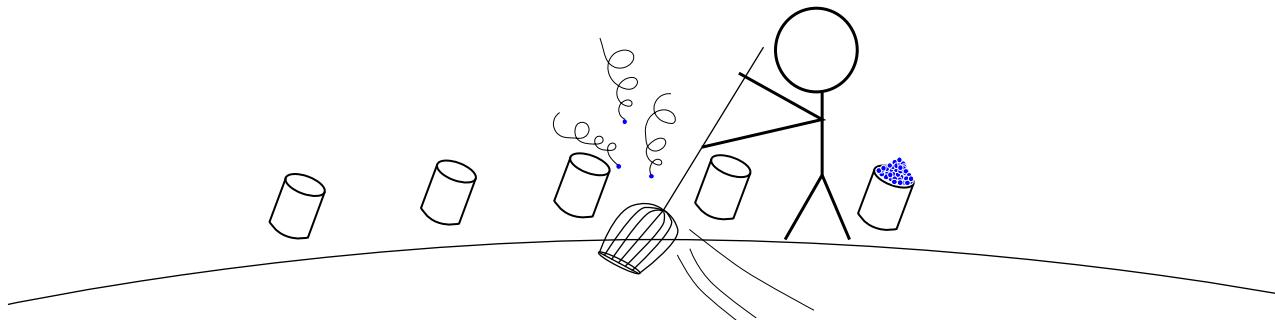


NETTOYAGE DES PAQUETS PARASITES DANS LE BOOSTER SYNCHROTRON DE L'ESRF

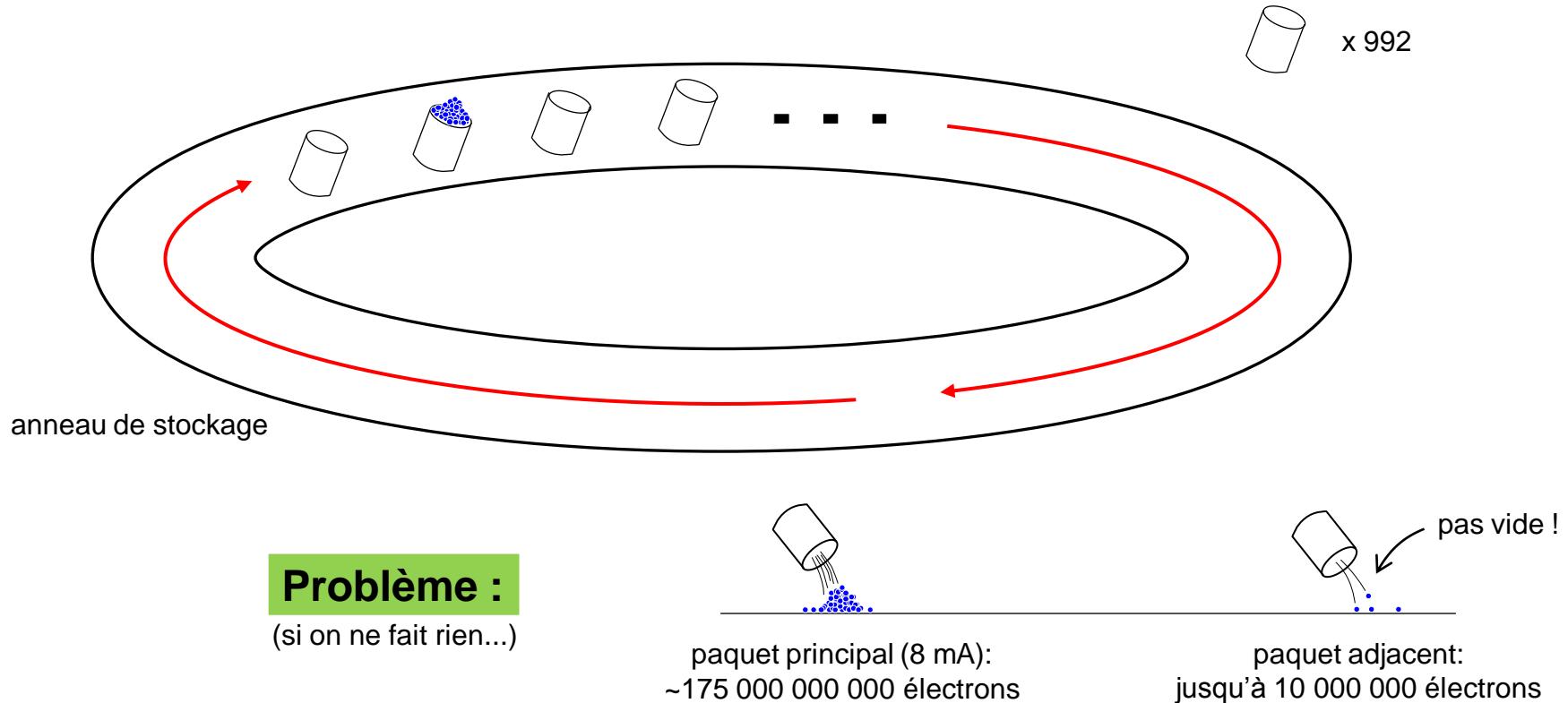
B. Roche,
groupe “Diagnostics” de l'ESRF (Grenoble)



1. **Les expériences à l'ESRF qui nécessitent un faisceau pulsé propre**
2. **Nettoyage des paquets parasites par excitation résonante sélective**
3. **Le nettoyage dans le *booster***

PRODUCTION DE RAYONS X PULSÉS

Le regroupement des électrons en seulement quelques paquets dans l'anneau de stockage permet de produire un faisceau de rayons X pulsé :



Problème :

