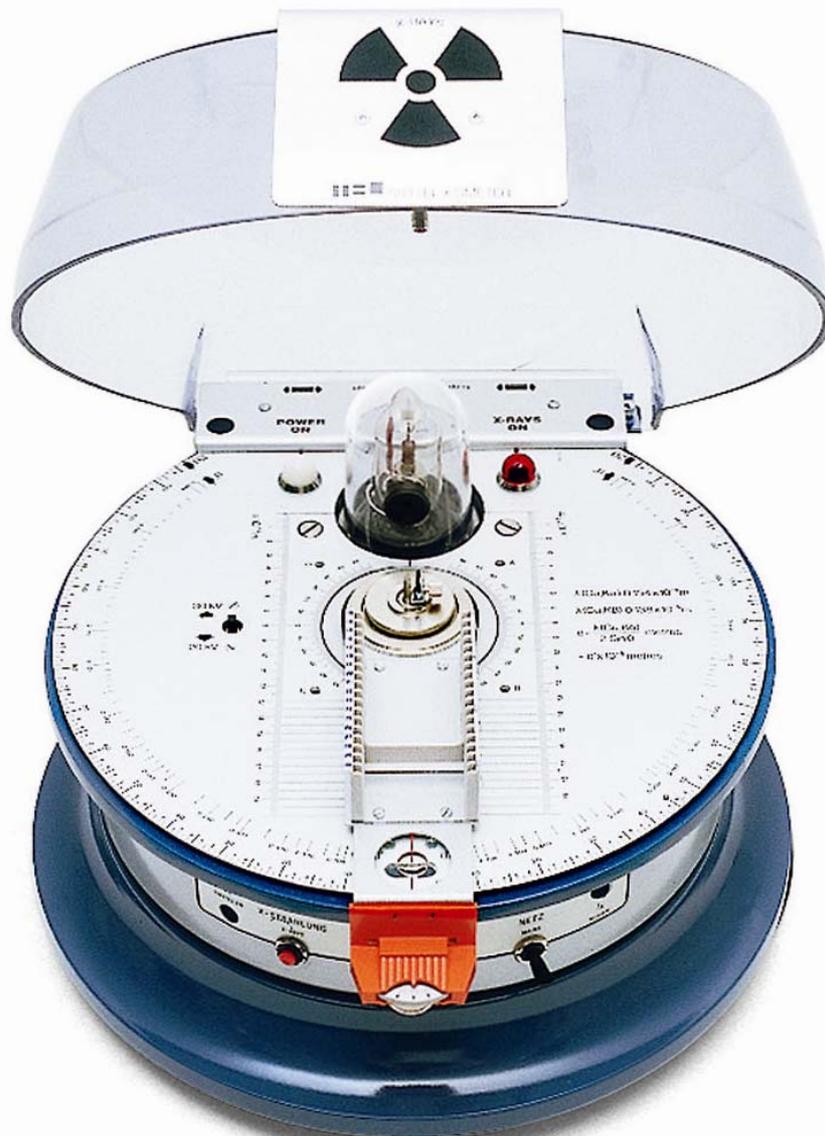


Appareil à rayons X (230 V, 50/60 Hz) 1000657
Appareil à rayons X (115 V, 50/60 Hz) 1000660

Instructions d'utilisation

10/12 ALF / Hh



1. Protection contre les radiations

Avant la première mise en service de l'appareil à rayons X, veiller à ce que la mise en service prévue ait été autorisée ou déclarée en bonne et due forme aux autorités compétentes, selon la législation, les directives et prescriptions en vigueur dans le pays concerné.

La haute tension ne peut être activée et le tube à rayons X mis en service que lorsque le couvercle de protection est rabattu et que le circuit de sécurité a été fermé dans les règles de l'art. Le boîtier est sécurisé contre toute ouverture intempestive par une vis jetable. Le rayonnement X est ainsi blindé, ce qui permet une expérimentation sans danger.

Les conditions de service maxi. $U = 30 \text{ kV}$ et $I = 100 \text{ }\mu\text{A}$ ne peuvent être dépassées.

Avant toute mise en service de l'appareil à rayons X, vérifier les dispositifs de protection contre les radiations, conformément aux instructions figurant au paragraphe 8.1.

Le boîtier de l'appareil à rayons X ne doit en aucun cas être ouvert. Si des manipulations, réparations, etc. qui ne concernent pas le montage d'expériences dans l'espace d'expérimentation, doivent être effectuées sur l'appareil à rayons X, l'agrément de modèle devient caduc et l'appareil à rayons X ne peut plus être utilisé. Les réparations doivent être effectuées uniquement par le fabricant UK 3B Scientific Ltd.

- Protéger l'appareil contre tout accès par des personnes non autorisées.

2. Consignes de sécurité

L'appareil à rayons X est conforme aux directives de sécurité relatives aux appareils électriques de mesure, de commande et de régulation ainsi qu'aux appareils de laboratoire conformes à la norme DIN EN 61010 Partie 1 et répond à la classe de protection I. Il est conçu pour une utilisation dans des endroits secs adaptés aux matériels et installations électriques.

Une utilisation conforme à la destination garantit un emploi de l'appareil en toute sécurité. La sécurité n'est cependant pas garantie si l'appareil fait l'objet d'un maniement inapproprié ou s'il est manipulé avec imprudence. S'il s'avère que son utilisation ne peut plus se faire sans danger (par ex. dans le cas d'un endommagement visible), l'appareil doit être immédiatement mis hors service et sécurisé contre tout fonctionnement involontaire.

- Examiner l'appareil à rayons X immédiatement après l'avoir déballé quant à

l'existence de dommages éventuels dus au transport. Si un endommagement est constaté, ne pas mettre l'appareil en service et en informer le fabricant UK 3B Scientific Ltd.

- Veuillez ne pas jeter l'emballage qui pourra être réutilisé pour d'éventuels renvois.
- Avant la première mise en service de l'appareil, régler ce dernier sur la tension de secteur correcte au moyen du sélecteur.

La présence d'une dose d'exposition importante à l'intérieur de l'appareil à rayons X, soumet ce dernier à un devoir de diligence particulier de la part de l'exploitant.

- Avant toute mise en service de l'appareil à rayons X, vérifier que le boîtier, le couvercle de protection, les éléments de commande et d'affichage sont bien intacts et contrôler en particulier les dispositifs de protection contre les radiations, conformément aux instructions fournies au paragraphe 8.1.
- En cas de dommages visibles, ne pas mettre en service l'appareil à rayons X et le protéger contre tout fonctionnement involontaire.
- En cas de perturbation fonctionnelle, mettre l'appareil hors service et le protéger contre tout fonctionnement involontaire.
- Si le voyant de contrôle de haute tension est allumé, alors que le blindage de protection n'a pas été fermé dans les règles de l'art et qu'il est verrouillé à la position médiane, mettre l'appareil immédiatement hors service.

Si le chauffage de cathode du tube ne fonctionne pas, « l'afterflash » (flash du chauffage du tube provoqué par la mise hors circuit de la haute tension) ne peut fonctionner lorsque la haute tension est mise hors circuit. La haute tension peut donc encore rester appliquée sur le tube pendant une durée de jusqu'à 6 heures.

