



# Mesure de profil longitudinal de paquets d'électrons grâce au rayonnement de Smith-Purcell

Nicolas Delerue

LAL (CNRS and Université de Paris-Sud)  
au nom de la collaboration SPESO.



Comprendre le monde,  
construire l'avenir®



*Work supported by seed funding from Université Paris-Sud, program « Attractivité »,  
by the ANR under contract ANR-12-JS05-0003-01 and previously by the Fell fund of the University of Oxford..*

# Mesure de profils longitudinaux de paquets d'électron

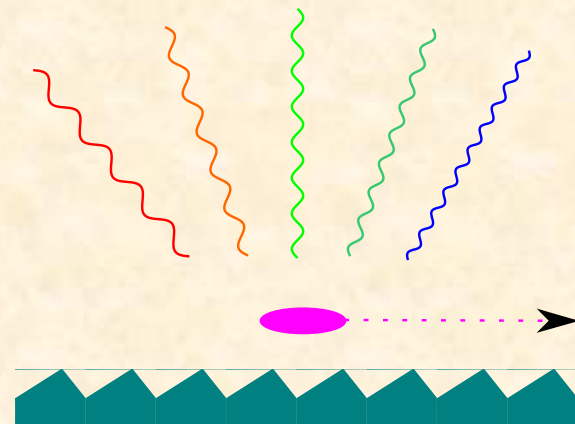
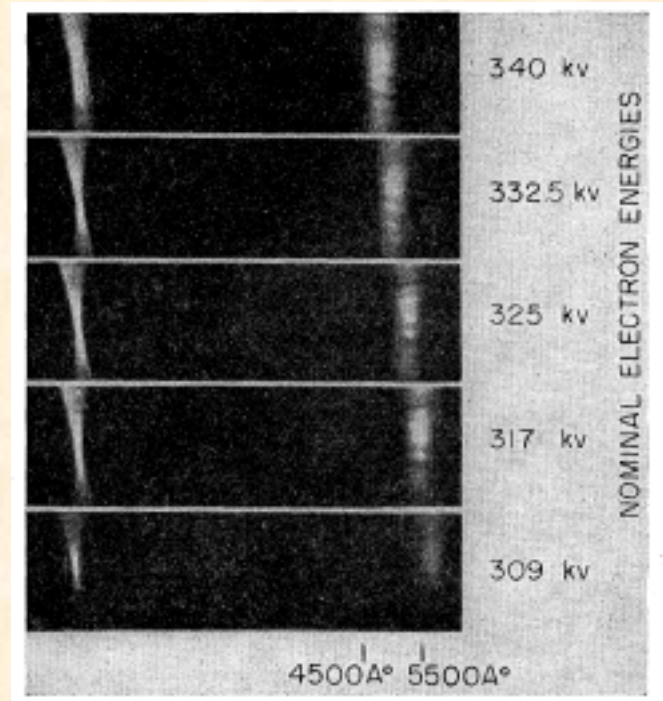
- Longueur typique d'un paquet d'électrons dans un accélérateur  $\sim$ ps ou moins  
=> pas possible de mesurer sa longueur directement.
- Méthode indirectes:
  - Permutation transverse/longitudinal par cavité défectrice: efficace mais cher (M€)
  - Utilisation du rayonnement émis.

# Utilisation du rayonnement émis pour mesurer la longueur

- Rayonnement synchrotron: caméra streak mais limité à  $\sim 1$ ps.
- Utilisation de rayonnement cohérent:
  - Rayonnement de diffraction: peu intense
  - Rayonnement de transition: intense mais bruit de fond compliqué
  - Rayonnement de Smith-Purcell

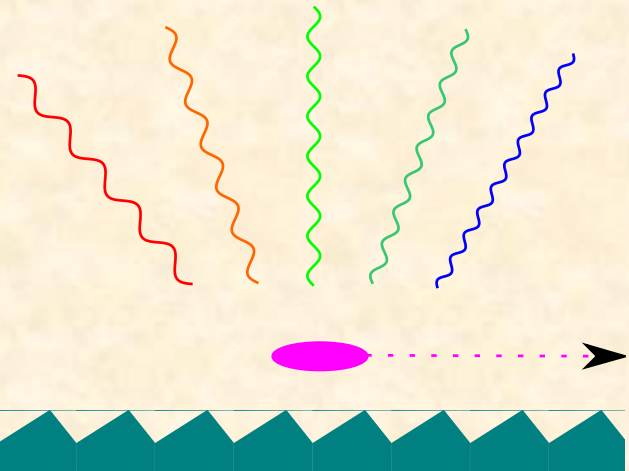
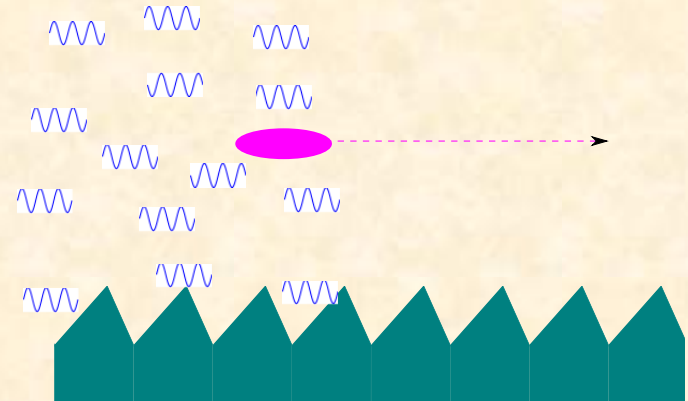
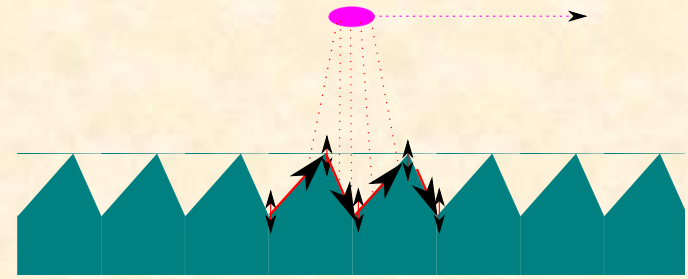
# Le rayonnement de Smith-Purcell