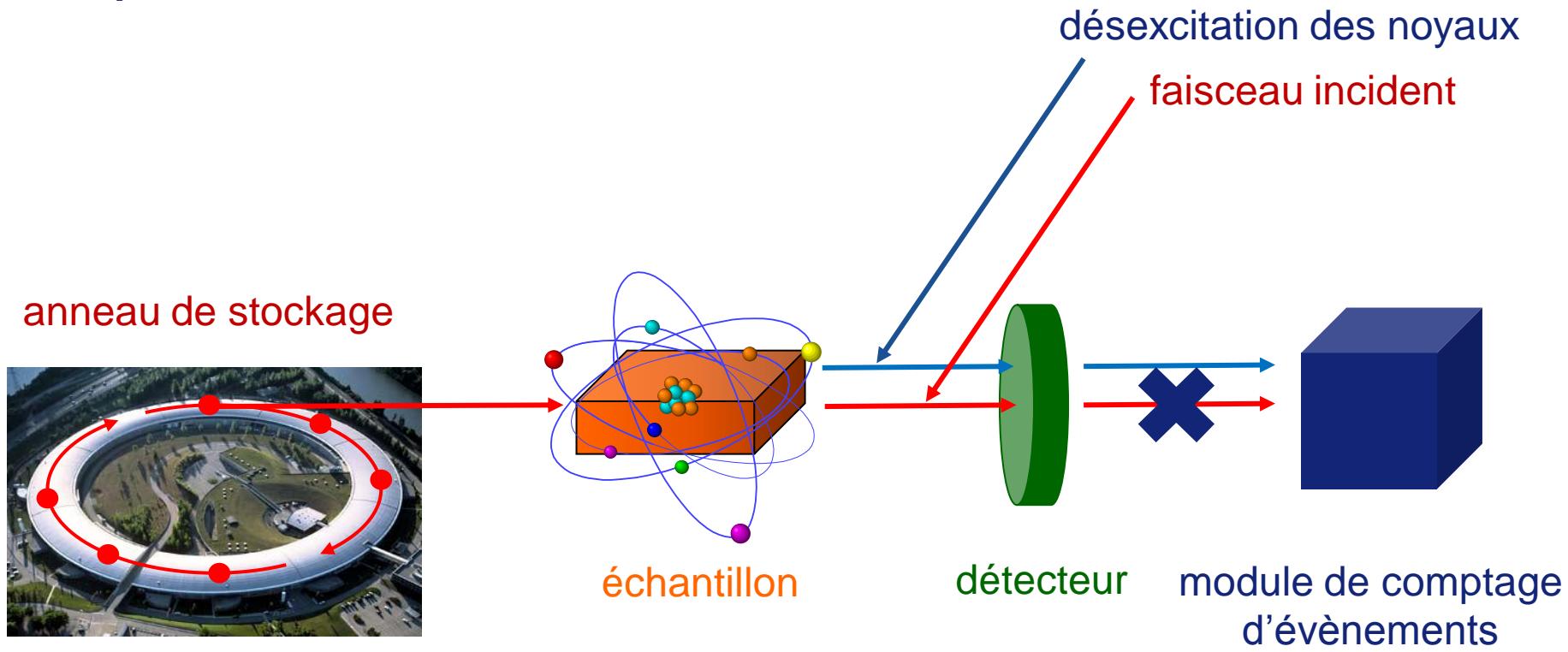
(si on ne fait rien...)

paquet principal (8 mA):
~175 000 000 000 électrons

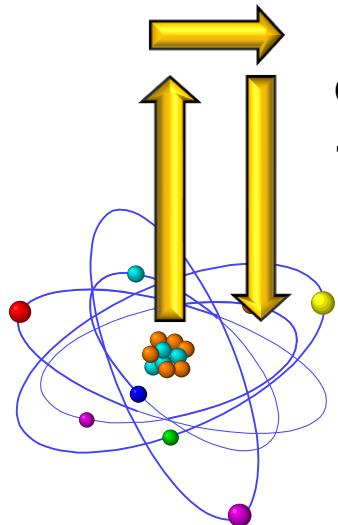
paquet adjacent:
jusqu'à 10 000 000 électrons

Certaines expériences nécessitent une pureté $<10^{-10}$,
i.e. moins d'une 100^{aine} d'électrons dans des paquets parasites

Expériences de diffusion nucléaire résonante :

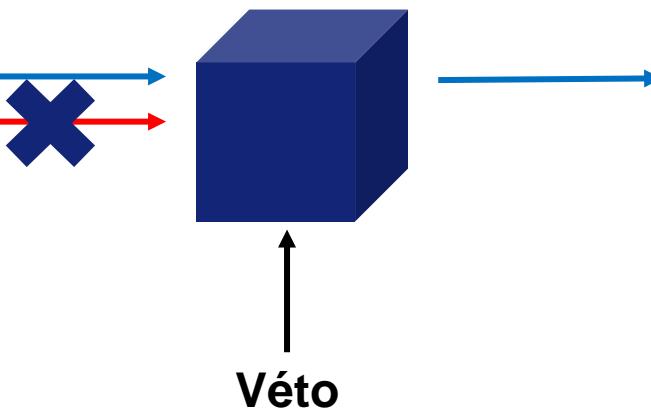


Le rayonnement synchrotron permet d'exciter le noyau.
On ne mesure pas le rayonnement synchrotron :
on mesure la désexcitation du noyau.

