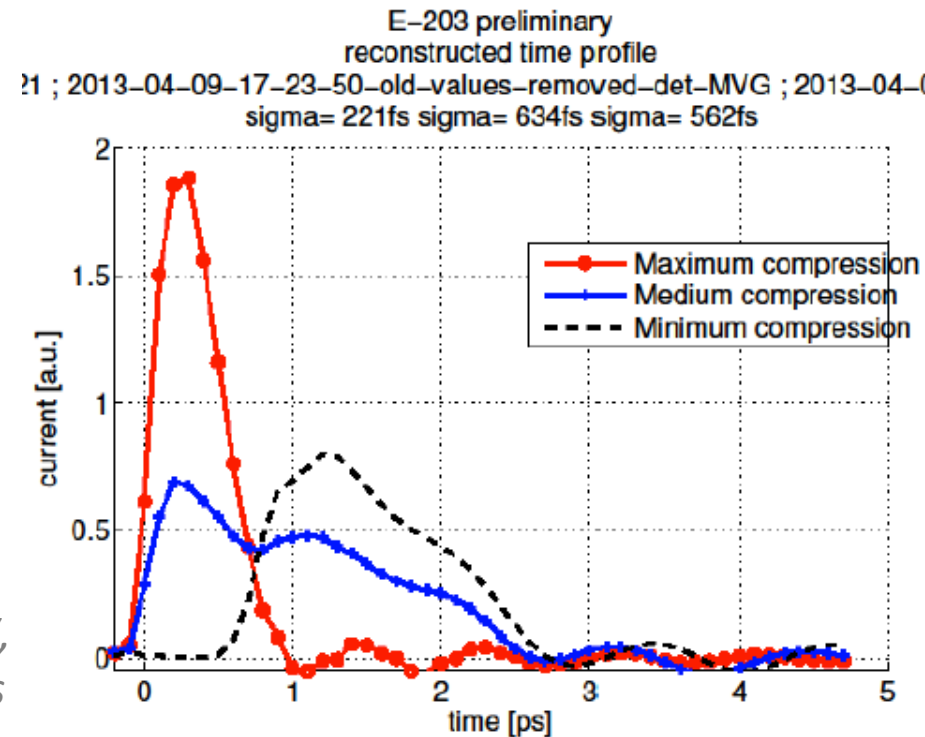


Reconstruction de profils à différentes longueurs de paquet

- Reconstruction du profil
- 3 différentes compressions

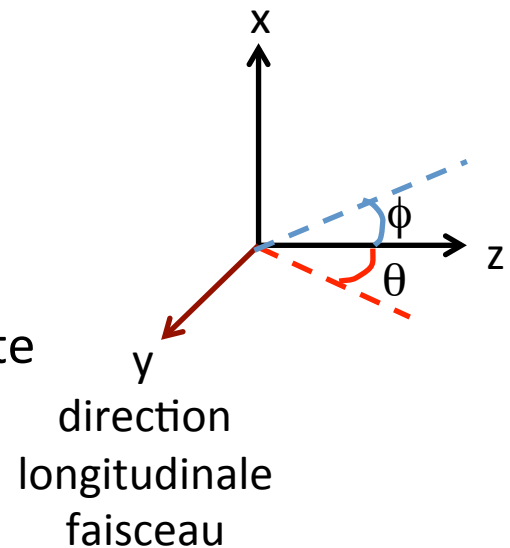


Reconstruction of the time profile of 20.35 GeV, subpicosecond long electron bunches by means of coherent Smith-Purcell radiation, PRSTAB 17, 052802 (2014)

