



LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE

IN2P3-CNRS et Université PARIS-SUD
Centre Scientifique d'Orsay - Bât 200 - B.P. 34
91898 ORSAY Cedex (France)

Tél. : +33 1 64 46 83 12

Fax : +33 1 69 07 14 99

Web PHIL : <http://phil.lal.in2p3.fr>

Web LAL : <http://www.lal.in2p3.fr>

PHIL : PHoto Injecteur au LAL

Orsay, le 2 novembre 2011

MEMO TECHNIQUE :	X
COMPTE RENDU :	
DIVERS :	

N° NOTE PHIL :	2011-012
N° NOTE Département Accélérateur	2011-007

Cahier des charges technique du mesureur d'émittance transverse de PHIL par la méthode des fentes.

BROSSARD Julien
brossard@lal.in2p3.fr

Version électronique disponible :
<http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique92>

Diffusion : équipe PHIL, département accélérateur.

I Mesureur d'émittance transverse par la méthode des fentes : principe

L'émittance est une grandeur permettant de quantifier la qualité d'un faisceau de particules. Chaque particule d'un paquet est repérée dans l'espace par l'intermédiaire de 6 coordonnées (3 pour la position : x, y, z et 3 pour l'impulsion : p_x, p_y, p_z). L'émittance d'un faisceau est une grandeur (dont l'unité est le « m.rad ») qui s'exprime à partir de grandeurs statistiques des 6 coordonnées des N particules qui le composent. Une des propriétés fondamentales de cette grandeur, est sa conservation lorsque le faisceau se propage dans un milieu où les forces sont conservatives (traduction du théorème de Liouville). L'émittance est une propriété qui implique les 6 dimensions (x, p_x, y, p_y, z, p_z).

L'objectif de cette note est de définir le système qui permettra de réaliser une mesure des émittances transverses projetées dans le plan (x, p_x) et projetées dans le plan (y, p_y). Cette mesure sera réalisée - ici - en interceptant le faisceau avec un système de fentes verticales puis un système de fentes horizontales, et en observant l'images du faisceau après passage de ces grilles. Cette observation sera réalisée en utilisant un écran phosphorescent.

La note [1] explicite et détaille le mécanisme permettant - via une telle mesure - de reconstruire l'émittance projetée.

Remarques :

- ce cahier des charge repose sur l'étude analytique détaillée dans la référence [2]
- cette note fait mention de 2 écrans : celui situé après le système de grilles (à une distance L_d), et celui situé au même endroit que les grilles.

II Définition du système de mesure

Le système de mesure est constitué de :

- 2 grilles, une plaque pleine, un « écran YAG et son miroir à 45° » et une « grille de calibration optique et son miroir à 45° » pouvant être positionné alternativement devant le faisceau à une position située à L_d de l'écran YAG 2 (voir Figure 1 et Figure 2).
- L'écran YAG et la grille de calibration (figurant parmi les 5 éléments listés précédemment) doivent pouvoir être observés par un système optique et un capteur (type « caméra CCD ») semblable à ceux équipant actuellement les stations YAG2, YAG3 et YAG4¹. Ainsi le hublot (matériel et dimensions) au travers duquel le système optique capturera une image de l'écran YAG (via le miroir de renvoi orienté à 45° situé juste après l'écran) devra être identique à ceux déjà utilisés sur les stations YAG2, YAG3 et YAG4.

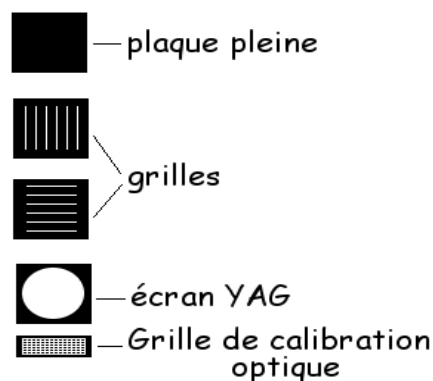


Figure 1: « schéma de principe » décrivant les 5 éléments devant être placés devant le faisceau.

La Figure 2 montre les paramètres géométriques (w, d, e, L_d) permettant de définir la géométrie d'un système de fentes et sa distance à l'écran YAG 2.

1 On suppose ici que la translateur portant ces 5 éléments est vertical, comme pour les autres stations YAG.

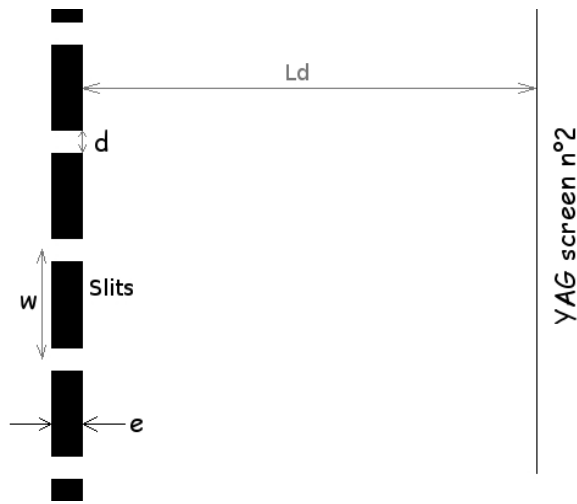


Figure 2:
Paramètres (e , d , w , L_d) permettant de définir la géométrie du système. Ce plan n'est pas à l'échelle, il permet de définir simplement les paramètres du système.