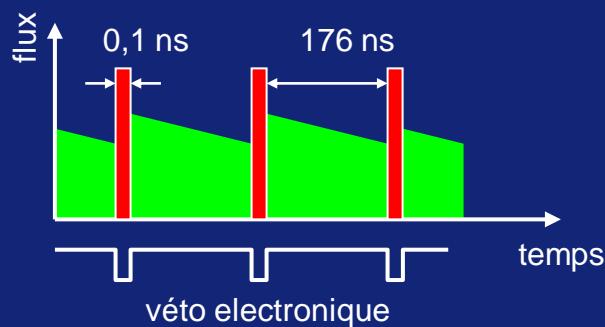


durée de vie de l'état excité :
 $\sim 1-100$ ns

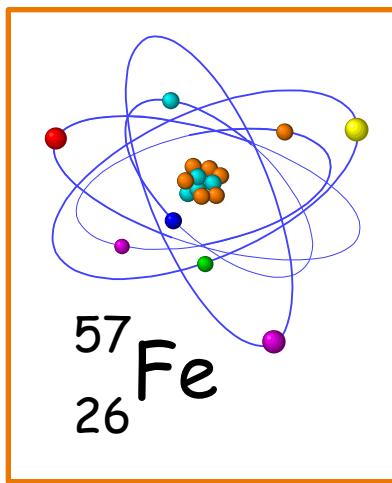
module de comptage
d'événements



Mode de remplissage : 16 paquets

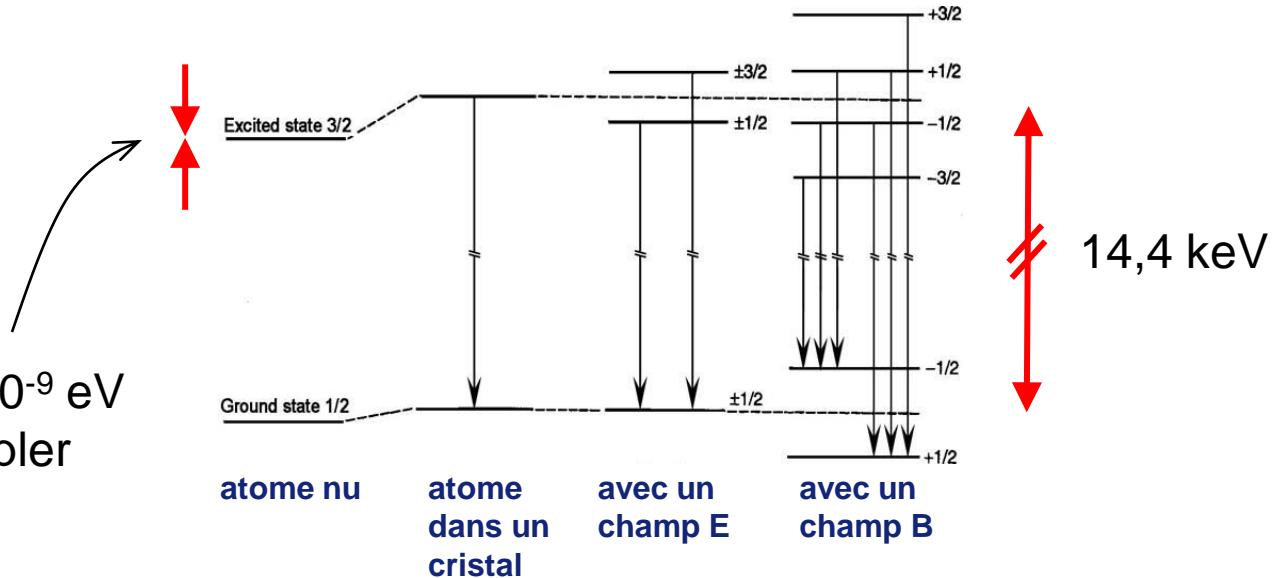


On applique un signal de véto sur
l'électronique de détection pendant
les pulses d'excitation



largeur de raie : $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ eV
 (équiv. décalage Doppler de $0,2 \text{ mm.s}^{-1}$)

Niveaux d'énergie du noyau:



La spectroscopie nucléaire permet de mesurer des différences d'énergie extrêmement faibles, ce qui ouvre la possibilité d'étudier l'environnement immédiat du noyau en question (liaison chimique, champ magnétique, ...).

Nuclear Resonant Scattering, <http://www.esrf.eu/UsersAndScience/Publications/Highlights/1995-1996/nrs>

Thèse de Thomas Roth (2005) : Development and Applications of the Nuclear Lighthouse Effect at high energies and at grazing incidence

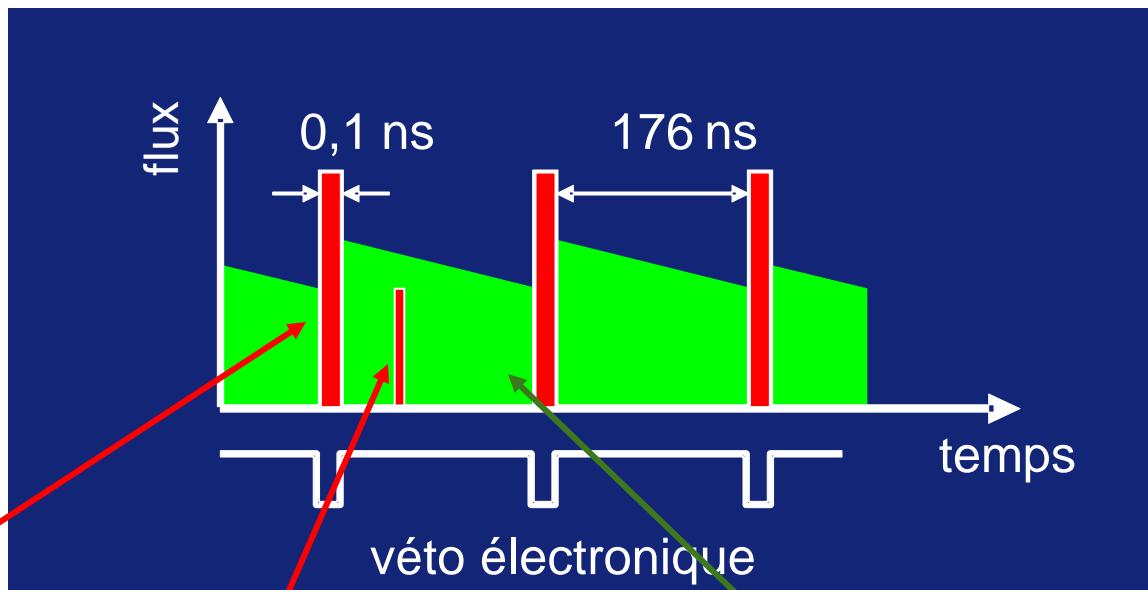
faisceau indicent : $\Delta E = 2 \text{ eV}$

largeur de raie des états nucléaires : $\Delta E = \sim n \text{ eV}$

peu de photons incidents ont la bonne énergie pour exciter les noyaux

Si la pureté est de 10^{-8} :

