

PROTECTION CONTRE LE BREMSSTRAHLUNG
SUR MOLECULES RESIDUELLES DE LA CHAMBRE A VIDE
D'UN ANNEAU DE STOCKAGE D'ELECTRONS OU DE POSITONS
DANS UN CENTRE PRODUCTEUR DE RAYONNEMENT SYNCHROTRON

J.C. FRANCK

Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement
Electro-magnétique (LURE)
Université Paris-Sud
91405 ORSAY (France)

PROTECTION AGAINST BREMSSTRAHLUNG
DUE TO OCCURENCE OF RESIDUAL MOLECULES
IN THE VACUUM CHAMBER OF AN ELECTRON-OR-POSITRON
STORAGE RING IN A SYNCHROTRON RADIATION FACILITY

This parasitic phenomenon, which produces an important absorbed dose rates (more than ten milligrays per hour at the distance of 10 meters from the point-source emitter) is disturbing because it takes the same way as the synchrotron radiation produced by the insertion device.

This Bremsstrahlung develops itself in a very narrow cone downwards the insertion device and along its axis; its maximum energy is similar to the energy of the stored electrons or positrons (at LURE : 800 and 1850 MeV) and its absorbed dose rate is proportionnal to the stored particles (350 mA) and the pressure in the vacuum chamber (10^{-8} Pa).

Besides the calculations of this absorbed dose rate, we describe the way to calculate the beam catchers which thickness is always important (more than 10 cm of lead blocks), as well as the mode of elaboration of these shieldings within the very peculiar framework on the use of a synchrotron radiation.

INTRODUCTION

Le Bremsstrahlung créé par l'interaction entre les électrons ou positons stockés et les molécules résiduelles de la chambre à vide d'un anneau de stockage est un phénomène parasite préoccupant pour les expérimentateurs qui utilisent le rayonnement synchrotron issu d'un élément d'insertion (onduleur ou wiggler) installé dans une section droite de l'anneau.

Dans ce cas, en effet, le cheminement du rayonnement synchrotron est le même que celui du Bremsstrahlung; celui-ci se développe dans un cône très étroit en aval et dans l'axe de l'élément d'insertion et a pour énergie maxima l'énergie des particules stockées (à LURE, DCI: 1850 MeV; SUPER ACO: 800 MeV). (Figure 1)

Le débit de dose qu'il crée est important (un à plusieurs dizaines de milligrays par heure à 10 mètres du point source); il est proportionnel, notamment, aux particules stockées (350 mA à LURE) et à la pression régnant dans la chambre à vide de l'anneau (10^{-8} Pa).

La protection des expérimentateurs contre ce phénomène est particulièrement délicate : elle doit être efficace et ne gêner en rien l'expérimentateur qui utilise le rayonnement

synchrotron. Lorsqu'il s'agit de blocs d'arrêt, ils ont toujours une épaisseur importante (une ou plusieurs dizaines de centimètres de plomb par exemple).

Après un rappel du calcul du débit de dose maximum dû à ce Bremsstrahlung, nous présenterons les protections que nous avons mises en place à LURE autour des anneaux DCI et SUPER ACO et nous commenterons leur efficacité.

CALCUL DU DEBIT DE DOSE ABSORBEE MAXIMUM

Ce débit de dose maximum ($\dot{D}$ en Gyh^{-1}) au point cible peut être estimé à partir de l'équation suivante :

$$\dot{D} = \frac{f \dot{N}}{\pi \alpha^2 X_0} \frac{x}{L(x+L)}$$

où

f : débit de dose par unité de débit de fluence photonique à l'énergie maxima du Bremsstrahlung (mesure conservatoire) $\text{Gyh}^{-1} \gamma^{-1} \text{cm}^2 \text{s}$ (ICRP publication 21)
à 1850 MeV, $f = 2,2 \cdot 10^{-6}$ à 800 MeV, $f = 2 \cdot 10^{-6}$

$\dot{N}$: débit d'électrons ou de positons en un point de l'anneau de stockage ($\text{e}^+ \text{s}^{-1}$ ou $\text{e}^- \text{s}^{-1}$)
pour 350 mA $\dot{N} = 2,2 \cdot 10^{18}$

α : $\frac{0,511}{E_0}$ rd (E_0 : énergie (MeV) des particules stockées)