- Découvert expérimentalement en 1953 par Smith et Purcell.
- Lorsque des électrons (dans un VdG) passent près d'un réseau un rayonnement est émis.
- S.J. Smith and E.M. Purcell, Phys. Rev. **92**, pg. 1069, (1953)
- Des électrons de 300 keV passant au dessus d'un réseau de pas  $1,67\mu\text{m}$  émettent dans le visible.



# Interprétations

- Il existe plusieurs explications (toutes équivalentes).
- Il y a 3 ou 4 description théoriques différentes avec des prédictions proches mais pas identiques.
- L'une de ces interprétation est que le paquet d'électron induit un courant dans le réseau.
- Lorsque ce courant se propage le long du réseau du rayonnement dipolaire est émis.
- Ishiguro and Tako, Optica Acta (GB) 8 1961 25
- Une autre interprétation est que les photons du champs électromagnétique se propageant avec les électrons sont réfléchis par le réseau.
- G. Toraldo di Francia, Nuovo Cimento, 16 (1960) 61





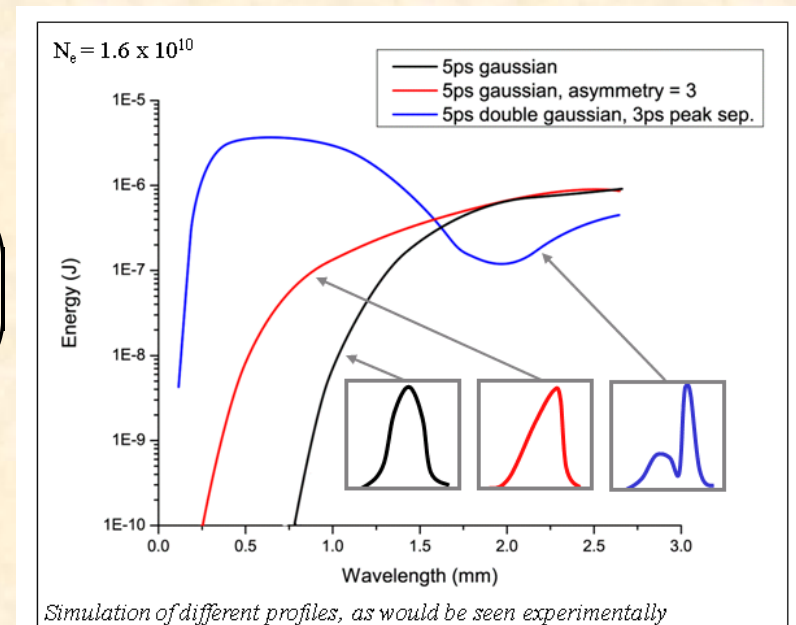
# Intensité du rayonnement de SP

- L'intensité du rayonnement de SP dépend de la distance entre le paquet et le réseau, ainsi que du pas du réseau.
- Pour des électrons relativistes, elle ne dépend presque pas de la vitesse.
- Dans sa forme cohérente elle encode aussi le profil temporel du paquet.

$$\left( \frac{dI}{d\Omega} \right)_{sp} = 2\pi q^2 \frac{Z}{\ell^2} \frac{n^2 \beta^3}{(1 - \beta \cos \theta)^3} R^2 \exp\left( -\frac{2x_0}{\lambda_e} \right)$$

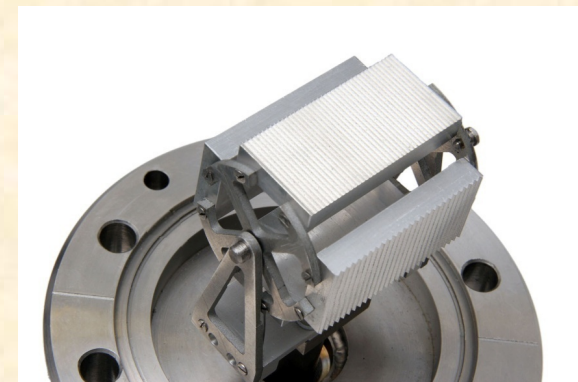
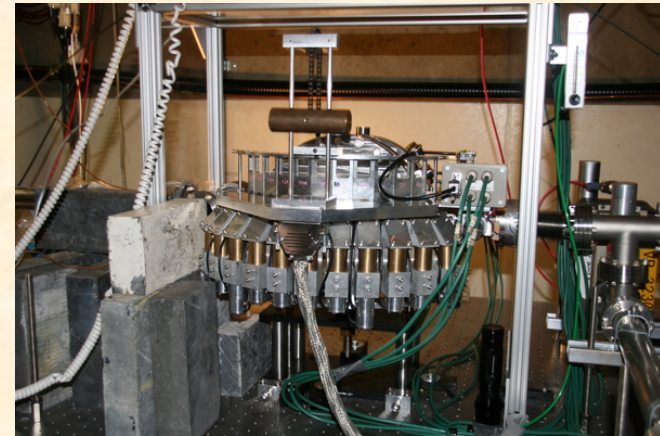
$$\lambda_e = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{\beta\gamma}{\sqrt{1 + \beta^2 \gamma^2 \sin^2 \theta \sin^2 \phi}}$$

$$\left( \frac{dI}{d\Omega d\omega} \right)_{N_e} (\Omega, \omega) = \left( \frac{dI}{d\Omega d\omega} \right)_{sp} (\Omega, \omega) \cdot [N_e + N_e(N_e - 1) |F(\omega)|^2]$$



