



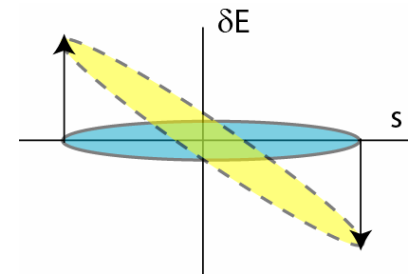
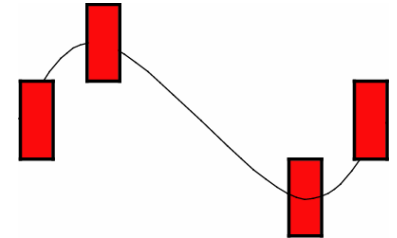
Compression magnétique

C. Bruni



Principe de la compression

- Raccourcir le paquet en utilisant un arrangement de dipôles (trajectoire dépendante de l'énergie)
- Les électrons qui ont le plus d'énergie effectuent un trajet plus court
- Les électrons situés à l'avant du paquet doivent effectuer un trajet plus long que les électrons situés à l'arrière
- « Taux de compression » :
 - coefficient R56 : $s' = s + R56 \, d \rightarrow Ds = R56 \, d$
 - Chirp du faisceau



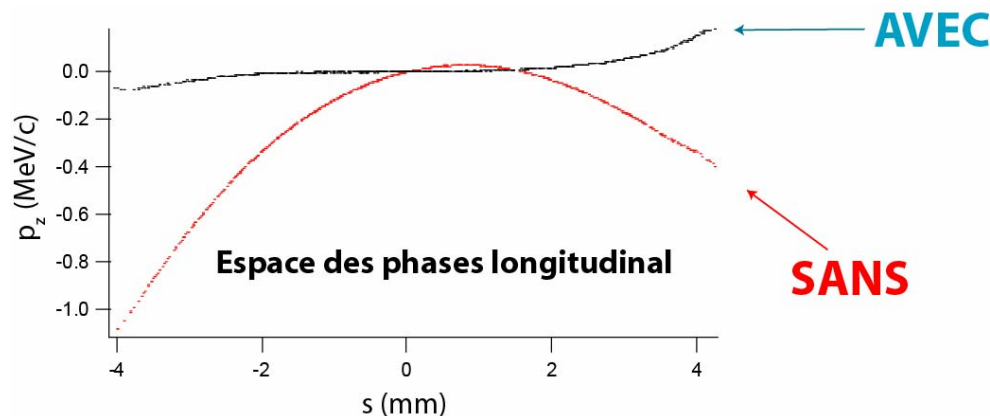
Rayonnement Synchrotron Coherent

- Émission en phase de photons par plusieurs particules, puissance $\sim N^2$
- Trajectoire courbe : le rayonnement émis par les particules de queue peut agir sur les particules de tête.
- Conséquence : détérioration de la qualité du faisceau, instabilité micro-paquets



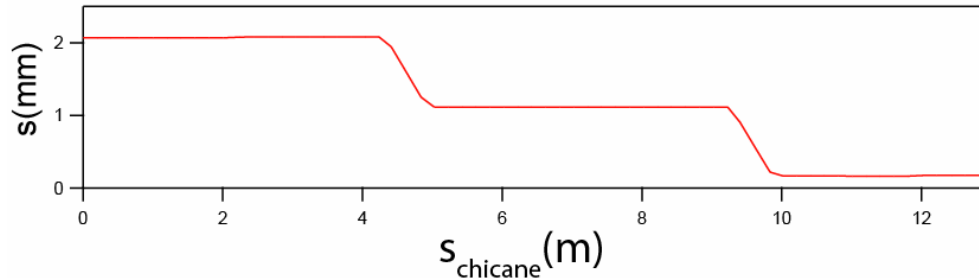
Non linéarités

- Pour optimiser la compression :
 - Il faut que l'espace des phases soit linéaire
- Non linéarité de l'espace des phases longitudinal dû à la forme sinusoïdale des champs accélérateurs
 - Compensation avec une cavité harmonique qui "redresse" la courbure mais induit une faible décélération
 - $DE_{\text{tot}} = DE_{\text{cavité}} + DE_{\text{harmonique}}$: la courbure est localement rectiligne lorsque $DE'' = 0$



