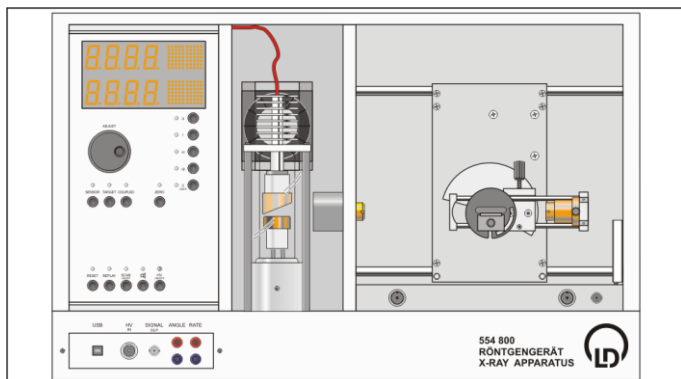


Lehr- und Didaktiksysteme
LD Didactic GmbH
Leyboldstrasse 1 · D-50354 Huerth

08/14-W2k-Hund



Mode d'emploi 554800

Appareil à rayons X (554 800)

Appareil à rayons X, Mo, complet (554 801)

Radioprotection, mesures administratives

Avant la première mise en service de l'appareil à rayons X, il est absolument indispensable de s'assurer que la mise en service prévue est autorisée par les autorités responsables et qu'elle a été signalée en bonne et due forme. Elle doit répondre aux lois, décrets et prescriptions en vigueur dans votre pays. Veuillez vous renseigner auprès des autorités compétentes de votre pays pour ce qui est de l'emploi d'un appareil à rayons X.

Il n'est possible d'enclencher la haute tension du tube et donc de générer un rayonnement X que lorsque les circuits de sécurité sont fermés correctement. Deux circuits de sécurité autonomes surveillent les portes coulissantes en verre au plomb. La haute tension maximale du tube et le courant d'émission maximal sont eux aussi intégrés à un circuit de sécurité.

Le taux de dose ionique à 10 cm de la surface accessible est inférieur à 1 $\mu\text{Sv/h}$ pour des conditions de service maximales et à ne pas dépasser avec $U = 37 \text{ kV}$ et $I = 1,2 \text{ mA}$.

L'appareil à rayons X respecte ainsi les consignes relatives à la construction d'un appareillage à rayons X pour l'enseignement et d'un appareil à protection totale et est homologué en tant que tel (d'après le règlement allemand sur les rayonnements X).

Avec l'appareil à rayons X, seules les deux portes coulissantes en verre au plomb situées sur la face avant peuvent être ouvertes. En cas d'ouverture du fond ou des tôles latérales (verrouillés par des vis de sécurité), l'homologation expire et il faut alors immédiatement cesser de se servir de l'appareil à rayons X. L'autorisation d'utilisation expire aussi pour toute manipulation, réparation, etc. effectuée sur l'appareil à rayons X ne concernant pas la réalisation des expériences dans la salle de travaux pratiques. Les réparations ne doivent être prises en charge que par le fabricant LD Didactic GmbH. Les seules exceptions sont le changement du tube à rayons X et d'éventuels ajustages en hauteur à l'aide de vis, possibles grâce à des trous réalisés par le constructeur dans la tôle de fond de l'appareil.

Pour l'utilisation en Allemagne de l'appareillage à rayons X, le formulaire ci-joint doit être rempli et régulièrement mis à jour.

Remarques de sécurité

Un rayonnement ionisant avec un taux de dose dans le cône rayonnant du tube à rayons X de plus de 10 Sv/h peut être généré dans l'appareil à rayons X. Même pour des temps d'exposition de courte durée, ce taux de dose risque déjà d'endommager un tissu vivant. Grâce aux mesures de protection et de blindage incorporées par le constructeur, le taux de dose hors de l'appareil est réduit à moins de 1 $\mu\text{Sv/h}$, une valeur d'un ordre de grandeur correspondant à la dose d'irradiation naturelle. A cause de l'important taux de dose à l'intérieur de l'appareil à rayons X, celui-ci doit être manipulé avec soin par l'utilisateur.

L'appareil à rayons X répond aux normes de sécurité pour les appareils de mesure, de commande, de régulation et de laboratoire DIN EN 61010 1^{ère} partie et est construit selon la classe de protection I. Il est prévu pour une utilisation dans des locaux secs, appropriés pour les dispositifs ou les installations électriques (jusqu'à 2000 m d'altitude au-dessus du niveau de la mer). Un fonctionnement sans danger de l'appareil à rayons X est garanti pour un emploi conforme aux prescriptions.

- Tenir l'appareil à rayons X à l'abri des personnes non autorisées.
- Avant la première mise en service, s'assurer que la valeur imprimée de la tension secteur sur la plaque signalétique (au dos du boîtier) coïncide bien avec la valeur du réseau local.
- Avant chaque mise en service, vérifier le bon état du boîtier ainsi que des éléments de commande et d'affichage de l'appareil à rayons X, notamment des portes coulissantes en verre au plomb ainsi que du cylindre en verre au plomb autour du tube à rayons X.
- S'assurer avant chaque mise en service que le câble de l'anode est bien enfoncé dans le refroidisseur de l'appareil à rayons X.
Si une erreur ou un défaut quelconque venait à se manifester, il faut alors immédiatement arrêter de se servir de l'appareil à rayons X. Immédiatement en informer l'agence ou le représentant régional de la société LD Didactic.
- Ne pas mettre d'animaux vivants dans l'appareil à rayons X.

