

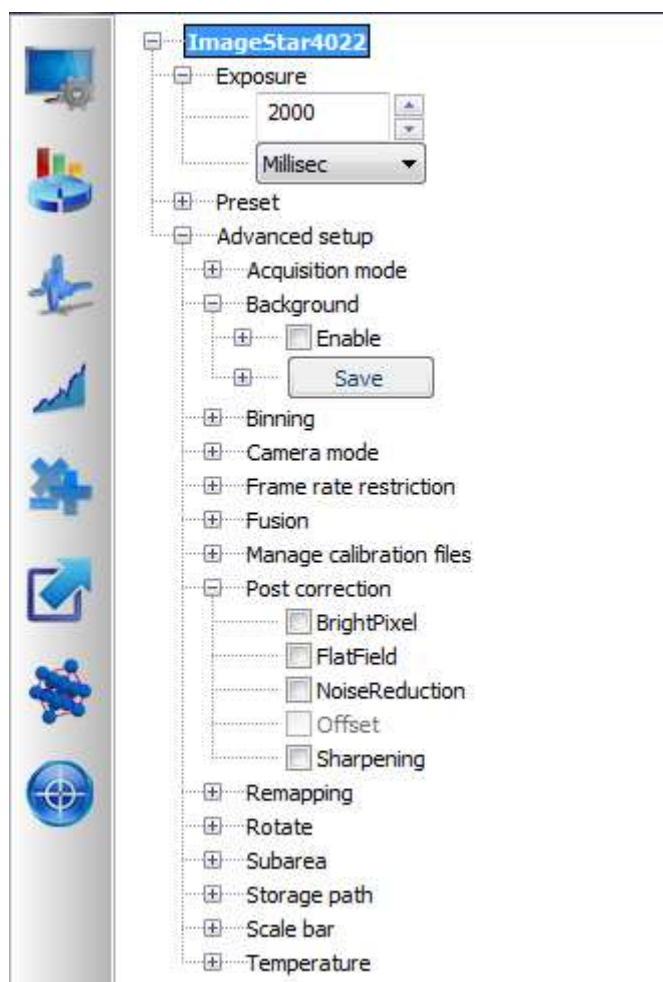
## TPRX

Vous avez à votre disposition une cabine d'acquisition d'images radiographiques. Vous disposez également de différents objets/échantillons dont :

Objet 0 = RIEN, objet 1 = gradin en carton, objet 2 = bille, objet 3 = gradin en aluminium, objet 4 = mousse, objet 5 = noix.

### A. Prise en main des outils

1. Ouvrir une session "Etudiant"
2. Allumer le générateur X et lancer le préchauffage du tube (se reporter aux instructions du document .\documentation\TutoRX.pdf, transparents 2–3).
3. Lancer PSL Viewer (raccourci sur le bureau)
4. Cliquer sur "camera setup" puis désactiver les traitements automatiques de façon à obtenir la configuration ci-dessous (c.-à-d. pas de correction du « background » ni du « flat field »)



6. Le temps d'acquisition est choisi dans "Exposure",
  7. Pour obtenir des clichés « en live », utiliser les boutons ci-contre.
- C'est parti !