- Par conséquent, ne toucher les pièces conductrices de haute tension qu'au bout de 6 heures minimum après une panne de cathode.
- Débrancher la prise du secteur lors d'un changement de lampe ou de fusible.

3. Composants et éléments de commande



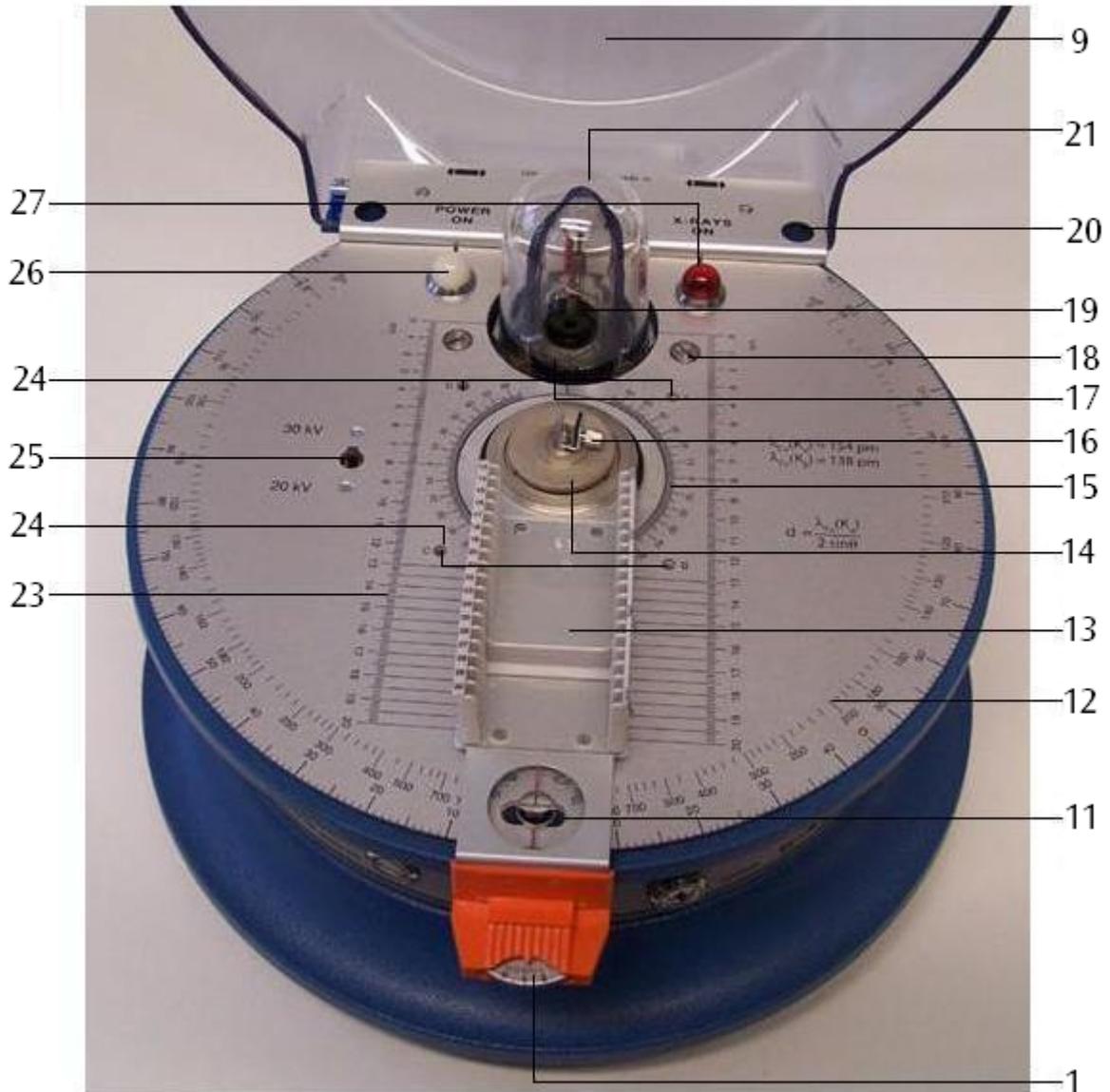
- 1 Bouton de réglage de précision pour goniomètre
- 2 Potentiomètre de compensation pour le réglage du courant d'émission
- 3 Touche pour haute tension avec fonction MARCHE/ARRÊT
- 4 Boîtier
- 5 Pied

- 6 Minuterie
- 7 Interrupteur à clé pour la tension du secteur
- 8 Douille jack pour la mesure du courant d'émission avec sortie de tension proportionnelle au courant
- 9 Couvercle blindé
- 10 Plaque de blindage avec symbole d'avertissement contre les radiations



10

22



9

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

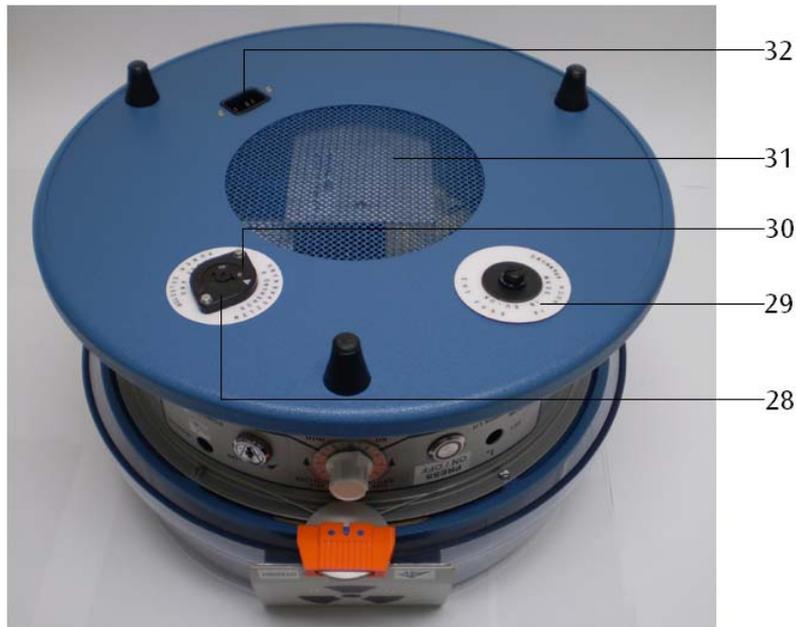
11

1

- 11 Fente en forme d'haltère servant au verrouillage du couvercle de protection
- 12 Echelle d'angle pour bras de mesure
- 13 Bras de mesure avec magasin à diapositives
- 14 Plateau presseur
- 15 Graduation angulaire pour porte-échantillon
- 16 Porte-échantillon
- 17 Ouverture de sortie de rayon avec collimateur en laiton
- 18 Vis d'arrêt pour capot en verre plombé