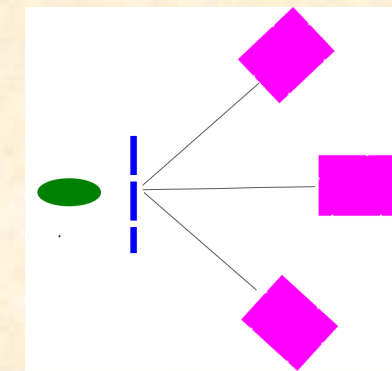
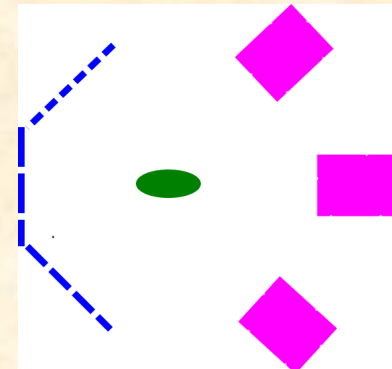
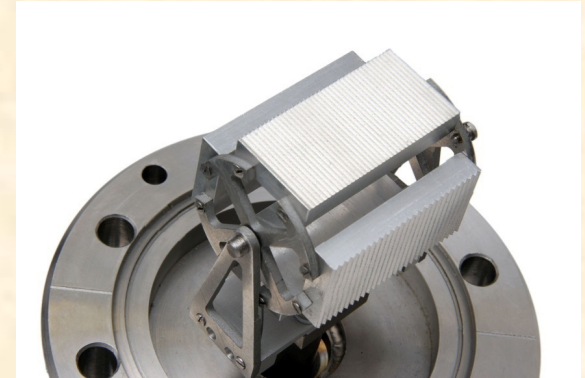
# R&D pour un mesureur de profil basé sur le rayonnement de SP: E-203

- Collaboration E-203 sur FACET au SLAC:  
Utilisation d'un dispositif existant pour mesurer le rayonnement de Smith-Purcell en sur plusieurs tirs dans le domaine fs.
- Nécessite plusieurs minutes d'acquisition de donnée pour mesurer un profil.
- Résultats très prometteurs.
- Voir poster de Mélissa Vieille Grosjean cet après-midi.



# R&D pour un mesureur à tir unique

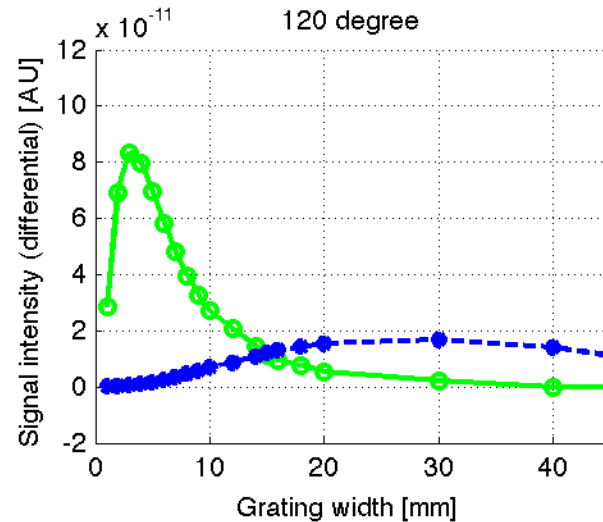
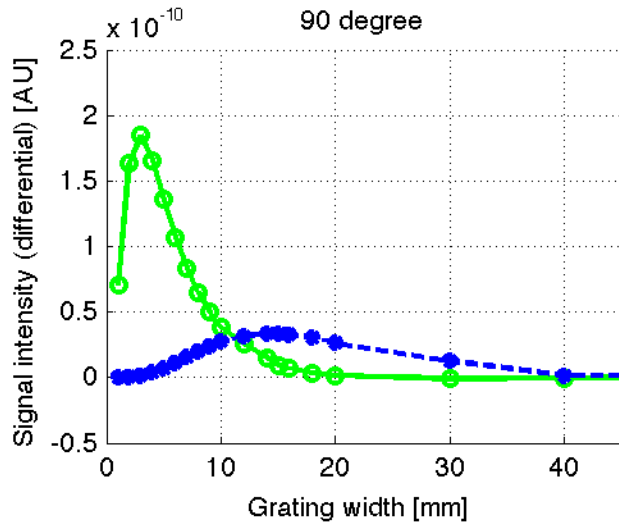
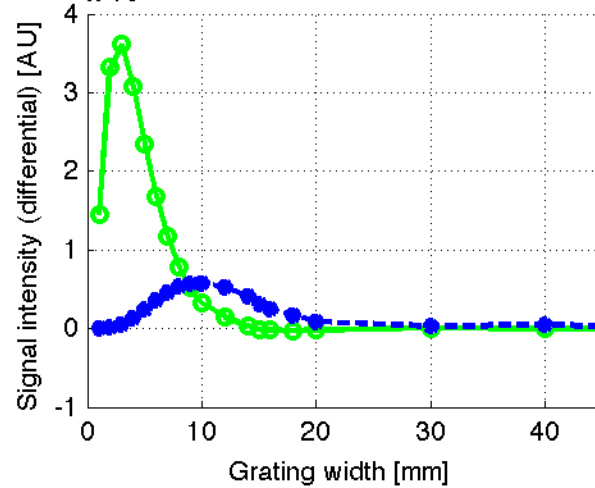
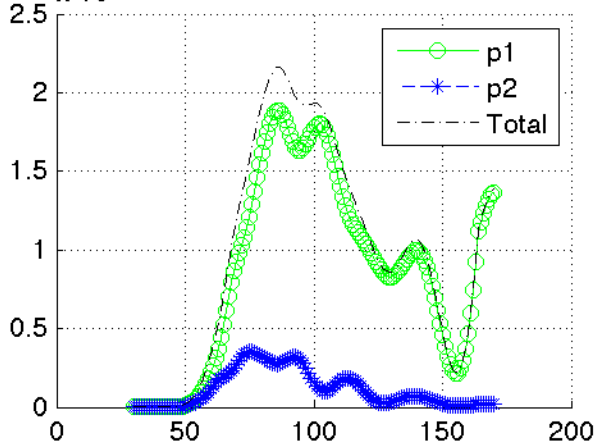
- Pour l'instant les mesures demandent d'acquérir la radiation émise par trois réseaux différents et de soustraire le bruit de fond.
- Plusieurs stratégies possibles:
  - réseaux en parallèle
  - réseaux en série
  - polarisation=> expérience de test à SOLEIL: SPESO