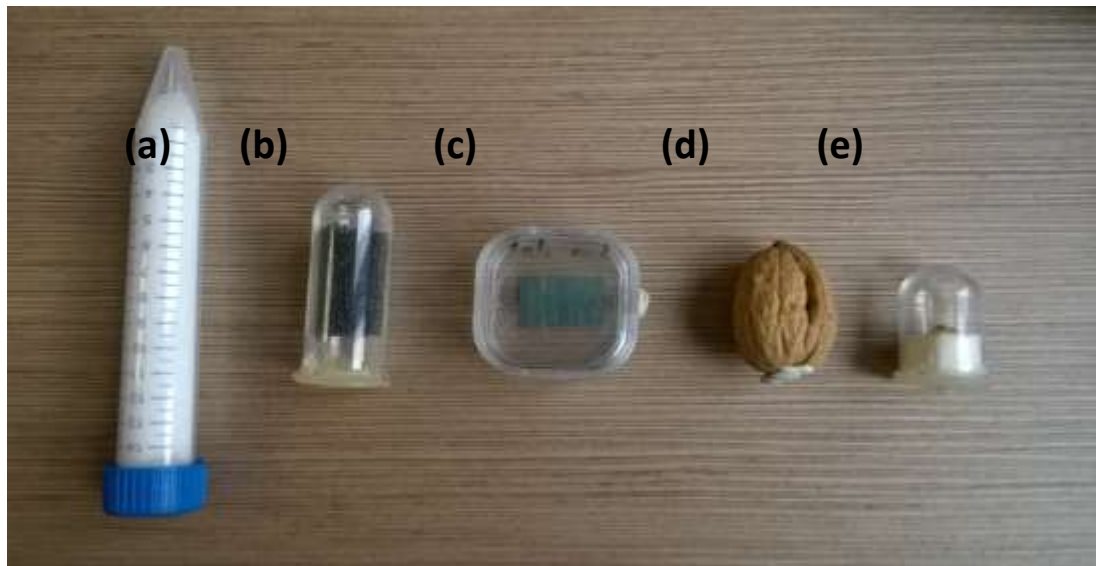


Figure 1: Quelques échantillons à utiliser au cours du TP

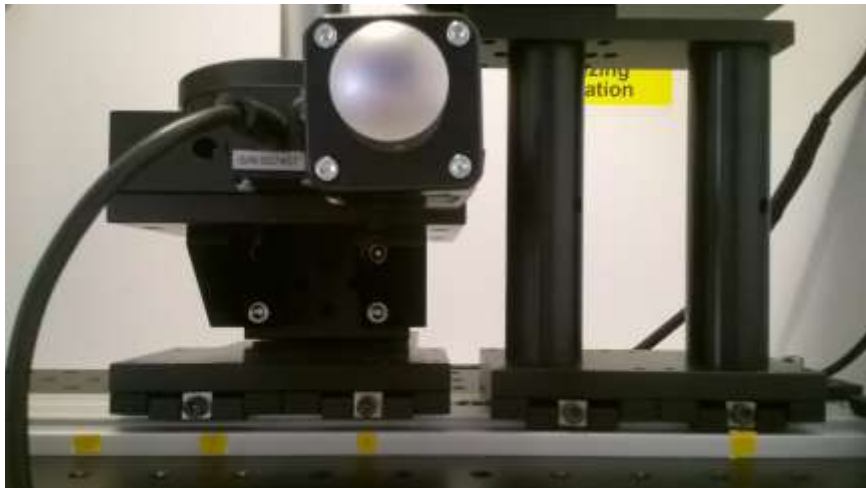


Figure 2: Zoom sur quelques éléments constitutifs du banc expérimental

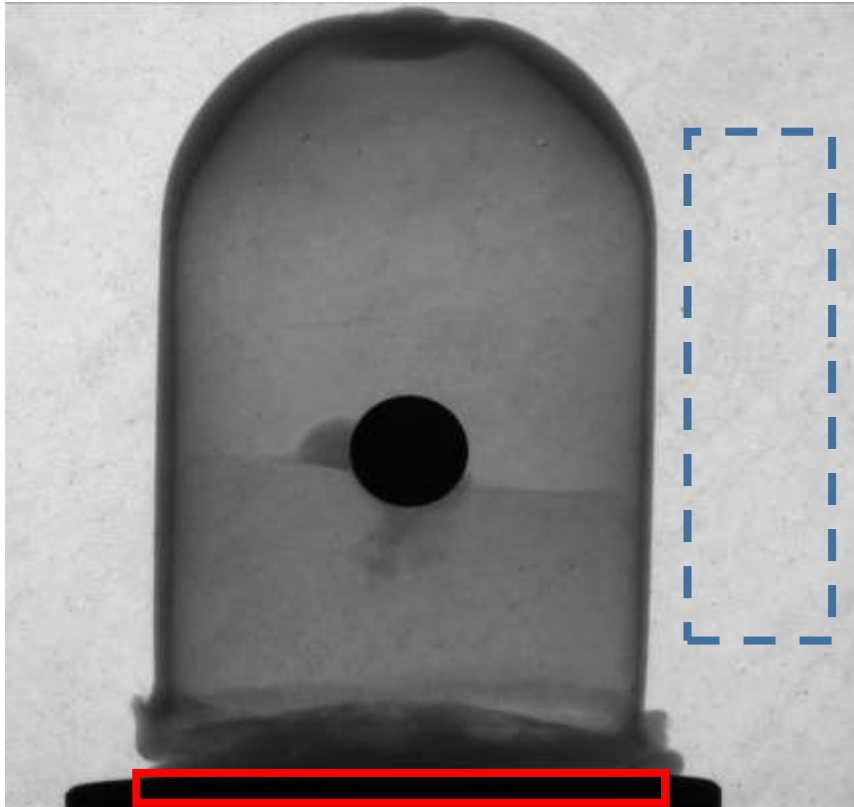


Figure 3: Zones caractéristiques de l'image. Zone « hors de l'échantillon » en trait pointillé bleu et « derrière le porte échantillon » en trait plein rouge. NB : Ici l'objet (e) a été utilisé mais la définition des zones est indépendante de l'objet choisi.

On rappelle que le signal mesuré par la caméra  $s(x,y)$  est proportionnel au nombre de photons  $X n(x,y)$  ayant atteint le plan du détecteur. Par ailleurs,  $n$  est donné par la loi de Beer-Lambert

$$n(x,y) = n_0 \exp(-\int \mu(x,y) dl) \quad (1)$$

où  $n_0$  est le nombre de photons incident sur l'objet et  $\mu$  l'atténuation de l'objet

## B. Premières images

B.1 Repérer le tube à rayons X, le détecteur, le porte échantillon et l'alimentation du tube.

B.2 Positionner l'objet (a) sur le porte échantillon en prenant soin de vérifier qu'il est correctement positionné en hauteur (25mm, cf Fig. 2b). Vérifier au passage les distances tube-détecteur et tube-porte échantillon (cf marques jaunes sur le rail, photo a ci-dessus).

B.3 Présélectionner, une tension de tube (« beam voltage ») de 30 kV et un courant (« beam current ») de 250 mA. Pour se faire, maintenir enfoncé le bouton « set ».

B.4 Choisir un temps d'acquisition de 1 s (PSL > Camera setup > Exposure)

B.5 Enclencher « X-Rays ON/OFF », le tube tire en continue.

**WARNING : De façon générale, tout au long du TP, veillez à bien éteindre le tube à rayons X lorsque vous n'êtes pas en phase d'acquisition (pour préserver le détecteur de l'irradiation)**

## ***Début des questions***

[Q1] Observer les images obtenues **en prenant soin de comprendre leur visualisation** (bouton ci-contre). Sauver une image que vous nommerez Q1.tif. N.B. : Si votre image est « noire », c'est le moment de réfléchir et d'ouvrir votre image pour voir les valeurs enregistrées. Pendant le TP, vous disposez de deux programmes Python (`code_etu.py` et `code_2_etu.py`) que vous devrez compléter.