- 19 Tube à rayons X
- 20 Ouvertures
- 21 Capot en verre plombé
- 22 Tourillons de fermeture du couvercle de protection
- 23 Echelle de distance de la tache cathodique
- 24 Douilles 4 mm pour le montage de l'entraînement moteur
- 25 Sélecteur de haute tension
- 26 Voyant de contrôle de la tension du secteur (blanc)

27 Voyant de contrôle de haute tension (rouge)



28 Porte-fusible pour tension de secteur

29 Porte-fusible pour haute tension

30 Sélection de tension secteur

31 Ouverture d'aération du boîtier

32 Branchement secteur

4. Description

L'appareil à rayons X sert à la réalisation d'expériences diverses sur les thèmes suivants :

- propriétés des rayons X :
 - radio exposition
 - propagation rectiligne
 - ionisation
 - radiographie
- radiation fluorescente
- blindage de rayons X
- expériences sur l'absorption
- loi sur la distance
- dosimétrie et protection contre les radiations
- diffraction de rayons :
 - méthode de Laue,
 - méthode de Debye-Scherrer,
- réflexion de Bragg,
 - loi de déplacement de Duane-Hunt (détermination de h)
- loi de Moseley.

Un goniomètre horizontal à tube compteur est intégré dans l'appareil à rayons X. Il est constitué d'un bras de mesure pivotant et d'un porte-échantillon central. Le bras pivotant sous forme de magasin pour diapositives sert à loger le tube compteur Geiger-Müller (1000661), la chambre d'ionisation (1000668) ainsi que les appareils

d'expérimentation au format de diapositives ou sur un socle de 50 mm x 50 mm (comme cela est par exemple le cas pour 1000665, 1000666, 1000667). Le bras pivotant peut être tourné à la main, indépendamment du porte-échantillon ou avec un couplage angulaire fixe de ratio 2:1, notamment pour réaliser des expériences sur la réflexion de Bragg. La chambre d'expérimentation est logée dans un boîtier fermé équipé d'un couvercle de protection transparent blindé. En raison du verrouillage de sécurité, le capot de protection ne peut être ouvert qu'après la mise hors service de la touche de haute tension et un temps d'évanouissement de la haute tension de 2 secondes. Une minuterie avec un temps de commutation de 1 heure maximum permet également le réglage de temps d'exposition plus longs et empêche un fonctionnement continu incontrôlé de l'appareil. Le tube à rayons X à vide très poussé avec cathode en tungstène et anode en cuivre directement chauffées se trouve dans un verre de borosilicate pourvu d'une fenêtre concave à fines parois pour l'émission du rayon. Un capot en verre plombé avec collimateur en laiton laisse le rayon X sortir parallèlement à la partie supérieure de l'appareil et offre un blindage contre le rayonnement diffusé. A sa sortie, le rayon X frappe une plaque de blindage en aluminium et plomb portant un symbole d'avertissement contre les radiations dont le diamètre correspond avec le rayon non collimaté.

5. Fournitures

- 1 Appareil de base
- 1 Tube à rayons X
- 1 Prise à jack
- 2 Fusibles
- 1 Panneau d'avertissement en allemand, anglais, français et espagnol
- 1 Instructions d'utilisation

6. Caractéristiques techniques

Tube à rayons X :

Tension anodique : 20/30 kV commutable, stabilisée électroniquement

Courant d'émission : réglage continu de 0 à 80 μA , stabilisé électroniquement

Dose d'irradiation : $< 0,1 \text{ mrem/h}^{-1}$ in 0,1 m de distance de la surface de contact

Chauffage de cathode : 4 V, 1 A

Tache cathodique : 5 mm x 1 mm

Matériau de l'anode : Cu

Collimateur en verre

plombé : 5 mm \varnothing

Divergence du rayon : mieux que 10°

Longueur d'onde du

rayon caractéristique : Cu - K_α : 154 pm
Cu - K_β : 138 pm

Dimensions : 100 mm x 32 mm \varnothing

Goniomètre à tube compteur :

Etendue de

pivotement : 0°
 $+10^\circ$ à $+130^\circ$ et
 -10° à -130° par rapport à l'axe du rayon

Couplage angulaire : indépendant du porte-échantillon ou dans un rapport 2:1

Précision de mesure de l'angle de Bragg 2θ : 5 minutes d'arc

Minuterie : 0 à 60 min, réglage en continu

Connexion : 115 V / 230 V, 50/60 Hz par câble secteur

Puissance absorbée : 100 VA

Dimensions : 250 mm x 370 mm \varnothing

Masse : 9 kg

7. Pièces de rechange et accessoires

1. Tube à rayons X de rechange 1000664

2. Equipement de base p. l'appareil à rayons X 1000665

Cet équipement permet la réalisation d'expériences qualitatives et quantitatives : propagation rectiligne, ionisation et capacité de pénétration des rayons X ainsi que radiographie, pour démontrer le caractère ondulatoire du rayon X, pour étudier le rayonnement X fluorescent et pour déterminer les coefficients d'absorption des masses.

L'ensemble comprend :

1 écran fluorescent

1 caméra Debye-Scherrer

2 cassettes film

1 masque en plomb

2 électrodes à plaque sur broche de contact 4 mm

1 collimateur à diaphragme à fente, 1 mm

1 collimateur à diaphragme perforé, \varnothing 1 mm

1 magasin supplém. avec diaphragme circulaire

2 diaphragmes à fente, 1 mm / 3 mm

1 diaphragme perforé, \varnothing 9,5 mm

2 monocristaux, LiF, NaCl

2 mini-cristaux, LiF

1 échantillon de poudre, LiF

10 fils de Cu

4 films d'absorption, Ni, Cu, Co, Zn

1 revolver à film de diffusion, avec les éléments V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn

1 déclencheur à distance pour revolver à film de diffusion

1 lot d'accessoires pour le montage (colle à acétate, clips)

1 coffret de rangement adapté

3. Accessoires de cristallographie pour l'appareil à rayons X 1000666

Ces accessoires sont utilisés pour des analyses cristallographiques avancées, pour l'élaboration de la loi de Moseley, de la méthode de Debye-Scherrer, de la réflexion de Bragg ainsi que pour l'étude de matériaux.