La mesure est polluée par le rayonnement des paquets parasites



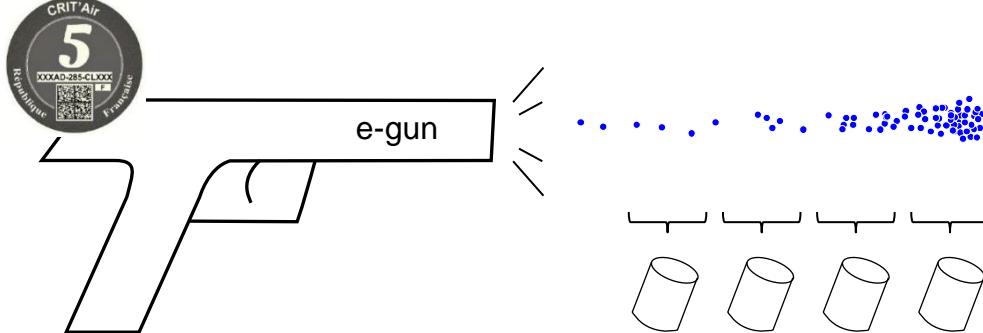
10⁹ photons par seconde (faisceau indicent)

10 photons par seconde (paquets parasites)

10 photons par seconde (signal utile)

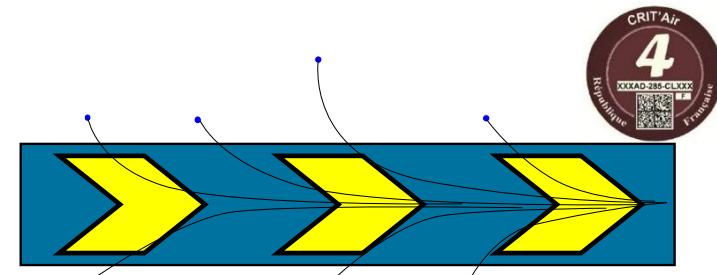
- 1. Les expériences à l'ESRF qui nécessitent un faisceau pulsé propre**
- 2. Nettoyage des paquets parasites par excitation résonante sélective**
- 3. Le nettoyage dans le *booster***

La pollution de l'anneau de stockage vient principalement des premiers éléments de l'accélérateur linéaire (*LINAC*)



Canon à électron :

L'impulsion dure l'équivalent de plusieurs paquets
+ légère fuite constante



Buncher (première partie du *LINAC*) :

Des électrons sont arrachés de la surface des premières cellules du *buncher* par les forts champs d'accélération

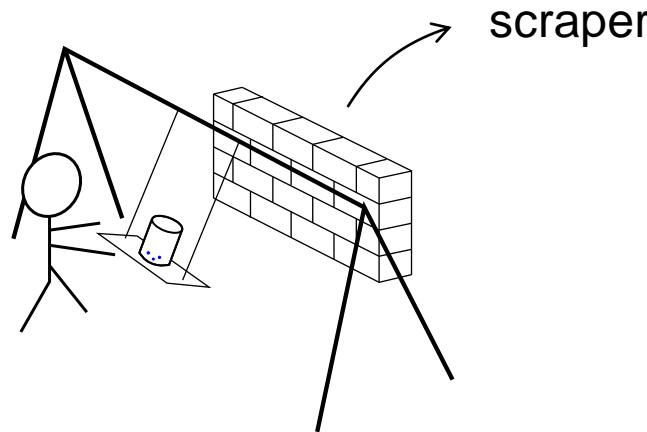
- Autres causes de pollution de l'anneau de stockage :
- problèmes à l'injection,
 - diffusion de particules entre les paquets (pb à PETRA III à Hambourg)

FONCTIONNEMENT DU NETTOYAGE PAR EXCITATION SÉLECTIVE

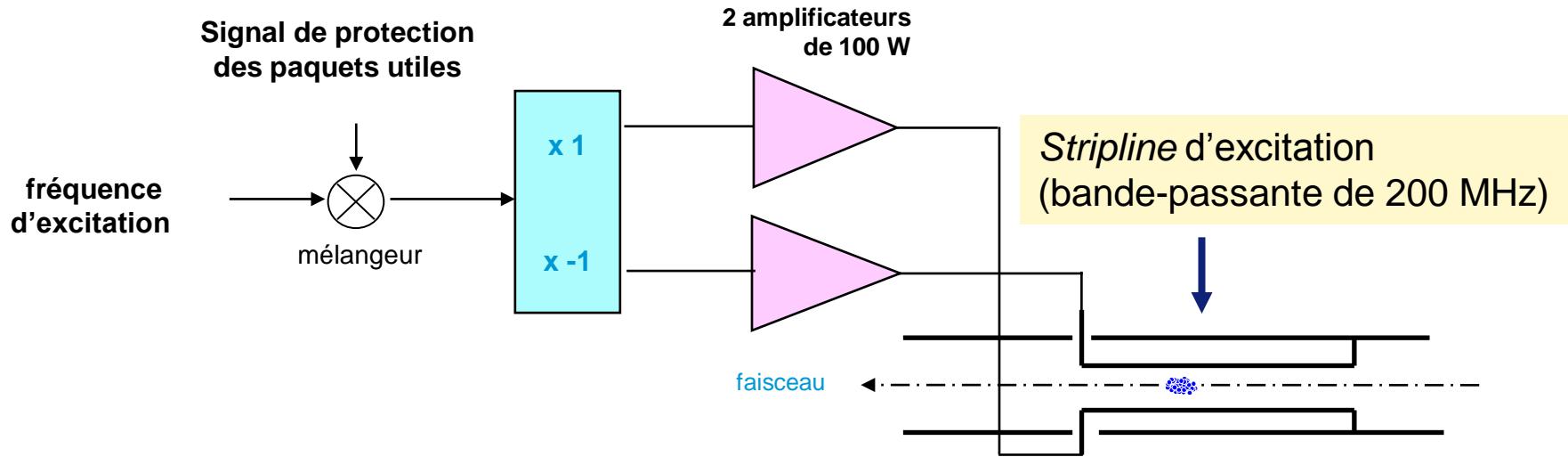
Le nettoyage est effectué en excitant de façon sélective les paquets parasites à leur fréquence bétatron de résonance transverse.