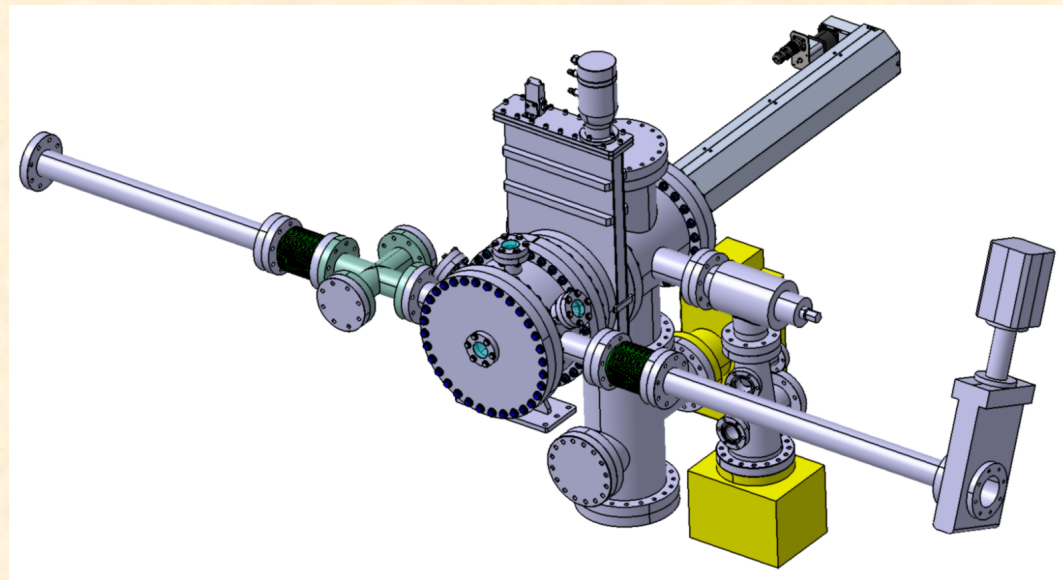
# Effet de la polarisation

im gwidth \*mm blaze 30 pos 2mm fwhmx 0.5mm fwhmy 1.1mm charge 60000000 length 2 degree



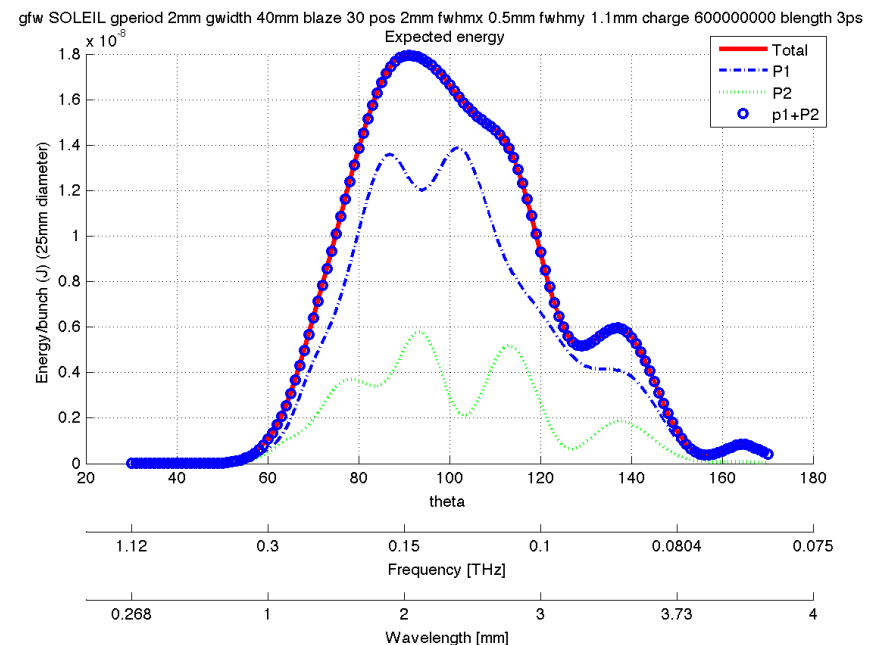
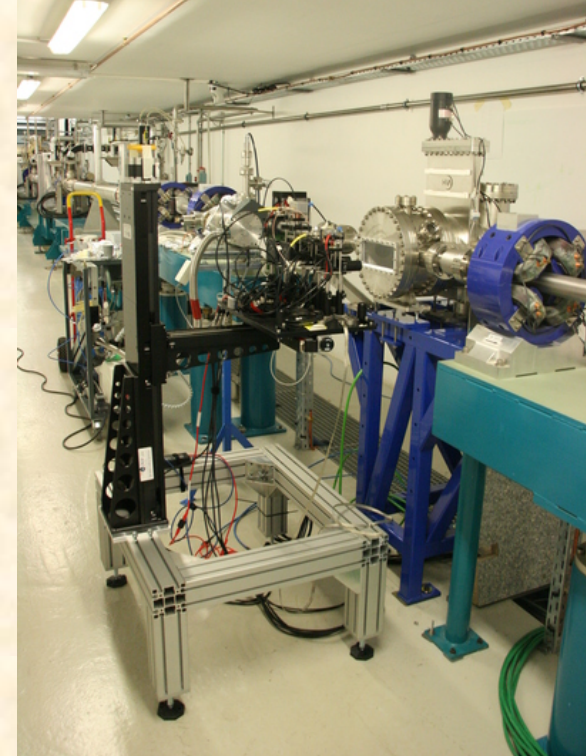
# Smith-Purcell Experiment at SOLEIL