L'ensemble comprend :

4 films, Fe, V, Mn, Cr

2 monocristaux, KCl, RbCl

5 échantillons de poudre, NaF, SiC, NH_4Cl , MgO, Al

2 échantillons de fils, 3 x Al, 3 x Nb pour l'étude de la méthode de Debye-Scherrer

10 fils de polyéthylène

1 disque servant à calculer l'angle de Bragg

4. Accessoires de radiographie pour l'appareil à rayons X 1000667
Ces accessoires permettent la réalisation d'expériences sur les thèmes suivants : dispersion, absorption, rapport entre tension d'accélération / courant d'émission et capacité de pénétration, capacité de résolution ; blindage, épaisseur de demi-atténuation ; temps d'exposition, contrôle de matériau non destructif.
L'ensemble comprend :
- 1 croix de Malte
 - 1 fantôme
 - 1 écran perforé
 - 1 couche d'aluminium, étagée
 - 5 absorbeurs d'aluminium, 0,1 / 0,25 / 0,5 / 1,0 / 2,0 mm
 - 1 absorbeurs de plomb, 0,5 mm
 - 1 absorbeurs de plastique
 - 2 aimants
 - 4 modèles d'essai (porosité, fissures, soudure, peinture)
5. Pack de films #2 p. radiographie 1000669
Ce pack contient des films hautement sensibles de radiographie pour rayons α , β et X. Un emballage individuel des feuilles dans des boîtes en plastique opaques permet un développement et un fixage à la lumière du jour.
L'ensemble comprend :
- 20 feuilles 38 mm x 35 mm dans des boîtes plastiques opaques
 - 1 flacon de révélateur pour radiographies
 - 1 flacon de fixage pour radiographies
 - 1 seringue avec canule pour le remplissage des produits chimiques dans les boîtes de films
 - 1 jeu d'agrafes métalliques
6. Pack de films #4 p. enregistrements de Debye-Scherrer 1000670
Comme pour le pack #2 mais avec
12 feuilles de 150 mm x 12 mm dans des boîtes en plastique opaques pour caméra Debye-Scherrer.
7. Entraînement moteur (@230 V) 1000663
Entraînement moteur (@115 V) 1000662
L'entraînement moteur est utilisé pour l'étude des structures selon la méthode au cristal en association avec la caméra Debye-Scherrer.
Raccord secteur : 115/230 V, 50/60 Hz
Puissance absorbée : 3 VA
8. Chambre d'ionisation pour l'appareil à rayons X 1000668
Cette chambre sert à l'étude de l'ionisation de l'air et d'autres gaz sous différentes pressions par le rayonnement X (caractéristique de saturation, modèle d'un tube compteur de Geiger-Müller, dosimétrie).
Tension de service : max. 2 kV
Courant d'ionisation : 10^{-11} à 10^{-10} A
Electrode : 75 mm long
Chambre : 85 mm x 25 mm \emptyset
Arbre de tuyau : 5 mm \emptyset
9. Tube de Geiger-Müller 1000661
Tube compteur à halogène à impulsions non rémanent pour l'enregistrement de rayons α , β , γ et X.
Plage du taux de dosage : 10^{-3} à 10^2 mGy/h
Occupation de masse de la surface active (mica) : 2,0 à 3,0 mg/cm²
Tension de service : 500 V
Connexion : BNC
Longueur de câble : 1 m
Dimensions : 57 mm x 22 mm \emptyset
10. Kit de base Bragg 1008508
Kit d'équipement de base pour les travaux pratiques portant sur la réflexion de Bragg et utilisant un cristal LiF et un cristal NaCl.
L'ensemble comprend :
- 1 collimateur avec diaphragme à fente simple, 1 mm
 - 2 diaphragmes à fente simple, 1 mm / 3 mm
 - 1 cristal LiF et 1 cristal NaCl
 - 1 tube de Geiger-Müller (1000661)
11. Unité de contrôle Bragg 1012871
Cet ensemble « matériel + logiciel ». permet de collecter des mesures de diffraction de rayons X. Il fournit la haute tension et les circuits de comptage pour le tube Geiger Müller (1000661) et inclut un logiciel qui permet à l'utilisateur de piloter et collecter les données.
Enregistrement automatique : 30 s
Plage angulaire: $12^\circ - 120^\circ$
Temps / pas : $\geq 0,1$ s
Pas angulaire: $\geq 0,05^\circ$
Tension du tube GM: 0 – 1000 V

8. Manipulation

8.1 Vérification des dispositifs de protection contre les radiations

Avant toute mise en service de l'appareil, vérifier les divers dispositifs de protection contre les rayonnements quant à leur fonctionnement en bonne et due forme. Effectuer le contrôle conformément aux étapes de vérification indiquées ci-dessous. En cas de réclamation, mettre immédiatement l'appareil hors circuit. Si le défaut ne peut être éliminé sur la base des conseils formulés au paragraphe 10, faire réparer l'appareil à rayons X par le fabricant. L'appareil peut être employé lorsque le contrôle de sécurité a été mené avec succès.

- Vérifier que le couvercle blindé est bien intact.
- Vérifier la fixation de la plaque de blindage portant le panneau d'avertissement contre les radiations.
- Vérifier que les tourillons du couvercle blindé sont bien intacts.
- Vérifier que le dôme en verre plombé et le collimateur en laiton sont exempts de tout dommage et bien fixés.
- Vérification du fonctionnement du voyant de contrôle du secteur : pour effectuer cette vérification, fermer le couvercle blindé, raccorder l'appareil au secteur, régler la minuterie, actionner l'interrupteur à clé. Le voyant de contrôle du secteur doit être allumé. Le voyant de contrôle de haute tension doit être éteint.
- Vérification du fonctionnement de la minuterie : pour effectuer cette vérification, actionner l'interrupteur à clé et régler la minuterie.
- Vérification du relais de la minuterie : régler la minuterie à 0. Le voyant de contrôle du réseau doit être éteint lorsque l'interrupteur d'alimentation est enclenché.
- Vérifier le fonctionnement du voyant de contrôle de la haute tension : le capot de protection étant fermé et verrouillé (pivot de fermeture en position centrale), régler la durée sur la minuterie et actionner l'interrupteur à clé. Le voyant de contrôle ne doit pas encore briller. Régler la haute tension avec la touche. Le voyant de contrôle et l'anneau lumineux de la touche doivent briller.
- Vérifier la fonction de commutation des éléments de sécurité dans la charnière du capot : la haute tension étant activée, déplacer le capot vers le côté, sans toutefois l'ouvrir ; le pivot de fermeture reste donc dans l'une des extrémités de la fente en forme d'haltère. La haute tension et ainsi le voyant de contrôle de la haute tension et l'anneau lumineux doivent s'éteindre.

8.2 Mise en service de l'appareil à rayons X

8.2.1 Ouverture, fermeture et verrouillage du couvercle blindé

- Pour ouvrir le couvercle blindé, déplacer ce dernier latéralement, du côté où se trouve le bras de mesure et l'ouvrir.
- Pour fermer le couvercle de blindage, introduire le tourillon de fermeture dans l'extrémité de la fente en forme d'haltère, du côté où se trouve le bras de mesure.
- Déplacer le couvercle blindé sur le côté de manière à entendre clairement le tourillon de fermeture s'enclencher dans la position médiane.

Le couvercle est à présent sécurisé contre toute ouverture directe. La haute tension peut être enclenchée.

8.2.2 Mise sur circuit de l'appareil à rayons X

- Régler le temps de présélection sur la minuterie
- Brancher l'appareil à rayons X au moyen de l'interrupteur à clé.

Le voyant de contrôle du secteur brille. Lorsque le temps réglé s'est écoulé, l'appareil s'arrête.

8.2.3 Fermeture du capot de protection et activation de la haute tension

- Après avoir branché la tension secteur, sélectionner la haute tension souhaitée $U = 20 \text{ kV} / 30 \text{ kV}$ au moyen de l'interrupteur à coulisse.
- Fermer le couvercle blindé et le verrouiller en positionnant le tourillon de fermeture au milieu.
- Actionner l'interrupteur à touches de haute tension.