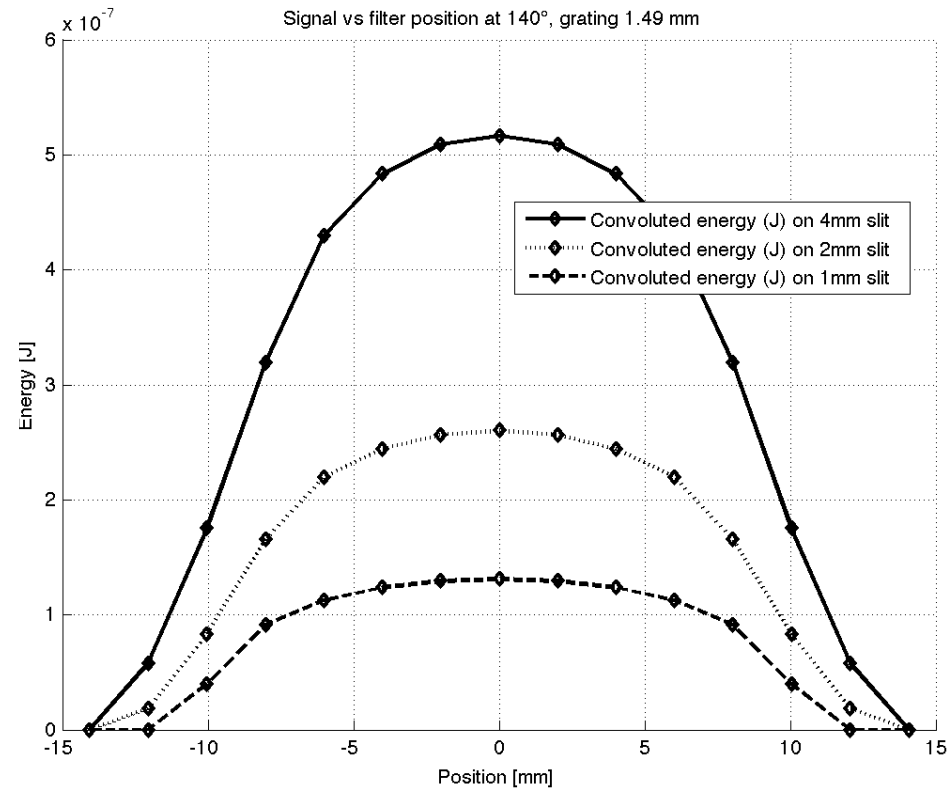
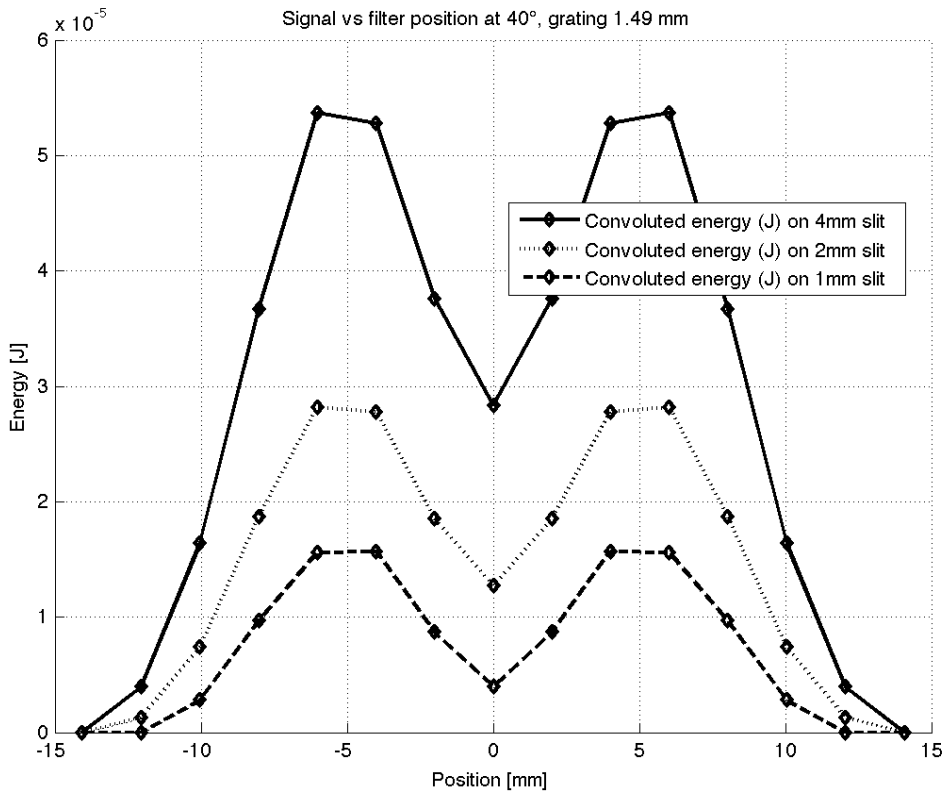


Progression vers un détecteur à tir unique

- Reconstruction du profil utilisant un seul réseau : NIM A 740, 212–215 (2014)
 - Utilisation du "blanc" non nécessaire si on parvient à décorréler signal et bruit de fond
- Piste : explorer la distribution spatiale du rayonnement
- Prise de données prévue pour fin mai : observation du signal à travers une fente, balayage vertical → distribution en ϕ
 - Travail de simulation effectué :
 - Vérifier le signal niveau de signal à travers la fente
 - Modélisation de la distribution attendue