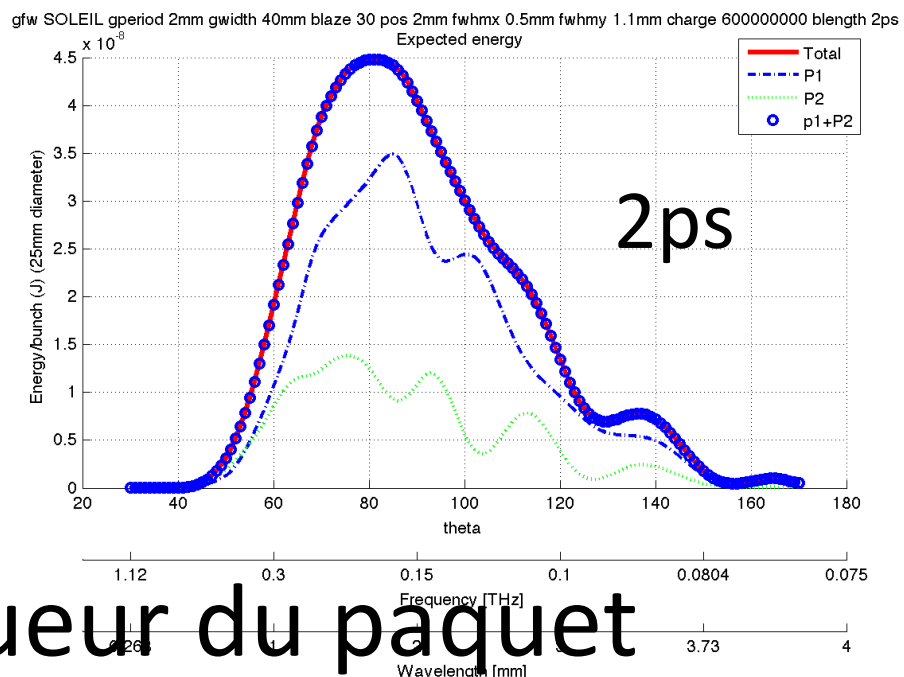
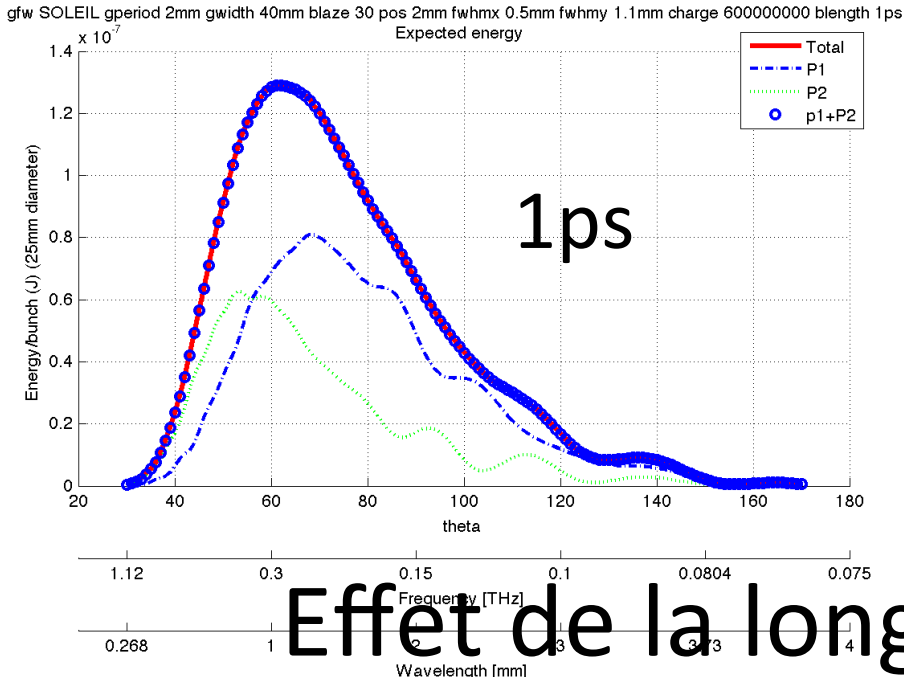
- But: mesurer la distribution en 5 dimension de la radiation de Smith-Purcell pour décider de la meilleure stratégie pour un mesureur à tir unique.