Le voyant de contrôle de la haute tension et l'anneau lumineux de la touche brillent et il se forme un rayon X.

- Démontrez le rayonnement X au moyen de l'écran fluorescent, de la chambre d'ionisation ou du tube de Geiger-Müller.

8.2.4 Réglage et mesure du courant d'émission

- Brancher un voltmètre d'un calibre de 10 V CC à la douille jack via un câble adaptateur.
- Avec un tournevis, régler le courant d'émission souhaité sur le potentiomètre à vis.

On a l'équation suivante :

$$I_A [\text{A}] = U_A [\text{V}] / 10^5 [\text{Ohm}]$$

Un courant de tube par ex. de 80 μA s'affiche sur le voltmètre comme tension continue de 8 V.

8.2.5 Désactivation de la haute tension et ouverture du capot de protection

- Actionner la touche de haute tension, attendre la temporisation du déverrouillage de

sécurité du capot et déplacer le capot de protection vers le côté.

8.2.6 Porte-échantillon

Les monocristaux (NaCl, LiF, etc.) peuvent être fixés sur le porte-échantillon (voir Fig. 5). Dévisser la vis pour enlever la griffe de serrage et le support.

- Fixer le monocristal sur le porte-échantillon en utilisant la griffe de serrage et définir ainsi l'ajustement angulaire du cristal. La face rugueuse du cristal doit être dirigée vers le tube à rayons X.
- Lire l'angle θ entre le porte-échantillon et l'axe du rayon sur la graduation angulaire pour le porte-échantillon.

8.2.7 Bras de mesure

Le bras de mesure est équipé de 18 emplacements enfichables pour les accessoires d'expérimentation et les appareils de démonstration. L'angle 2θ entre le bras de mesure et l'axe du rayon se lit sur la graduation angulaire pour le bras de mesure. La graduation du bouton de réglage de précision sert à la mesure précise de l'angle. A cet effet :

- Régler le bras de mesure sur l'angle 2θ entier suivant.
- Régler ensuite le bouton de réglage précis sur 0 contre la tension du fil en maintenant fermement le bras de mesure.

Le bras de mesure peut encore être réglé de $\pm 4^\circ$ sur le bouton de réglage précis.

- Lire l'angle relative sur la graduation du bouton de réglage précis (précision d'environ 5 minutes d'arc).

8.2.8 Couplage angulaire de ratio 2:1

Lors de l'enregistrement d'un spectre de Bragg, tourner le bras de mesure avec un angle double 2θ et, simultanément, le porte-échantillon avec un angle θ .

- Régler exactement le bras de mesure et le porte-échantillon sur $\theta = 0^\circ$.
- Visser avec précaution le plateau presseur.

A chaque mouvement du bras de mesure, le porte-échantillon se déplace à présent également d'un demi-angle (voir Fig. 4).

- Dévisser le plateau presseur de 1 à 2 tours pour supprimer le couplage

8.3 Remplacement des fusibles

- Débrancher la prise secteur.

8.3.1 Fusible secteur

- ouvrir le porte-fusible de tension secteur sur le fond du boîtier en le dévissant.
- Insérer le nouveau fusible de valeur correcte.

- Refermer le porte-fusible en le vissant.

8.3.2 Fusible haute tension

- Ouvrir le porte-fusible de haute tension sur le fond du boîtier en le dévissant.
- Insérer le nouveau fusible de valeur correcte.
- Refermer le porte-fusible en le vissant.

8.4 Remplacement des lampes

- Débrancher la prise secteur.
- Dévisser le couvercle plastique des voyants de contrôle du secteur ou de haute tension.
- Dévisser la lampe à l'aide d'un petit morceau de tuyau en plastique et la remplacer par une nouvelle :

Voyant de contrôle de la tension du secteur :
6 V / 0,05 A

Voyant de contrôle de haute tension : 6 V / 0,1 A

- Revisser le couvercle.

8.5 Ajustage du tube à rayons X

L'appareil à rayons X est livré avec un tube à rayons X ajusté en usine. En règle générale, un ajustage supplémentaire n'est donc pas nécessaire. Un dérèglement peut cependant être provoqué par le transport et rendre un réajustage nécessaire.

8.5.1 Ajustage de la hauteur du tube à rayons X

- Insérer le tube dans les rainures 17 et 20 du bras de mesure et le placer à la position 0° en le faisant tourner.
- Insérer le diaphragme à fente 1 mm (1000665) en position horizontale dans la rainure 13.
- Placer le diaphragme perforé de 1 mm \varnothing (1000665) sur le collimateur en laiton du capot en verre plombé.
- Mettre l'appareil à rayons X sur circuit et sélectionner une haute tension de 20 kV.
- Régler le courant d'émission de façon à ce que le tube compte environ 200 à 400 impulsions/seconde (voir 8.2.4).
- Enlever le capuchon en caoutchouc situé sur la face arrière de l'appareil et modifier la hauteur du tube à rayons X sur la vis à présent accessible de manière à obtenir le taux de comptage maximum.
- Replacer le capuchon en caoutchouc.

8.5.2 Ajustage latéral du tube à rayons X

- Débrancher l'appareil à rayons X et ouvrir le couvercle blindé.
- Insérer verticalement le diaphragme à fente 1 mm (1000665) dans la rainure 30.

- Fixer le collimateur à diaphragme à fente 1 mm (1000665) en position verticale sur le collimateur en laiton du capot en verre plombé.
- Enlever la griffe de serrage du porte-échantillon et placer les baguettes en verre (1000665) sur le porte-échantillon au moyen du clip de montage (voir Fig. 5).
- Brancher la tension secteur.
- Repérer le tube à rayon X à travers les deux fentes. La baguette de verre doit se trouver au milieu de la tache cathodique sur l'anode.
- Si elle ne se trouve pas dans cette position, tourner légèrement le capot en verre plombé. Dévisser les vis à cet effet.
- Enlever à nouveau les baguettes en verre et le clip de montage.
- Fixer le mini-cristal LiF sur le porte-échantillon pour effectuer le réglage de précision.
- Positionner le bras de mesure et le porte-échantillon sur 0° .
- Effectuer le couplage angulaire de ratio 2:1 (voir 8.2.8).
- Régler le bras de mesure sur l'angle $2\theta = 45^\circ$. Sélectionner le côté du goniomètre pour que le rayon incident et le rayon réfléchissant se situent sur la face inclinée du porte-échantillon (voir également Fig. 5).
- Régler la haute tension sur 30 kV, fermer le couvercle blindé et mettre la haute tension sur circuit.
- Chercher le reflet Cu-K_α (valeur de référence bibliographique dans les ouvrages pour $\text{LiF} = 44^\circ 56'$). La valeur de mesure doit correspondre à la valeur de référence bibliographique dans un cadre de $30'$.
- Si la valeur obtenue ne se situe pas dans cette plage de tolérance, vérifier les étapes précédentes et les répéter.
- Si la valeur de mesure se trouve toujours en dehors de la plage de tolérance, régler le bras de mesure sur la valeur moyenne entre valeur de mesure et valeur de référence bibliographique.
- Enlever le capuchon en caoutchouc supérieur situé sur la face arrière de l'appareil, incliner le tube à rayons X au moyen de la vis à présent accessible et maximiser le taux de comptage.
- Chercher le maximum du reflet en utilisant le bras de mesure. Si nécessaire, procéder à un ajustage jusqu'à ce que la valeur de mesure et la valeur de référence à l'intérieur d'une plage de tolérance de $30'$.