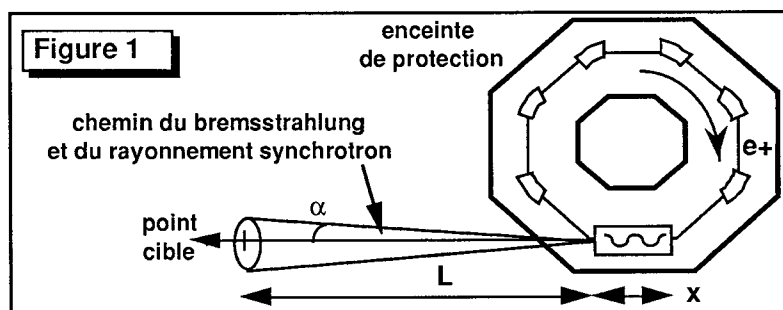
à 1850 MeV $\alpha = 2,8 \cdot 10^{-4}$ à 800 MeV $\alpha = 6,4 \cdot 10^{-4}$

X_0 : longueur de radiation dans l'air (cm)
à 10^{-8} Pa $X_0 = 3 \cdot 10^{17}$

x : longueur d'une section droite d'un anneau (cm)
DCI (1850 MeV) $x = 650$ SUPER ACO (800 MeV) $x = 770$

L : distance fin de section droite - point cible (cm)
DCI, $L = 1600$ SUPER ACO, $L = 1000$ (exemple)

A LURE ce débit de dose maximum estimé est de l'ordre de :
DCI : $1,2 \cdot 10^{-2} \text{Gyh}^{-1}$ SUPER ACO : $5,2 \cdot 10^{-3} \text{Gyh}^{-1}$



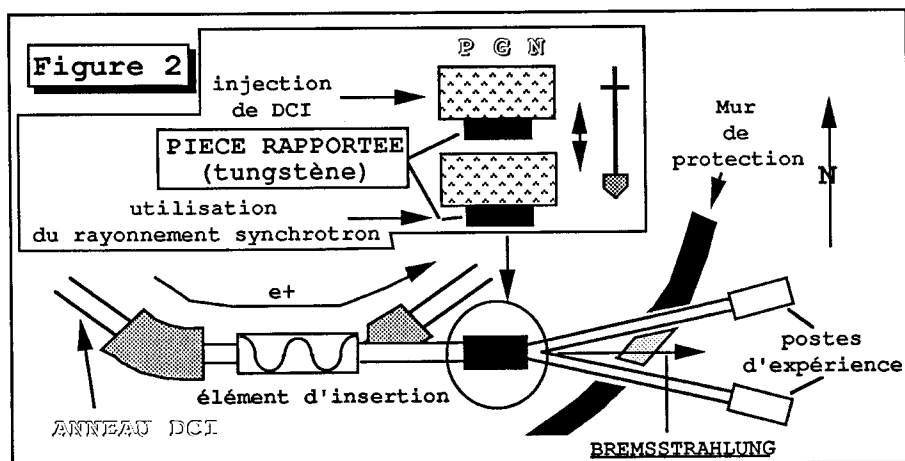
PROTECTIONS MISES EN PLACE A LURE CONTRE LE BREMSSTRAHLUNG

Elles reposent sur la mise en place de blocs d'arrêt au plus près de la source dès lors qu'elles ne gênent pas le cheminement utile du rayonnement synchrotron.

Les dimensions de ces blocs sont déterminées par mesure conservatoire en ne retenant que le débit de dose maximum au point-cible pour un stockage maximum de particules dans l'anneau et une exposition maxima de personnes du public au point le plus critique: Elles sont calculées longitudinalement en utilisant exclusivement le libre parcours moyen maximum des photons dans le matériau utilisé (Béton:21; Plomb:2,1; Tungstène:1,3 (en cm)) et transversalement les longueurs de Molière (Béton:13; Plomb:1,6; Tungstène:0,93 (en cm)); si nécessaire un puits est aménagé sur la face avant du bloc d'arrêt pour limiter les problèmes de rétrodiffusion.