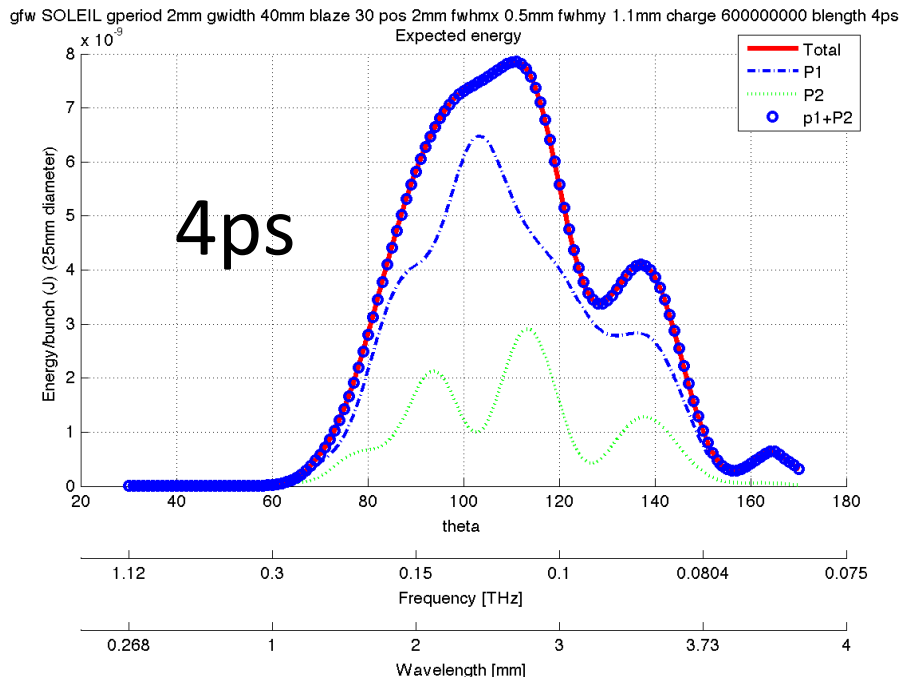
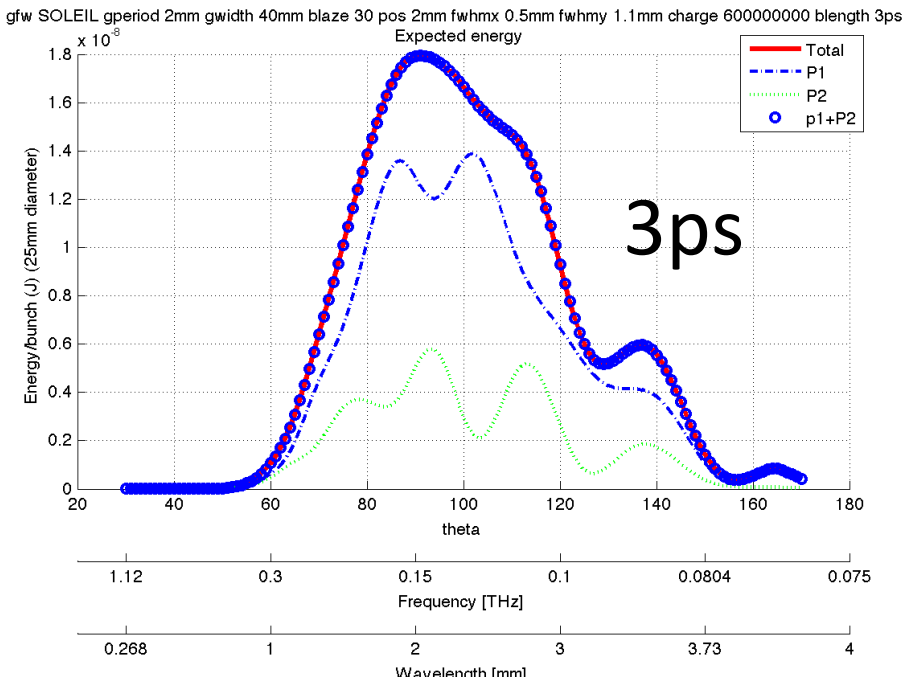
# SPESO dans le linac de SOLEIL

- SPESO est installé au bout du linac de SOLEIL (100 MeV).
- Un robot 3D permet de scanner le rayonnement émis (infra-rouge lointain).
- Plus tard un carrousel permettra de changer les réseaux sans casser le vide.