II.1 Emplacement des 5 systèmes susceptibles d'intercepter le faisceau

Le système mécanique permettant de placer un élément « devant » le faisceau devra permettre de positionner les systèmes suivants (dans l'ordre énoncé) :

- 1/ une grille de « calibration optique » et son miroir à 45° (système et dimensions identiques à ceux installés sur les stations YAG2, YAG3 et YAG4 → voir le cahier des charges pour ces stations, du 10/08/2010 : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique50>).
- 2/ un écran phosphorescent et son miroir à 45° (système et dimensions identiques à ceux installés sur les stations YAG2, YAG3 et YAG4 → voir le cahier des charges pour ces stations, du 10/08/2010 : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique50>).
- 3/ la grille composée fentes horizontales
- 4/ la grille composée de fentes verticales
- 5/ la plaque pleine sans fentes

Le système mécanique devra permettre de passer (via le logiciel PANORAMA installé en salle de contrôle commande) - alternativement, rapidement et facilement - des systèmes 2, 3, 4 et 5. La vitesse nécessaire pour passer d'une de ces positions à n'importe quelle autre devra être inférieur à 30 secondes. Le positionnement des systèmes « en faisceau » devra être reproductible à mieux que 0.1 mm.

Le système mécanique - portant ces éléments - devra permettre de positionner (avec la même précision que les autres éléments) - manuellement en local (i.e : lorsque la salle machine est accessible) - la grille de « calibration optique » et son miroir à 45°.

Remarque : la grille de « calibration optique » n'étant habituellement utilisée qu'en local il n'est pas absolument nécessaire de prévoir un pilotage à distance du translateur pour cet élément. L'utilisation d'une goupille (comme c'est le cas sur les autres stations YAG) est suffisant. Cependant, si l'ajout d'une position supplémentaire sur le translateur ne représente pas une difficulté majeure et ne nécessite pas un long travail, alors il sera appréciable de pouvoir aussi piloter cela depuis la salle de contrôle commande. Cependant, cette option supplémentaire ne doit pas se substituer à la possibilité d'intervenir manuellement en local.

II.2 Ecran d'observation

L'écran situé « en amont » des grilles à une distance $L_d=230$ mm est l'écran « YAG 2 » (voir plan « PHIL_V0.3 » et Figure 2). Les grilles devront donc être placées sur la ligne PHIL afin de respecter cette distance à 0.1 mm près.

II.3 Les 2 grilles

Les grilles ont les propriétés suivantes :

- matériel : Tungstène (W)
- épaisseur des fentes : $e=3.5$ mm
- largeur des fentes : $d= 0.1$ mm
- hauteur des fentes : $h = N*w = 27*1.5 = 40.5$ mm (cf. Figure 3)
- espacement entre 2 fentes voisines (centre à centre) : $w = 1.5$ mm
- nombre de fentes : $N = 27$
- L'angle entre la normale au plan des fentes et l'axe nominal de la machine (trajectoire de la particule de référence) ne devra pas être supérieur à 1/10-ième de l'ouverture angulaire des fentes, soit :

$$\frac{1}{10} * \min \frac{(d)}{e} = 0.1 * \frac{0.1}{3.5} = 3 \text{ mrad}$$

Ces dimensions sont déterminées par les résultats de l'étude présentée dans la référence [2]. Le système de fentes devra, lorsqu'il est positionné devant le faisceau, être centré sur celui-ci. En d'autres termes, l'axe théorique de la machine doit passer au centre de la fente située au milieu de la grille² (cf Figure 3). Cette position doit être réalisée à mieux que 0.1 mm. L'angle entre la verticale locale (pour les grilles verticales) et l'axe³ des fentes doit être inférieur à 0.1 degré.