Lorsque l'amplitude d'excitation de ces paquets est suffisamment grande, ils sont interceptés par la mâchoire d'un *scraper*.

→ Il faut plusieurs centaines de tours pour contruire une excitation d'amplitude suffisante pour se débarrasser d'une impureté



Système d'excitation sélective :

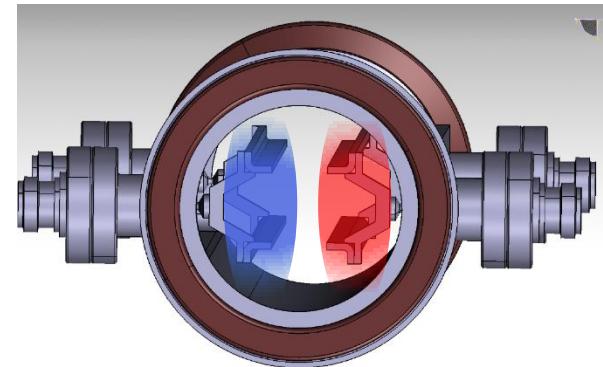
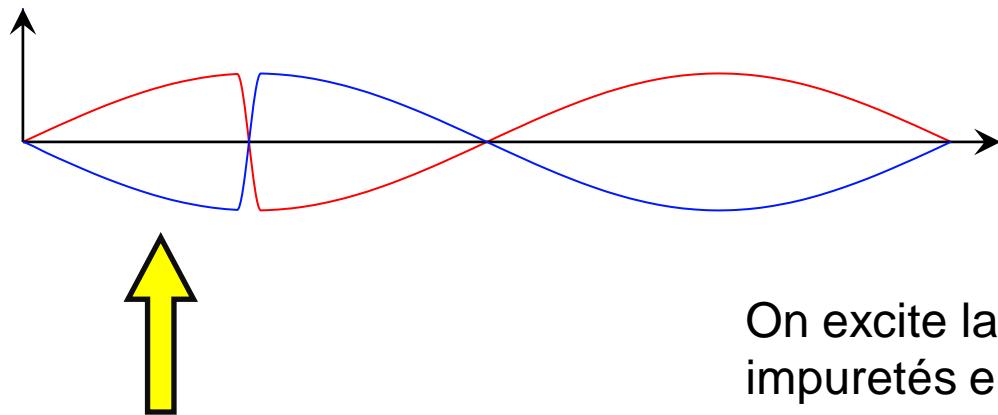


La *stripline* permet d'exciter les impuretés.

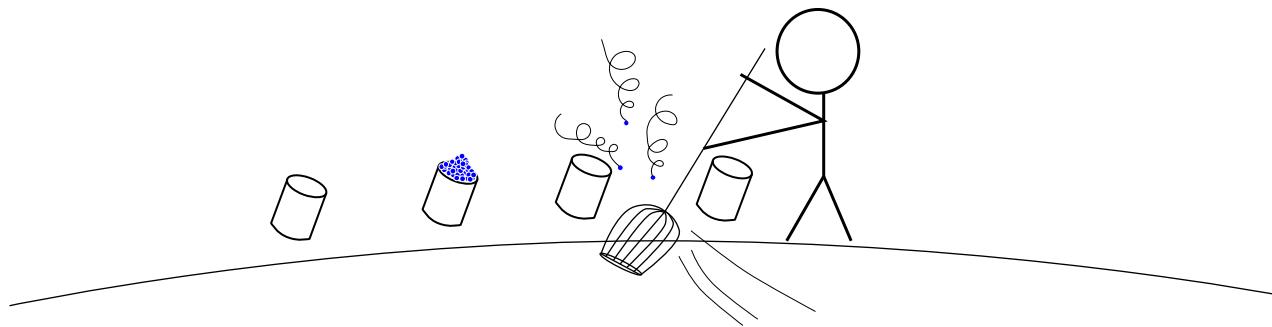
Le signal généré est conçu pour épargner les paquets utiles.