[Q2] Quelle est l'origine physique du contraste ?

### **C. Courant de tube et temps d'intégration**

[Q3] Vous ferez varier le temps d'acquisition de 100 ms à 4s (par exemple 100, 500, 1000, 2000 et 4000 ms). Pour cela vous pourrez écrire une macro d'acquisition en prenant exemple sur `.\macro_acqui\simpleExample.txt` (voir `.\documentation\PSLViewerManual.pdf` et notamment expose et saveas dans la section « Macro control » p. 27—32). Pour lancer une macro, choisir la fenêtre MacroControl, puis start macro > simpleExample.txt > start.

Sauver votre macro au format txt et la nommer Q3\_macro.txt

Sauver les images au format tif et les nommer Q3\_0100.tif, Q3\_0500.tif, Q3\_1000.tif, Q3\_2000.tif, Q3\_4000.tif

[Q4] En vous basant sur l'équation (1), quelle devrait être l'influence du temps d'acquisition sur le nombre de photon mesuré ? Proposer une loi **très simple** (la plus simple possible) liant la valeur mesurée  $s$  au temps d'acquisition  $\Delta t$ .

[Q5] La loi proposée à la question précédente est-elle valable **derrière le porte échantillon** (cf. rectangle en trait plein de la Figure 3) ? Quelle valeur vous attendiez-vous à mesurer dans cette zone de l'image sachant que le porte-échantillon atténue très fortement les rayons X ? Que mesure-t-on en pratique ?

[Q6] On cherche à corriger l'effet mis en évidence à la question précédente. Proposer une méthode de correction qui s'appuiera sur l'acquisition de plusieurs images supplémentaires que vous sauverez et nommerez Q5\_\*.tif (remplacer « \* » par une chaîne de caractères de votre choix). Vous devez revenir au code python et compléter la cellule Q6.