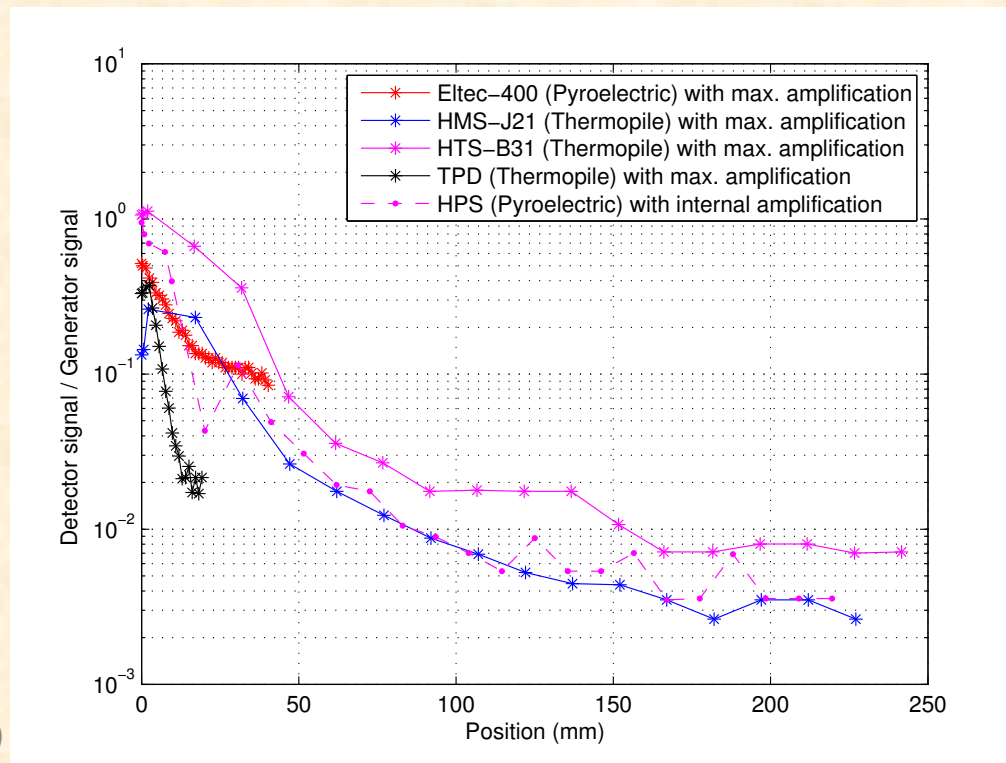


# Effet de la longueur du paquet



# Test des détecteurs (hors faisceau)

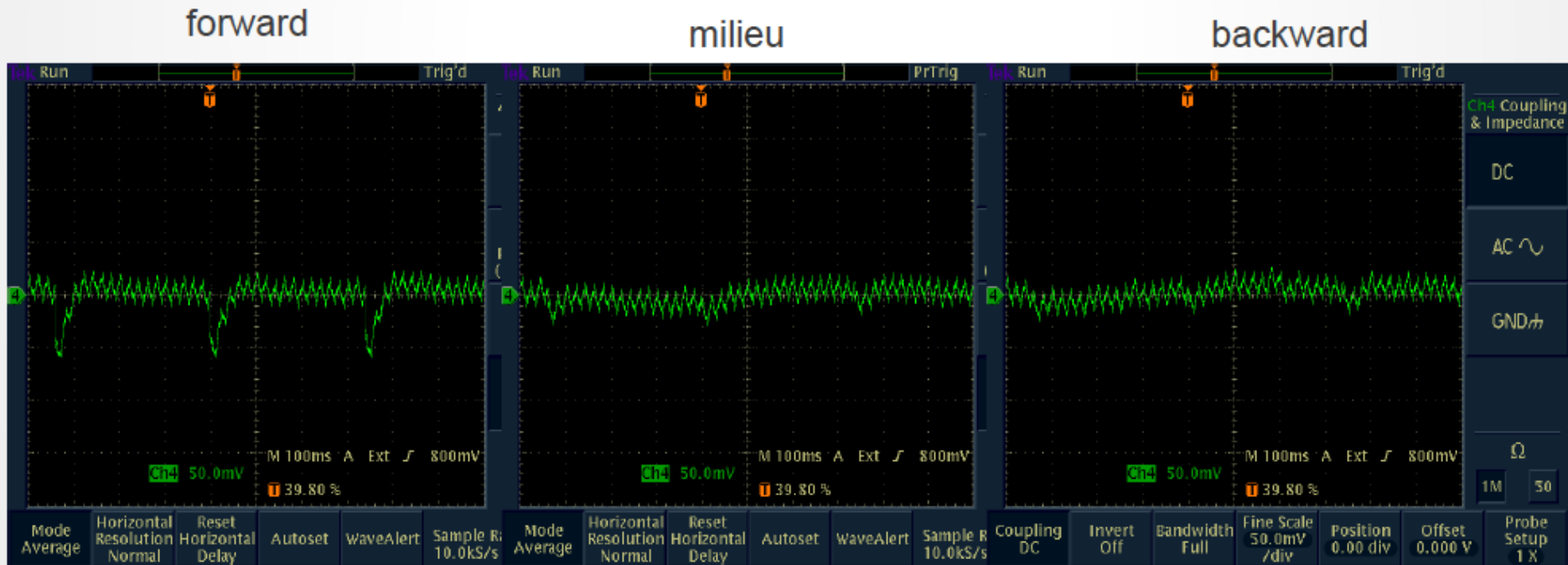
- Nous utilisons des détecteurs pyroélectriques sensible de l'infra-rouge jusqu'aux ondes mm.
- Peu de données sur leur efficacité dans les ondes mm ou sur leur sensibilité relative  
=> tests dans l'infrarouge proche (corps noir)