FONCTIONNEMENT DU NETTOYAGE PAR EXCITATION SÉLECTIVE

Tensions appliquées sur les lames de la *stripline*

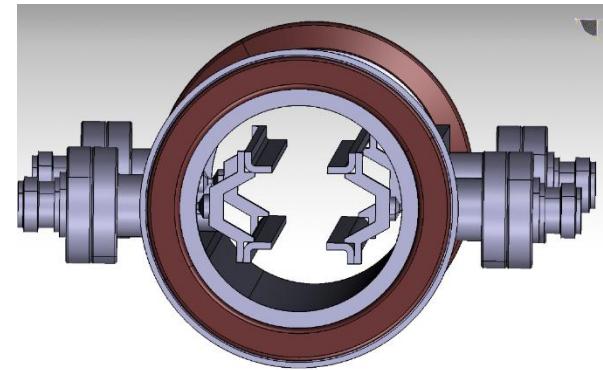
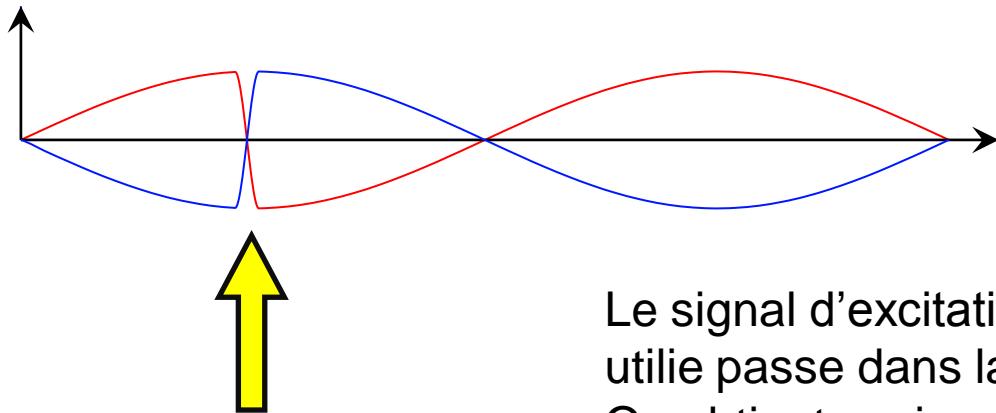


On excite la résonance bétatron des impuretés en appliquant un signal de signe opposé sur les lames de la *stripline*

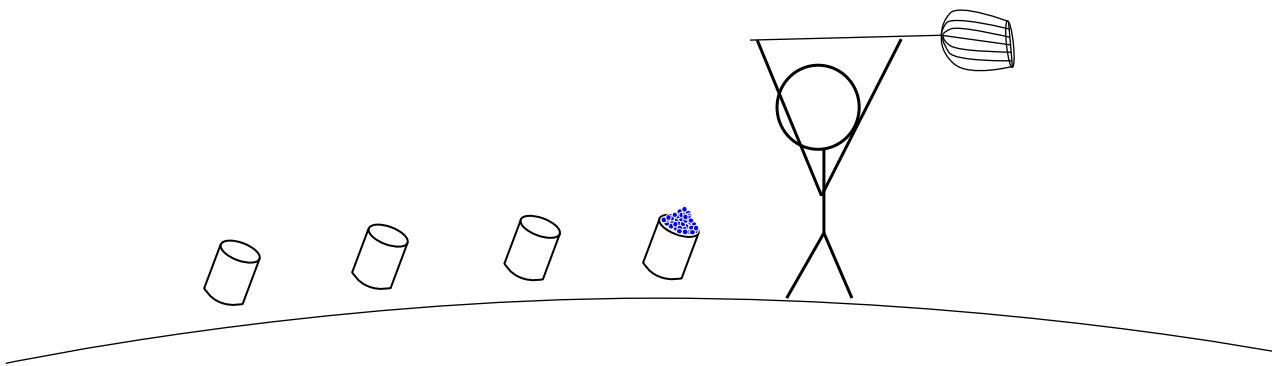


FONCTIONNEMENT DU NETTOYAGE PAR EXCITATION SÉLECTIVE

Tensions appliquées sur les lames de la *stripline*

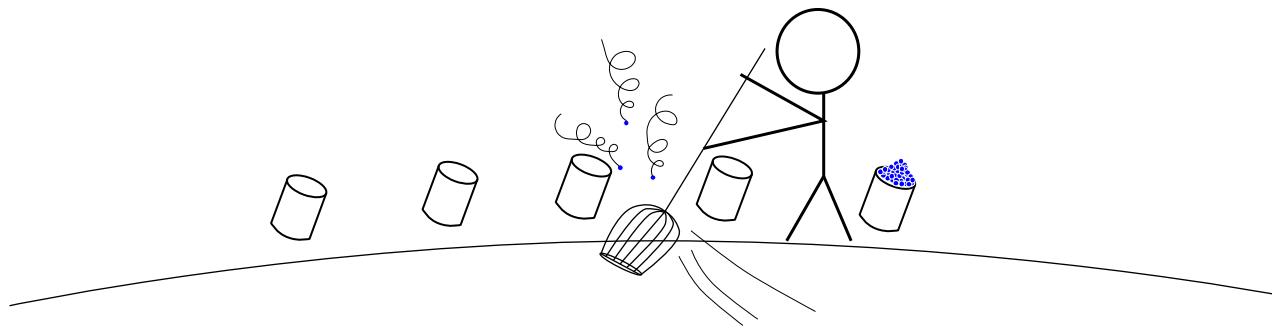
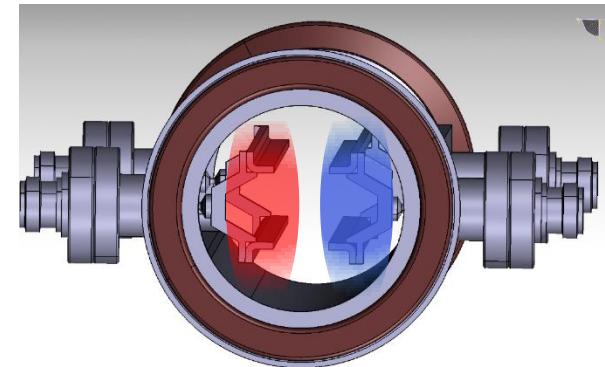
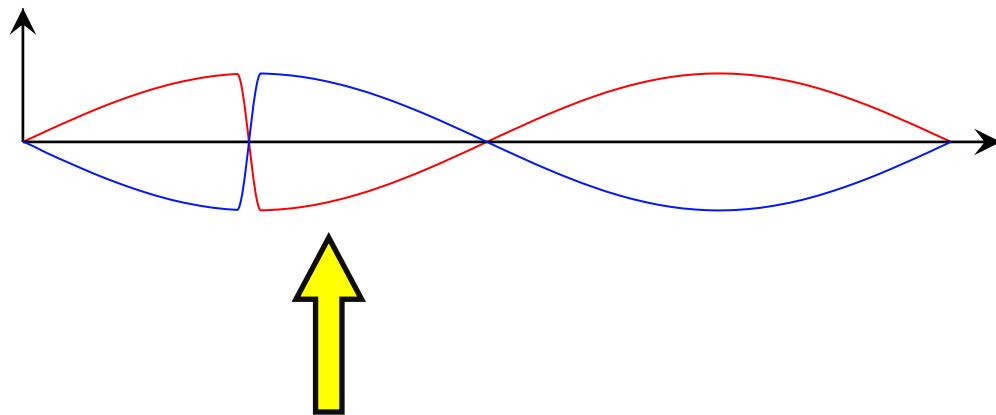