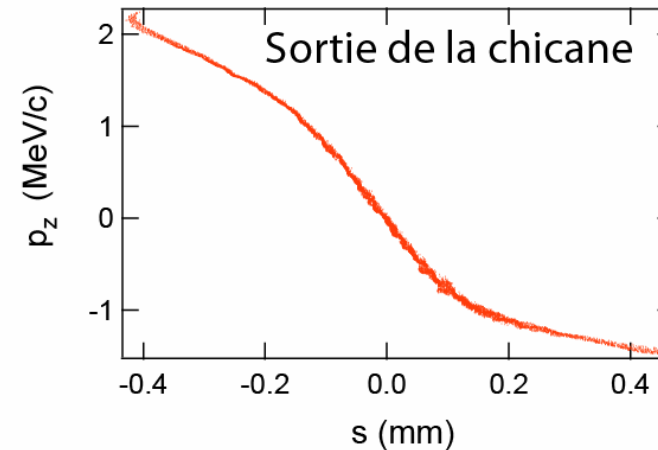
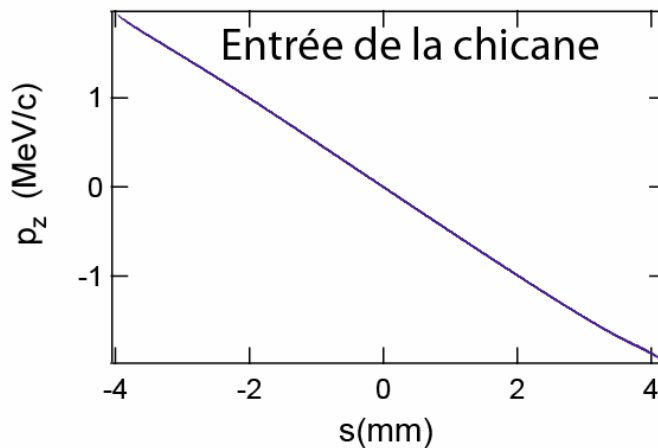
Compression à 110 MeV (longitudinal)

Longueur de paquet



Compression
de 7 ps à
500 fs

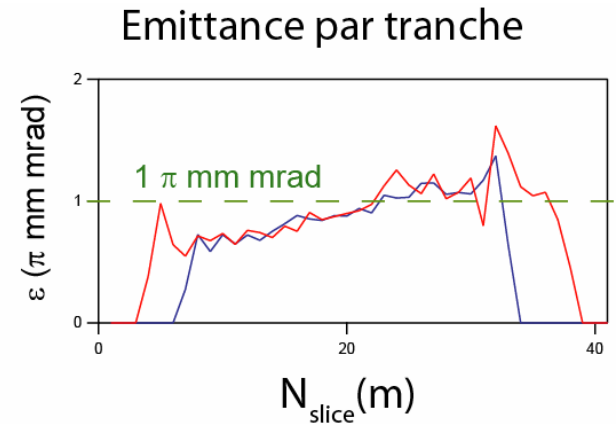
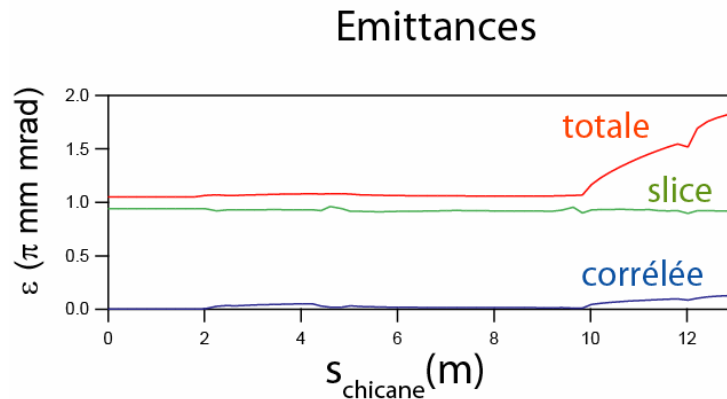
Espace des phases longitudinales