9. Instructions d'utilisation des accessoires

9.1 Montage des collimateurs (1000665)

Les collimateurs servent à réduire la divergence de rayon.

- Fixer l'un des collimateurs directement sur le collimateur en laiton du capot en verre plombé.

9.2 Montage de fentes et autres objets d'expérimentation au format de diapositives sur le bras de mesure

- Insérer l'objet d'expérimentation au format de diapositive concerné dans la rainure du bras de mesure et le fixer au moyen de la borne à ressort.

9.3 Chambre d'ionisation (1000668)

- Assembler la chambre d'ionisation conformément à la Fig. 6.

Pour l'étude de l'effet ionisant du rayonnement X sous pression normale, utiliser le couvercle à grande ouverture, sous pression réduite (principe du tube de Geiger-Müller), employer le couvercle avec le raccord d'évacuation.

- Canaliser les conduites d'alimentation en tension ainsi que la conduite de pompage à travers les passages de la chambre d'expérimentation vers l'extérieur. Equiper le câble d'expérimentation avec les connecteurs livrés.
- Insérer la chambre d'ionisation dans le bras de mesure (voir Fig. 2).

9.4 Tube de Geiger-Müller (1000661)

- Insérer le support du tube dans le magasin de diapositives du bras de mesure et le fixer au moyen des bornes à ressort (voir Fig. 3).

9.5 Revolver à film de diffusion (1000665)

Le revolver à film de diffusion contient 8 feuilles métalliques qui peuvent être tournées successivement dans la trajectoire du rayon par déclencheur à distance. Les symboles des éléments sont affichés dans une fenêtre située sur la face arrière du revolver.

- Enlever la griffe de serrage du porte-échantillon (voir Fig. 9).
- Placer le revolver à film de diffusion avec la cavité en forme de demi-cercle sur le porte-échantillon.
- Visser le déclencheur à distance sur le revolver à film de diffusion et vérifier son fonctionnement.
- Faire sortir le déclencheur à distance en dessous du couvercle blindé.

9.6 Caméra Debye-Scherrer (1000665) et entraînement moteur (1000662 ou 1000663)

La caméra Debye-Scherrer-Kamera est constituée de trois parties : Boîtier, couvercle et support de serrage à roue conique (voir Fig. 7). La réalisation de clichés suivant la méthode de Bragg est par exemple possible en liaison avec l'entraînement moteur.

- Enlever la griffe de serrage du porte-échantillon, régler le bras de mesure sur $2\theta = 90^\circ$ et le porte-échantillon sur $\theta = 90^\circ$. Ce faisant, veiller à ce que la face lisse du porte-échantillon soit dirigée vers le tube à rayons X.
- Fixer le collimateur 1 mm sur le collimateur en laiton du capot en verre plombé.
- Placer le boîtier de la caméra Debye-Scherrer à titre d'essai entre le capot en verre plombé et le porte-échantillon (voir Fig. 7). Si la fixation de la caméra n'est pas complètement exempte de jeu, procéder à un réglage avec la vis située sur le fond de la caméra.
- Charger la caméra en chambre noire avec un film radiographique du pack de films #4 (1000670). Placer le film tout près de la paroi du cylindre intérieur.
- Pour la réalisation de clichés suivant la méthode de Bragg, placer en outre un film du pack de films #2 (1000669) au fond de la caméra.
- Fixer l'échantillon dans le mandrin du support de serrage, fermer le couvercle de la caméra et placer le support de serrage muni de l'échantillon dans la caméra.
- Placer la caméra sur le porte-échantillon.
- Si nécessaire, positionner également l'entraînement moteur (1000662 ou 1000663) conformément à la Fig. 8. Enficher à cet effet le connecteur du moteur dans la douille 4-mm. Veiller à ce que les engrenages coniques fonctionnent parfaitement. La position de la roue conique du moteur peut être modifiée sur l'axe à l'aide de la clé six pans (BTR) livrée.

9.7 Films radiographiques (1000669/1000670)

9.7.1 Développement

- Avant d'introduire le liquide dans la seringue, tirer le piston de 1 ml vers le haut, de façon à ce que de l'air se situe au-dessus du liquide. L'ensemble du liquide est ainsi expulsé hors de la seringue et de la canule dans la boîte de film.
- Placer la canule dans l'une des ouvertures située près de l'impression en relief sur la boîte de film et injecter le révélateur.

S'assurer que les deux côtés du film sont bien humidifiés par le révélateur et que ce dernier est bien réparti dans la boîte pendant toute la durée du développement.

- Exercer en outre une légère pression avec

l'index et le pouce sur la boîte de film.

- Injecter le fixateur dans la boîte après le développement sans enlever auparavant le révélateur.

Développement	Révélateur	Fixateur
Durée	1½ min.	4 min.
Pack de films #2	2½ ml	3½ ml
Pack de films #4	3½ ml	5 ml

9.7.2 Prélèvement du film

- Après avoir effectué le développement du film, couper un coin de la boîte à l'aide d'une paire de ciseaux et éliminer le liquide de la boîte en exerçant une légère pression.
- Couper ensuite l'extrémité de la boîte et ôter le film de la boîte avec l'agrafe métallique.
- Tenir le film quelques minutes sous un filet d'eau pour le nettoyer avant de le regarder.

Si le film doit être archivé, augmenter le temps de fixage à 10 minutes supplémentaires et le nettoyer pendant 30 minutes sous un filet d'eau courante. Un fixateur en vente dans le commerce avec ou sans durcisseur peut être utilisé à cet effet.

9.7.3 Stockage des produits chimiques

Alors que le fixateur est assez stable, l'air contenu dans le flacon de révélateur peut entraîner la désagrégation de ce dernier.

- Transvaser un révélateur contenu dans un flacon à moitié vide et qui doivent être conservé pendant une période assez longue dans un flacon plus petit. Il sera ainsi utilisable beaucoup plus longtemps.
- Lors de la fermeture d'un flacon de révélateur ouvert, amener le niveau de liquide jusqu'au bord de l'ouverture du flacon en exerçant une pression sur le flacon pour que celui-ci contienne le moins d'air possible lorsqu'il est fermé.
- Lors de l'élimination des produits chimiques, respecter les directives locales en vigueur.

9.7.4 Informations générales

Lors de l'exposition des films radiographiques, observer une distance aussi réduite que possible entre le film et l'objet et une distance aussi grande que possible entre le film et la source de rayonnement en accord avec un temps d'exposition adéquat et avec la taille de la source de rayonnement.

Le film peut également être exposé aux rayons beta et gamma de sources de rayonnement pauvres en énergie disponibles dans les écoles.