Le signal d'excitation est mis à 0 lorsqu'un paquet utilie passe dans la *stripline*.
On obtient ceci en inversant le signe du signal d'excitation.



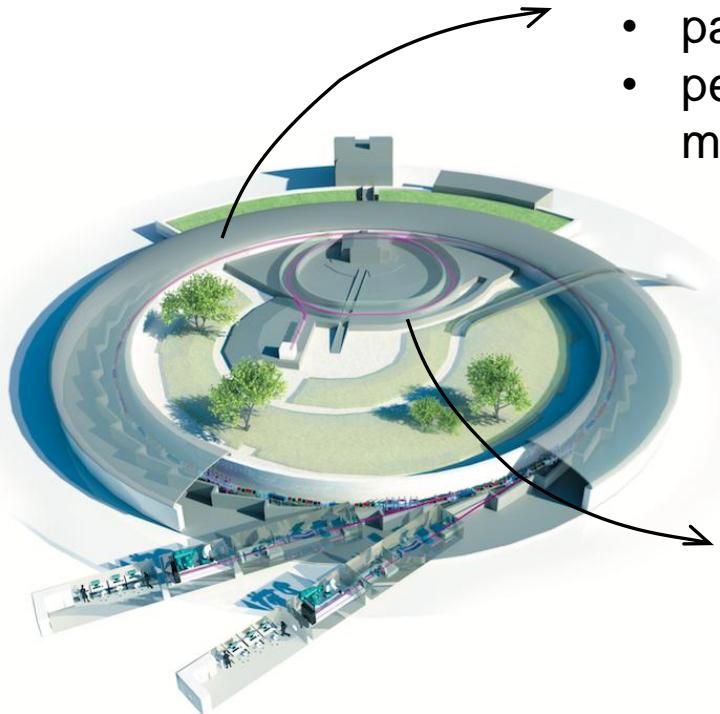
FONCTIONNEMENT DU NETTOYAGE PAR EXCITATION SÉLECTIVE

Tensions appliquées sur les lames de la stripline



1. **Les expériences à l'ESRF qui nécessitent un faisceau pulsé propre**
2. **Nettoyage des paquets parasites par excitation résonante sélective**
3. **Le nettoyage dans le *booster***

Où effectuer le nettoyage des paquets parasites ?



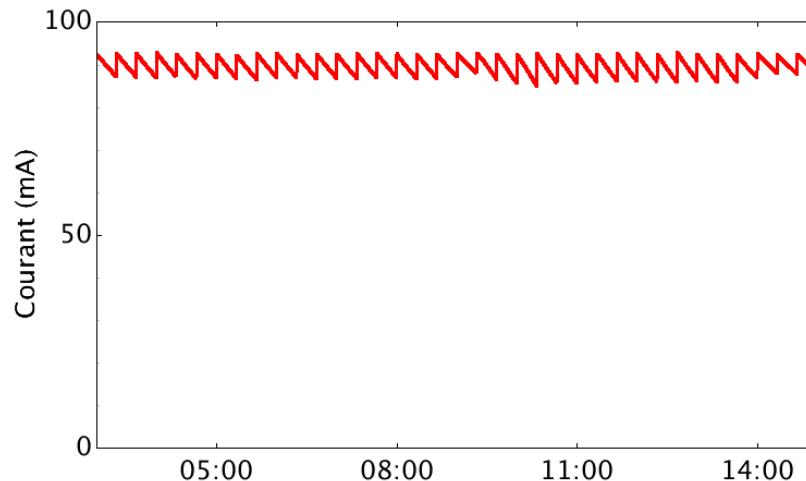
Dans l'anneau de stockage :

- paramètres faisceau stable
- perturbe le faisceau (augmente momentanément l'émittance)

Dans le *booster* :

- nettoyage pendant l'accélération (+ difficile)
- Les impuretés mal nettoyées vont rester dans l'anneau de stockage longtemps (grande durée de vie)

En mode de fonctionnement de type *top-up*, on injecte des électrons toutes les 20 minutes :



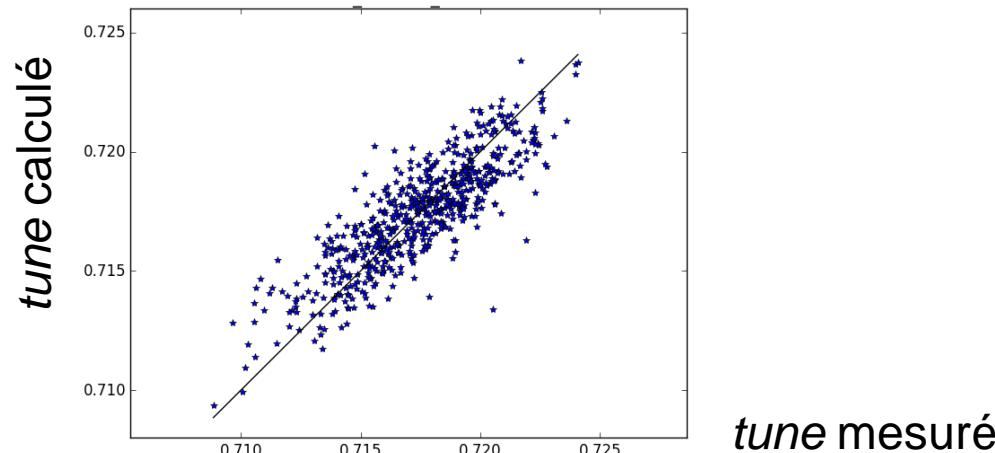
Nettoyer les paquets parasites dans l'anneau de stockage dure environ 40 s. à chaque injection.