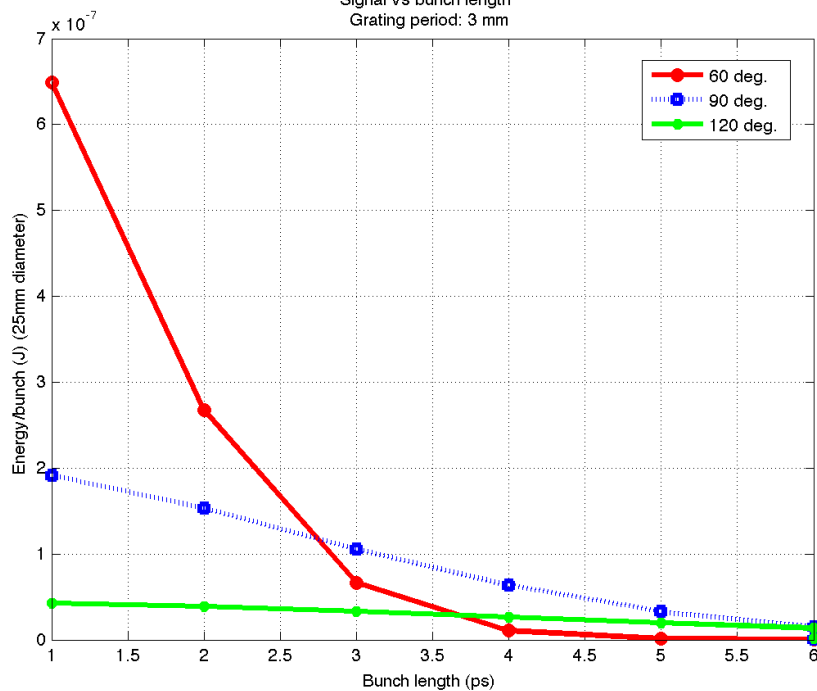
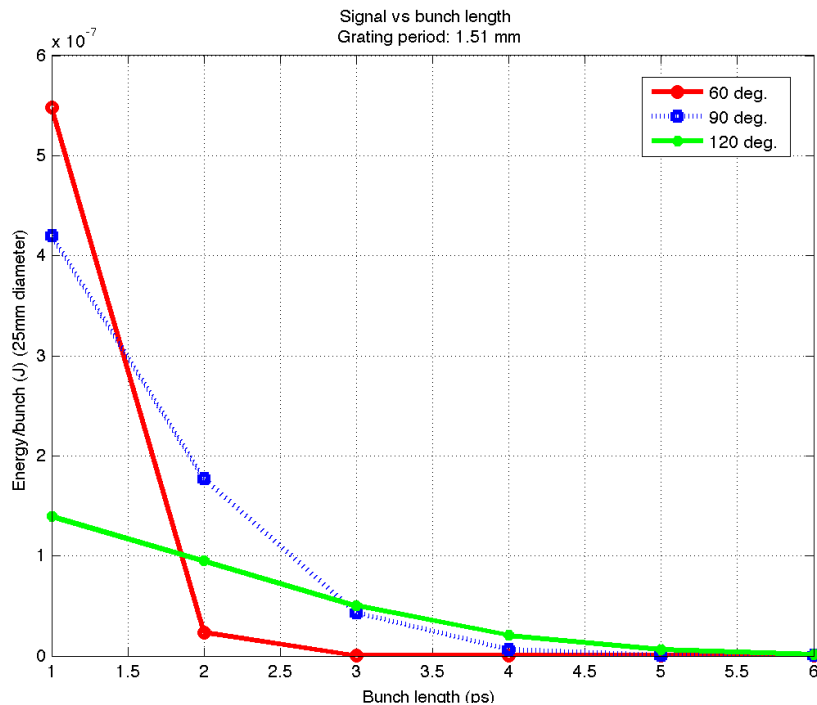




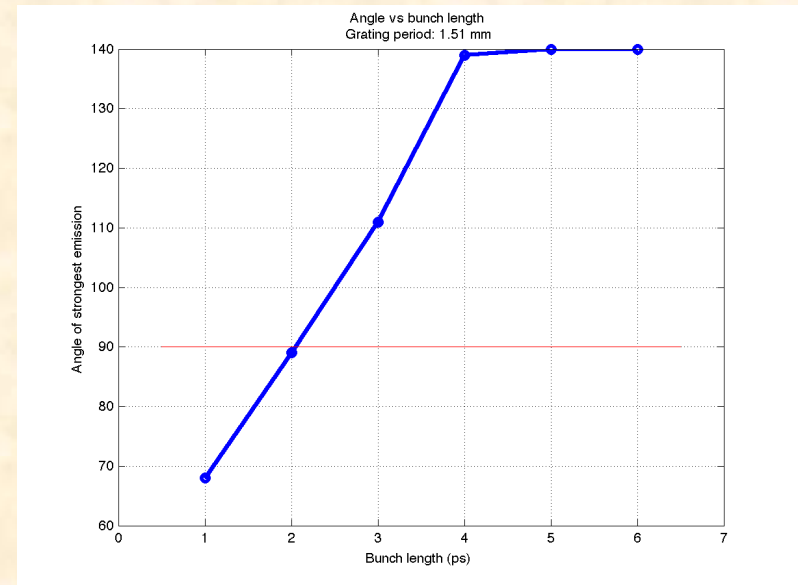
# Premier résultats

- Les premiers tests nous permettent surtout de tester la DAQ et de caractériser les détecteurs (infra-rouge lointain).
- Le signal observé jusqu'à présent semble être concentré vers l'avant du réseau. Et être plus faible qu'attendu





# Interprétation



Le pas du réseau choisi (1,5mm) est trop court => changement cette semaine

# Perspectives

- Les tests effectués à SPESO nous permettront de mieux comprendre la distribution et la polarisation du rayonnement de Smith-Purcell.
- Cela nous permettra de mettre au point un mesureur de profil longitudinal à tir unique.
- Le but ultime est de pouvoir utiliser un tel mesureur sur un accélérateur laser/plasma.
- *Poster cet après-midi sur E-203.*

Collaborateurs SPESO/E-203:

LAL: Joanna Barros, Mélissa Vieille Grosjean,  
Stéphane Jenzer,  
Maurice Cohen Solal, Christophe Sylvia

SOLEIL: Marie Labat, Lodovico Cassinari,  
Nicolas Bechu, Christian Herbeaux,...

Oxford: George Doucas, Ivan Konoplev, Armin Reichold

IFIC (Valencia): Nuria Fuster, Javier Resta Lopez, Angeles Faus Golfe