[Q7] Valider votre correction en vérifiant que les images corrigées sont proportionnelles au temps d'intégration. Pour cela, effectuez une division entre deux images acquises ( $\Delta t = 4s$  et  $\Delta t = 1s$  par

exemple). Complétez le code python. Sauver les image corrigées (Q7\_1000ms.tif et Q7\_4000ms.tif) ainsi que le résultat de la division (Q7\_div.tif) que vous commenterez.

#### **D. Mise à plat (correction *flat field*)**

[Q8] Commenter l'allure (c.-à-d. les variations spatiales) des images corrigées Q7\_1000ms.tif et Q7\_4000ms.tif **en dehors de l'échantillon** (cf. Figure 3). Qu'observez-vous et comment l'expliquer physiquement ?

[Q9] Comment corriger cet effet ? Proposer une procédure de correction qui s'appuie une image supplémentaire acquise en l'absence de l'objet. *Indice : souvenez-vous du modèle de formation de l'image donné par l'équation (1). Comment s'affranchir d'un gain de détection variable spatialement ?*

[Q10] Sauver l'image acquise sans objet (la nommer Q9\_1000ms.tif), puis mettre en œuvre la procédure de correction de [Q9] au moyen d'une fonction en code python. Vous sauverez votre macro ainsi que deux images mises à plat (c.-à-d. résultant de la correction « flat field ») que vous nommerez Q10\_1000ms.tif et Q10\_2000ms.tif.

#### **E. Loi de Beer-Lambert**

[Q11] On cherche à réaliser une acquisition qui nous permettra de vérifier la loi de Beer-Lambert donnée par l'équation (1). On cherche en particulier à vérifier expérimentalement l'évolution de l'atténuation  $\int \mu(x,y) dl$ . Pour cela, on décide de faire une acquisition avec différentes épaisseurs d'un matériau connu. Quel objet choisir ?

[Q11b] Sauver l'image acquise (la nommer Q11.tif) ainsi que sa mise à plat (Q11\_b.tif).

*NB : Fixer la tension de tube à 30 kV et le courant à 250 mA. Ne pas bouger l'objet, ce qui facilitera les traitements ultérieurs.*

[Q12] Représenter les atténuations mesurées en fonction l'épaisseur des marches. Pour cela vous partirez de la code `meanMultipleRois_etu.py` que vous adapterez et complétez. Sauver l'image des gradins mise à plat (Q12.tif) ainsi que le graphe résultat (Q12\_plot.tif).

[Q13] Commenter l'évolution de l'atténuation en fonction de l'épaisseur.

[Q14] Estimer l'atténuation massique  $\tau$  (en  $\text{cm}^2/\text{g}$ ) du carton. On rappelle que l'on a la relation  $\mu = \tau \rho$  où  $\mu$  est le coefficient d'atténuation linéaire (en  $\text{cm}^{-1}$ ) et  $\rho$  la densité massique (en  $\text{g}/\text{cm}^3$ ). On fera l'hypothèse que le grammage du carton  $\sigma$  vaut  $240 \text{ g}/\text{m}^2$ . La valeur numérique de l'épaisseur d'un gradin, que l'on notera  $\Delta x$ , ne nécessite pas d'être connu pour calculer  $\tau$ .

[Q15] Comparer à la valeur obtenue à la valeur théorique et en déduire l'énergie d'acquisition « efficace ». Utiliser XmuDat (File > Data setup > Add > Cellulose Acetate, Rel. Weight = 1, OK, OK pour visualiser l'atténuation massique, File > Save Data, pour enregistrer les valeurs)

#### **F. Influence de la tension du tube**

Faire de même pour des tensions de 25, 20 et 15 kV. *NB : Ne pas bouger l'objet, ce qui facilitera les traitements ultérieurs.*

[Q17] Observer les images obtenues après mise à plat. Que se passe-t-il ? Comment faire pour corriger le problème ? Faire l'acquisition d'images supplémentaires (que vous nommerez Q17\_15kV.tif + Q17\_20kV.tif + Q17\_25kV.tif) pour pallier le problème.

[Q18] Commenter l'évolution de l'atténuation en fonction de l'énergie