Un rayonnement possédant un pourcentage élevé de rayons X « doux » peut rendre le dessin des boîtes de film visible sur le cliché développé.

L'emballage dans les boîtes en PVC peut provoquer des marques de pression aux bords du film. Ces bords peuvent éventuellement être fortement noircis après le développement.

10 Instructions en vue de l'élimination de défauts

Défaut	Cause possible	Remède
Le voyant de contrôle secteur ne fonctionne pas, bien que le raccordement secteur ait été vérifié.	Minuterie réglée sur 0	Régler le temps de présélection
	Fusible secteur défectueux	Remplacer le fusible (voir paragraphe 8.3)
	Fusible de haute tension défectueux	Remplacer le fusible (voir paragraphe 8.3)
	Lampe d'affichage défectueuse	Remplacer la lampe (voir paragraphe 8.4)
	Autres causes	Faire vérifier l'appareil par le fabricant
Lorsque la haute tension est activée et que le courant de tube présélectionné $> 0 \mu\text{A}$, le chauffage cathodique ne chauffe pas, bien que le voyant secteur brille	Cathode défectueuse	Faire vérifier l'appareil par le fabricant
	Circuit de réglage du chauffage défectueux	
Le voyant de contrôle de haute tension ne fonctionne pas, bien que le voyant de contrôle du secteur soit allumé	Circuit de sécurité	Contrôler le circuit de sécurité en suivant les instructions du paragraphe 8.1, notamment le verrouillage du capot en verre plombé, la fermeture et le blocage du couvercle blindé
	Lampe d'affichage défectueuse	Remplacer la lampe (voir paragraphe 8.4)
	Autres causes	Faire vérifier l'appareil par le fabricant
La haute tension grésille directement après la mise en circuit	Humidité sous le capot en verre plombé	Déverrouiller, puis retirer le dôme en verre au plomb, essuyer avec un chiffon sec, puis le remettre et le verrouiller
La cathode s'allume brièvement lors de la mise hors circuit de la haute tension (l'afterflash)	Ce n'est pas un défaut ; sert à la décharge des composants haute tension	
Absence de rayonnement X, bien que la haute tension soit sur circuit	Cathode ne chauffe pas	Faire vérifier l'appareil par le fabricant Attention ! la haute tension reste encore appliquée sur le tube pendant plusieurs heures suivant sa mise hors circuit !
	Courant d'émission trop faible	Régler le courant d'émission (voir paragraphe 8.2.4)
	Absence de courant d'émission	Faire vérifier l'appareil par le fabricant
	Collimateurs ou assimilés dans la trajectoire de rayonnement	Contrôler le montage de l'expérience
	Tube à rayons X dérégulé	Ajuster le tube à rayons X (voir paragraphe 8.5)

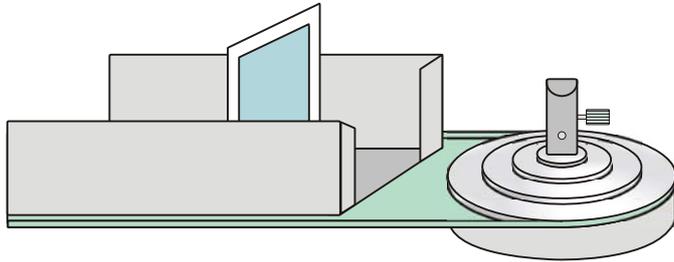


Fig. 1 Montage de l'écran fluorescent dans le bras pivotant

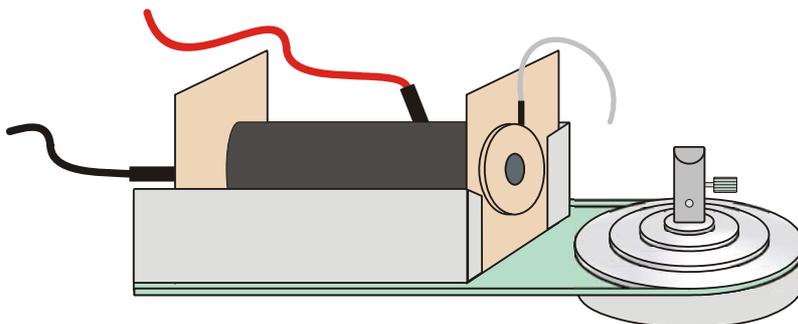
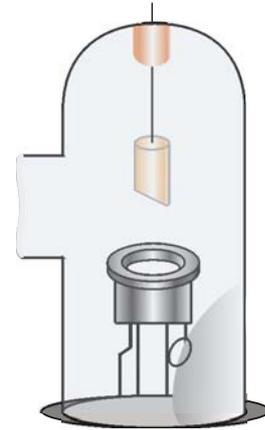


Fig. 2 Montage de la chambre d'ionisation dans le bras pivotant

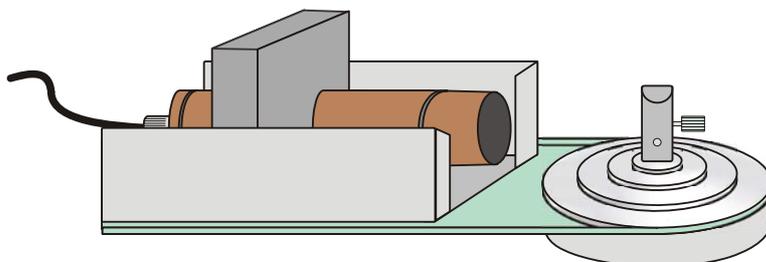
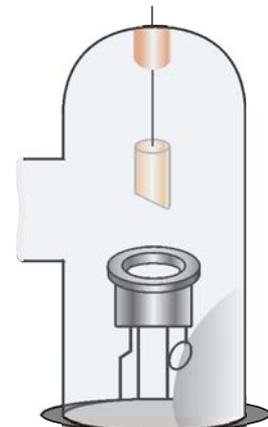
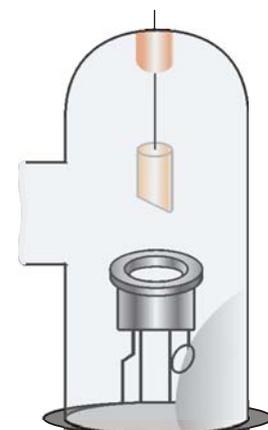