M. Dohlus and T. Limberg, "CSRtrack", <http://www.desy.de/xfel-beam/csrtrack/index.html>

Compression à 110 MeV

Transverse



Dégradation de l'**émittance totale** dans la chicane d'un facteur deux environ

Emittance de la **tranche centrale** reste constante

Emittance corrélée crée dans le compresseur

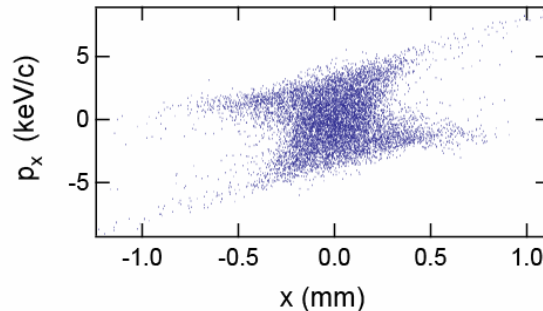
Emittance par tranche relativement constante le long du paquet

Compression à 110 MeV

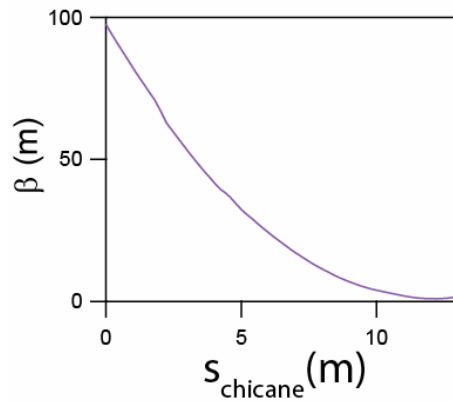
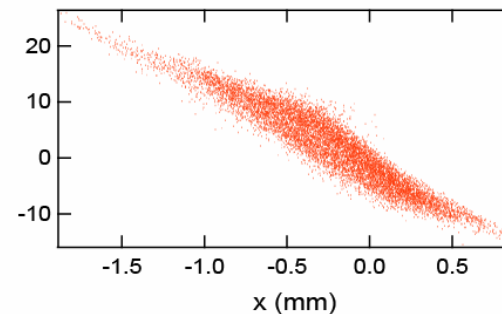
Transverse

Espace des phases transverses

Entrée de la chicane



Sortie de la chicane



Optimisation des fonctions optiques

- Importance de l'évolution des fonctions optiques le long de la chicane
- Moindre dégradation de l'émittance

Optimiser la compression

- Compenser la courbure due à la RF par une cavité harmonique
- Ajuster le chirp pour la compression avec les cavités précédant la chicane
- Compenser les non linéarités du coefficient R56 en ajustant les phases des cavités précédant la chicane
- Ajuster les fonctions optiques à l'entrée de la chicane
- Eviter un R56 trop fort ($< 0.3\text{m}$) et une chicane trop longue ($< 10\text{ m}$)



Côté programmation

- Vu le nombre de paramètres en jeu pour optimiser la compression :
 - Il faut automatiser les calculs
- Ce que j'ai fait :
 - Calcul canon+cryo avec astra (en première approximation on peut faire ses propres calculs cryo pour ajuster les phases et la tension de la cavité harmonique)
 - Calcul chicane avec CSRTrack (effet du CSR trop important pour le négliger, attention à l'échantillonnage!)
 - Lien avec un petit programme matlab : modification du format du fichier, ajustement des fonctions optiques, dépouillement des fichiers de CSRtrack
- Pour un jeu de paramètre, comptez 40 min de calcul.



Quelques améliorations

- Diminuer l'effet de la force de charge d'espace : long bras
 - Mise en forme elipsoïdale du faisceau laser
- Diminuer l'effet du CSR : distorsion et instabilités micro-paquets
 - Allonger le laser
 - Chauffer le paquet dans la chicane à l'aide d'un laser extérieur : au détriment de la dispersion en énergie



Pour un accélérateur linéaire de 1 GeV ou plus

- Mettre deux chicanes magnétiques
- Relâcher la compression dans la première chicane (diminuer le chirp)
- Faire une compression « douce » à mi-énergie environ (faible chirp)
- Comptez plusieurs semaines pour optimiser un accélérateur linéaire complet