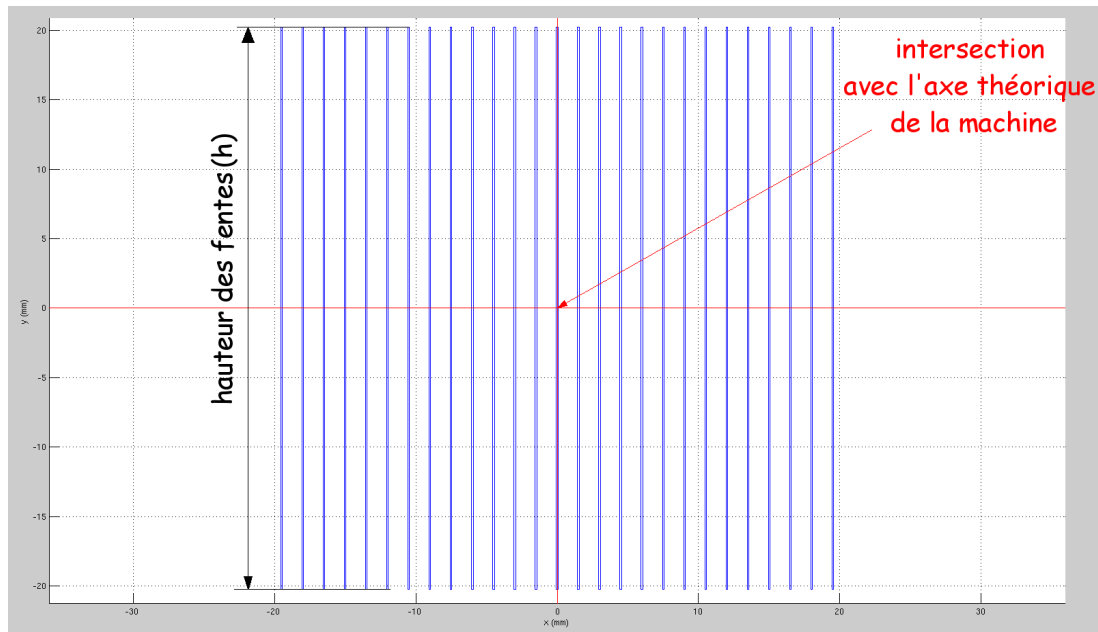


Figure 3: position - pour la grille dite « verticale » - des 27 fentes par rapport à l'axe théorique de la machine (lorsqu'elles sont « devant le faisceau ») et par rapport à l'horizontale et verticale locales (axes rouges). Les grilles horizontales devront avoir un centrage similaire.

II.4 la plaque pleine

Afin de soustraire le courant d'obscurité des images obtenues sur l'écran « YAG2 » (lorsque les fentes interceptent le faisceau), une plaque pleine (constituée du même matériau, ayant la même épaisseur, la même orientation que les fentes) doit pouvoir être positionnée sur la trajectoire théorique du faisceau d'électrons (à l'endroit où les grilles interceptent elles aussi le faisceau).

2 C'est pour cette raison que nous sommes passé de 28 fentes (dans la référence [2]) à un nombre impaire, à savoir 27.
3 Définie par l'axe portant leur dimension la plus longue.

II.5 La grille de calibration optique

La grille de « calibration optique » utilisée sur le translateur sera très similaire à celles existantes sur les stations YAG2, YAG3 et YAG4. Une requête supplémentaire est simplement demandée, à savoir la présence d'un élément visuel permettant d'identifier rapidement la position du centre de la grille. Deux exemples de tels « éléments » sont présentés et proposés sur la Figure 4. La position de cette grille, lorsqu'elle se trouve en position « en faisceau » doit être telle que son centre intercepte l'axe théorique de la machine à 0.1 mm près. La création de cet « élément visuel » ne devra pas dépasser la zone définie par les 4 carrés « les plus proches voisins » du centre (comme cela est réalisé sur la Figure 4).

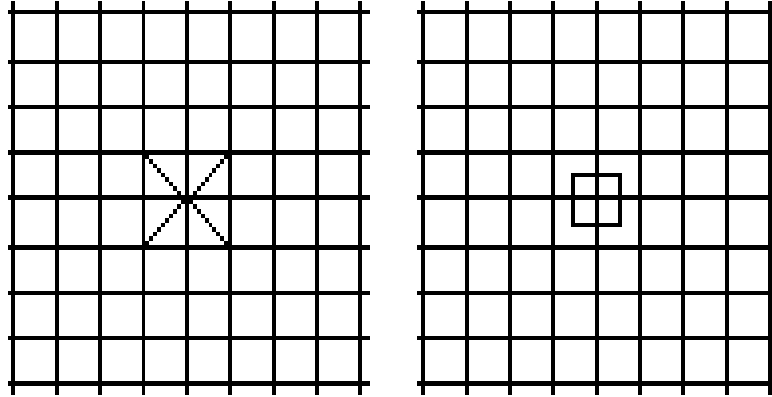


Figure 4: exemples d'élément "visuel" permettant d'identifier simplement le centre de la grille de calibration optique (située sous l'écran YAG).

III Réglage des éléments

Lors du montage du système, une procédure de vérification en position et en orientation devra être réalisée. Un document synthétisant ces mesures et les résultats obtenus (avec les incertitudes associées) devra être rédigée et diffusée au chef de projet et au responsable des diagnostics.

IV Références

[1] : « Emittance Formula for slits and pepper-pot measurement », Min Zhang, note « FERMILA-TM-1988 ».

[2] : « Dimensionnement du mesureur d'émittance transverse de PHIL par la méthode fentes », J. Brossard, Note PHIL n°2011-011 (<http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique92>).