Fig. 3 Montage du tube de Geiger-Müller dans le bras pivotant



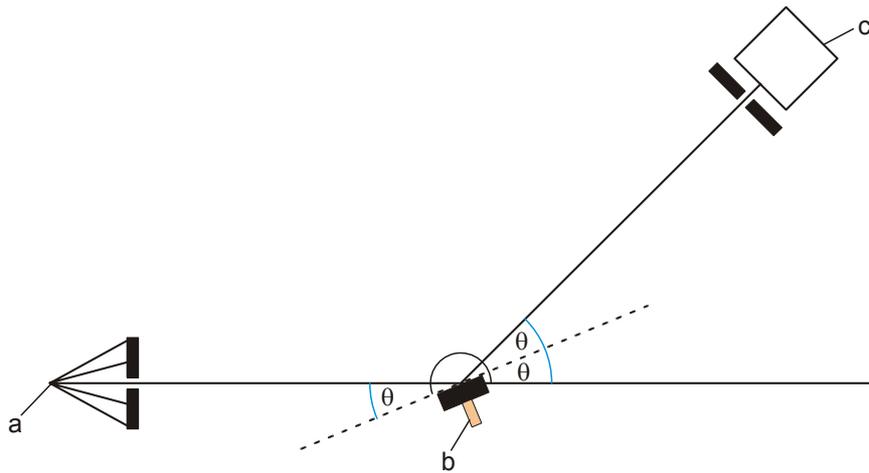


Fig. 4 Géométrie de la réflexion de Bragg (a Tube à rayons X, b Monocristal, c Tube compteur)

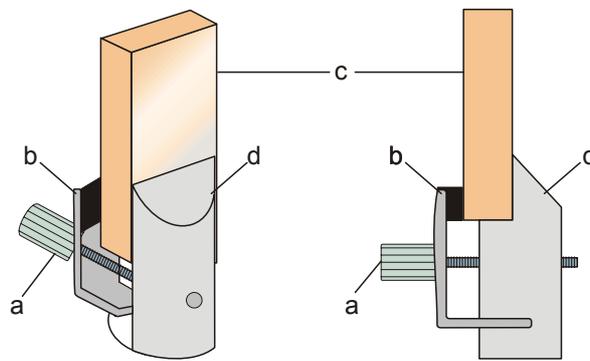


Fig. 5 Montage du cristal sur le porte-échantillon (a Vis, b Griffes de serrage, c Cristal, d Partie fixe du porte-échantillon)

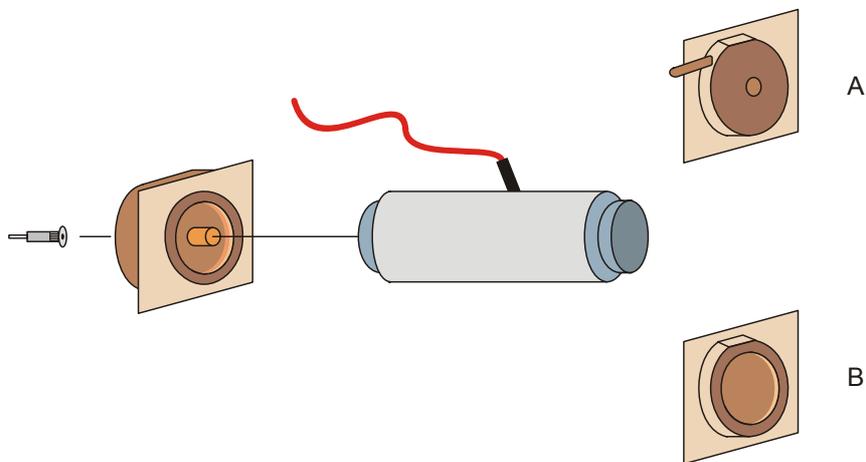


Fig. 6 Assemblage de la chambre d'ionisation (A pour pression réduite, B pour pression d'air normale)

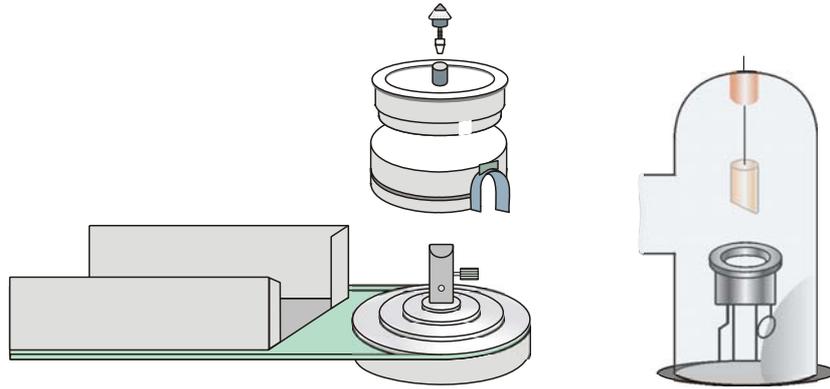


Fig. 7 Montage et démontage de la caméra Debye-Scherrer

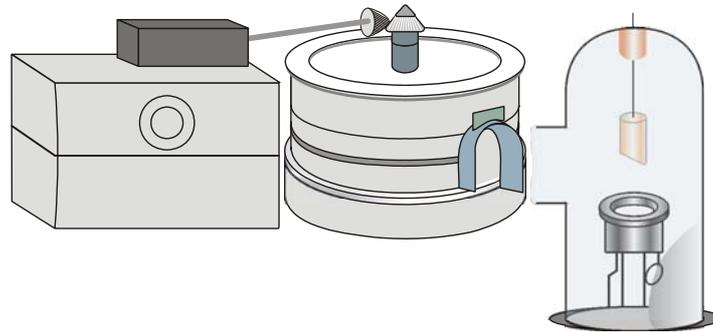


Fig. 8 Caméra Debye-Scherrer avec entraînement moteur

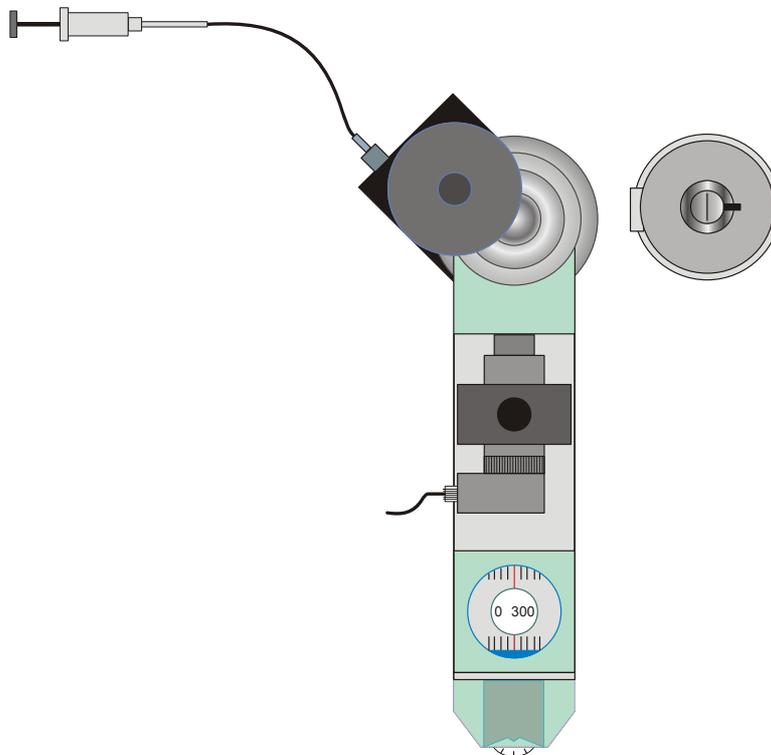


Fig. 9 Montage du revolver à film de diffusion