Progression vers un détecteur à tir unique

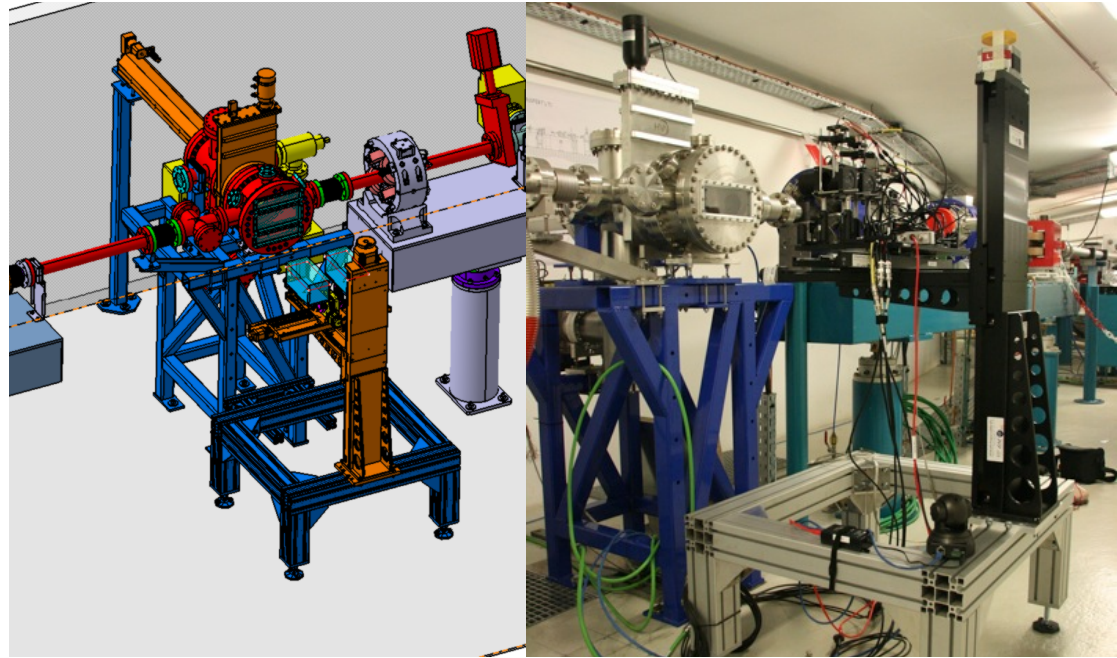


Expériences en cours : SPESO (SOLEIL)

- Electrons de 100 MeV, 0,5 nC en mode SPM (paquet court), 8,4 nC en mode LPM (train de paquets longs), 3 Hz
- Paquets entre 5 et 15 ps

Presentation of the Smith-Purcell experiment at SOLEIL, IBIC proceedings, TUPC37 (2013)

- Moniteur :
 - Sous vide : 1 réseau
 - Fenêtre en quartz
 - Hors vide : robot 5 axes + détecteurs



Autour de SPESO

- Constat : pas de signal détecté
- Pistes non liées au mode de détection :
 - Estimation initiale d'une trop courte longueur de paquet ? → pas du réseau modifié
 - Etat de surface du réseau non optimal ? → fabrication rendue plus similaire aux réseaux d'Oxford
 - Electronique d'acquisition trop lente ? → oscilloscope avec fréquence d'échantillonnage plus rapide que notre DAQ
 - Fenêtre de quartz non adaptée ? → mesures dans la zone angulaire où on n'attend pas de réflexion totale ($90^\circ \pm 25^\circ$)
 - Optique de focalisation non adaptée ? → signal recherché en direct
- Avec le nouveau pas de réseau, le signal est attendu autour de **35 GHz / 8,6 mm**. Les technologies de détecteurs utilisées pour E203 (pyroélectriques) ne sont pas caractérisées à ces longueurs d'onde et la transmission des optiques est à mesurer de nouveau.

Tests de détecteurs

- Les détecteurs sont-ils adaptés aux longueurs d'onde attendues ?
 - Détecteur RF (diode Gunn) : jusqu'à 300 mV de réponse à un signal DC à 35 GHz avec guide d'onde
 - Détecteur pyroélectrique non amplifié : quelques mV de réponse dans les mêmes conditions
 - Mesures effectuées sur SPESO en priorité avec le détecteur RF
 - La réponse des pyroélectriques est censée être indépendante de la longueur d'onde : présence d'oscillations ?
 - stage de Silvia (Erasmus M1) pour modéliser et mesurer (au LERMA ?) la réponse de pyroélectriques à différents λ

Tests de détecteurs

- Les détecteurs sont-ils assez rapides pour détecter la radiation Smith-Purcell ?
 - Test des détecteurs pyroélectriques avec impulsions courtes sur CLIO (macropulse CLIO : 10 μ s)
 - $\tau \sim 450 \mu$ s pour détecteurs non amplifiés
 - Détecteur RF à tester
 - sensible à une impulsion de quelques dizaines de ns ?



Perspectives

- Test à SOLEIL avec réseau extrait, pour confirmer ou infirmer que le pulse vu par le détecteur RF est du signal Smith-Purcell
- Choix et développement d'un système de détection définitif pour SPESO
- En cours : choix des détecteurs pour notre future expérience à Frascati (paquets ~ 200 fs), méthodes d'amplification à l'étude (Vitalii + tests faits par CLIO avec ampli haute fréquence)

MERCI