En une semaine, cela représente 5 heures de temps cumulé !

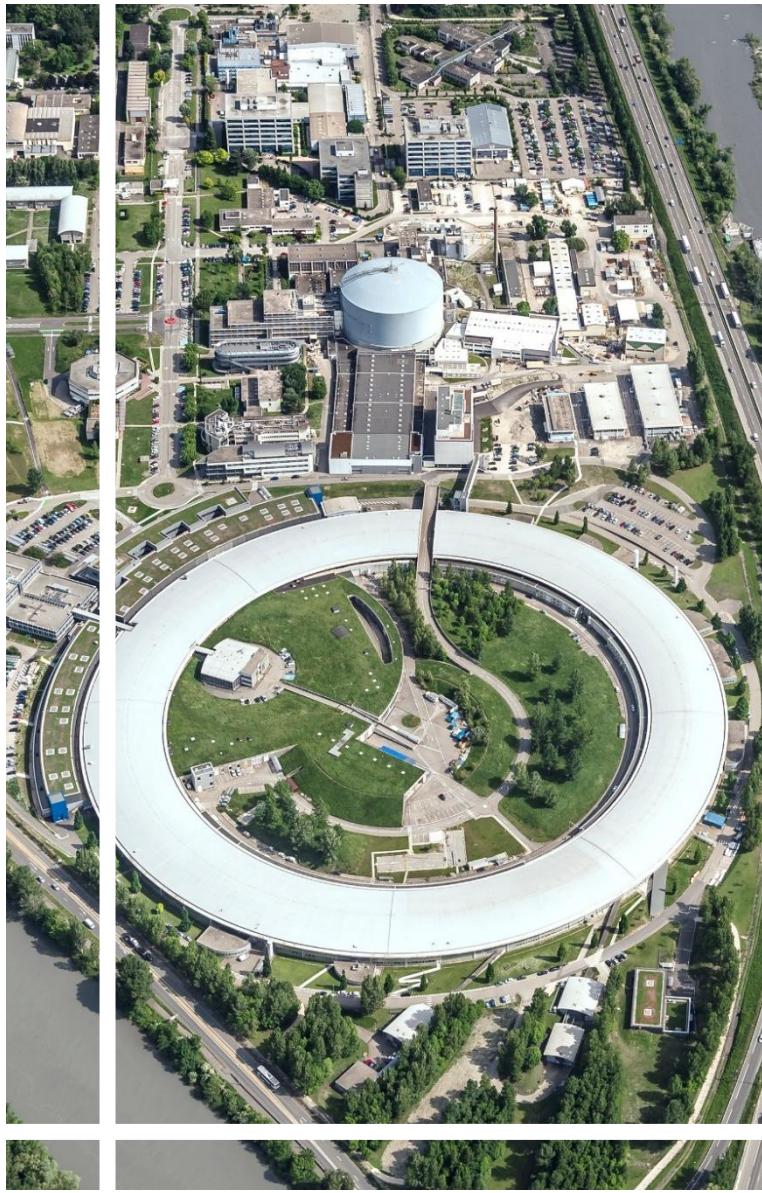
→ On gagne beaucoup de temps faisceau en nettoyant les paquets parasites dans le *booster*.

Le nettoyage dans le booster est rendu difficile par :

- La petite fenêtre temporelle disponible pour faire le nettoyage (~ 10 ms).
→ besoin d'avoir une faible chromaticité
- La fluctuation de la fréquence bétatron de cycle à cycle.
→ avant 2017 : besoin de mesurer le courant dans les aimants dipolaires et quadrupolaires pour en déduire la fréquence bétatron du cycle en cours.



→ depuis 2017 : nouvelle alimentation à découpage pour les aimants du booster, la fréquence bétatron est suffisamment stable, la fréquence d'excitation ne nécessite pas d'ajustement.



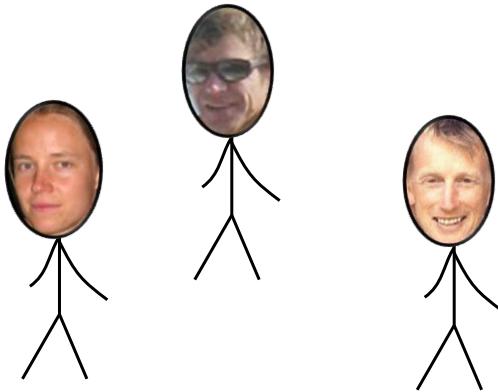
- Des expériences de diffusion nucléaire résonantes à l'ESRF nécessitent un très bon niveau de pureté du faisceau pulsé, obtenu grâce au nettoyage des paquets parasites.
- Le nettoyage dans le booster permet d'éviter de perturber le faisceau dans l'anneau de stockage.
 - Pour rendre l'injection encore plus transparente pour les scientifiques de ligne, nous travaillons actuellement à réduire les autres sources de perturbation (éléments d'injection pulsés).

UN GRAND MERCI À

A. Chumakov : scientifique de ligne sur ID18 à l'ESRF



F. Ewald, E. Plouviez, K. Scheidt : du groupe “Diagnostics” de l'ESRF



J.-M. Koch : du groupe “Power Supply” de l'ESRF