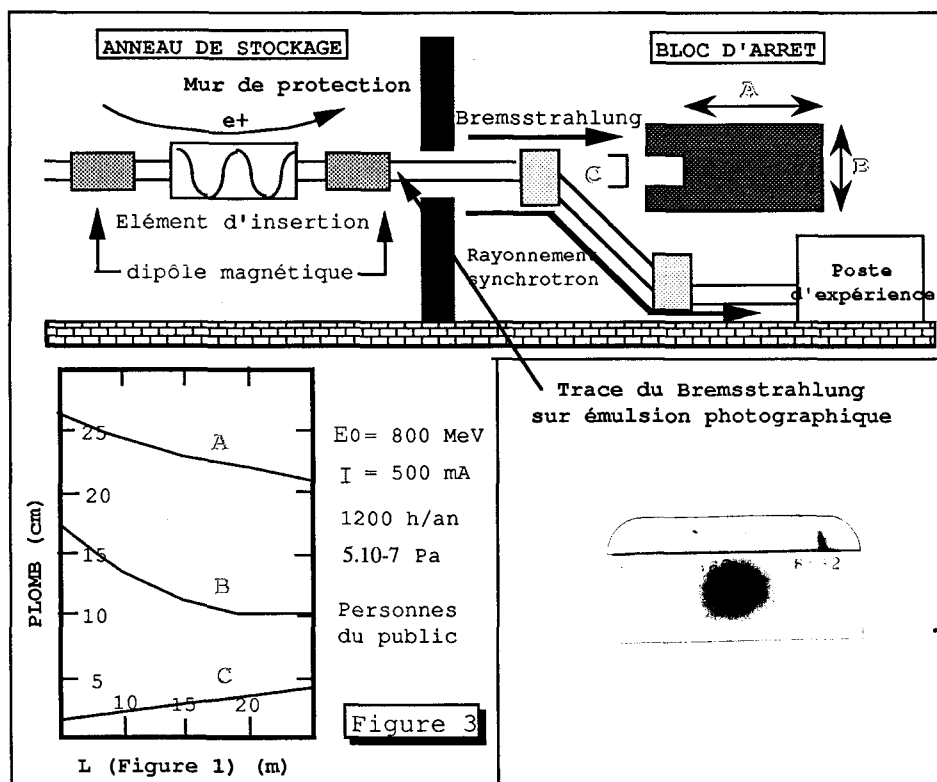
Premier cas (DCI): nombre pair de lignes de rayonnement synchrotron (RS) issues du même élément d'insertion

Dans ce cas un bloc d'arrêt mobile nommé "Piège à gamma neutrons (PGN)" situé à l'intérieur de l'enceinte de protection qui contient l'anneau et dont la fonction est d'obturer le passage des lignes RS à travers cette enceinte lors du remplissage de l'anneau est muni d'une pièce rapportée en tungstène; lorsque le PGN s'efface pour l'utilisation du rayonnement synchrotron, cette pièce fait obstacle au Bremsstrahlung (figure 2). Des mesures de débit de dose ont montré l'efficacité de ce dispositif ($\dot{D} < 1 \mu\text{Gy h}^{-1}$).



Deuxième cas (SUPER ACO): nombre impair de lignes de rayonnement synchrotron issues du même élément d'insertion

Dans ce cas un bloc d'arrêt fixe est installé hors de l'enceinte de protection juste en aval d'un dispositif de déviation du rayonnement synchrotron (miroir ou monochromateur) (figure 3). Des mesures du débit de dose à l'aide d'une chambre d'ionisation juste en amont et en aval d'un tel bloc d'arrêt ont montré son efficacité (source-point cible:12m; E_0 :800 MeV; I:350 mA; plomb:25 cm; $\dot{D}$ =8000 (juste en amont), $\dot{D} < 1 \mu\text{Gy h}^{-1}$ (juste en aval) du bloc d'arrêt).



CONCLUSIONS

La maîtrise de la protection contre ce Bremsstrahlung n'est parfaite que dans le cas d'un nombre pair de lignes de rayonnement synchrotron issues d'un même élément d'insertion: pièce rapportée sur PGN situé dans l'enceinte de protection.

Elle est satisfaisante dans le cas contraire si la rétrodiffusion au niveau du bloc d'arrêt et la diffusion le long de la ligne centrale RS ne donnent pas de débits de dose inacceptables pour des personnes du public; si tel est le cas, des mesures complémentaires de protection s'imposent (ex: obstacles empêchant l'approche de la ligne RS).

Enfin le protocole de calcul des blocs d'arrêt utilisé à LURE et qui est conservatoire est parfaitement validé par les mesures de débit de dose effectuées autour des points-cible.

BIBLIOGRAPHIE

1. Rindi, A., 1982, gas Bremsstrahlung from electron storage ring, Health Physics, 42, pp.187-193
2. Esposito, A., Pelliccioni, M., 1986, Gas Bremsstrahlung production in the Adone storage ring, LNF-86/23(NT) Frascati (Roma) Italiana