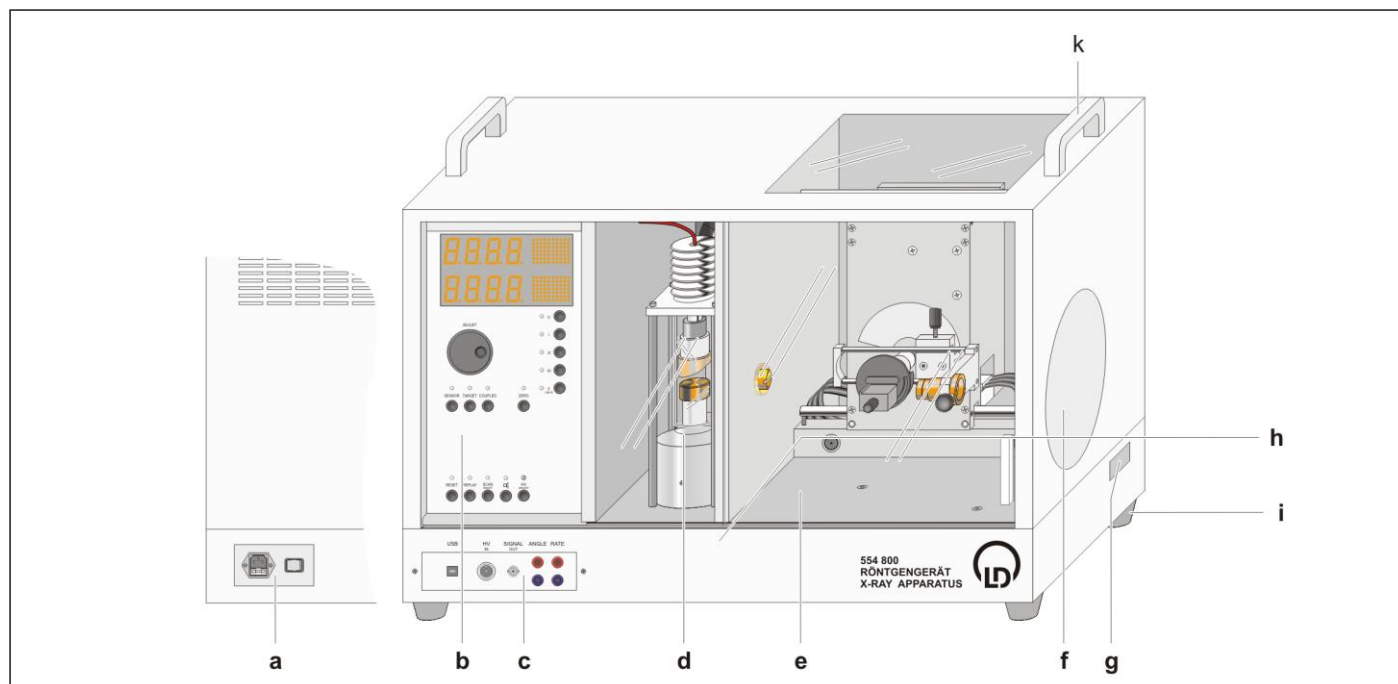
Éviter une surchauffe de l'anode dans le tube à rayons X :

- A la mise en service de l'appareil à rayons X, vérifier si le ventilateur dans la partie tube fonctionne.

Table des matières

1 Vue d'ensemble	3	10 Changement de fusible	11
2 Description	3	11 Utilisation et procédure expérimentale	11
3 Fournitures	4	a) Mise en service de l'appareil à rayons X	11
a) Appareil à rayons X (554 800)	4	b) Choisir les paramètres de mesure	11
b) Appareil à rayons X, Mo, complet (554 801)	4	c) Positionner manuellement les bras du goniomètre	11
4 Caractéristiques techniques	4	d) Expériences avec l'écran luminescent	12
5 Mise en service et transport	5	e) Mode de service « Photominuterie »	12
6 Test de fonctionnement des circuits de sécurité	5	f) Mode de service « Balayage automatique »	12
7 Composants	5	g) Mode de service « Balayage manuel »	12
a) Zone de connexion au réseau	5	h) « Réflexion de Bragg » pour le cristal de NaCl	12
b) Zone de commande	5		
c) Zone de connexion	7		
d) Partie tube	8		
e) Partie expérimentation	8		
f) Ecran luminescent	9		
g) Canal vide	9		
h) Verrouillage	9		
i) Pieds	9		
k) Poignées de transport	9		
8 Saisie et exploitation des données de mesure	10		
a) Mesure du taux	10		
b) Sortie des données pendant un balayage	10		
c) Sortie des données après un balayage	10		
d) Acquisition des données avec le programme « Appareil à rayons X »	10		
e) Acquisition des données avec d'autres programmes	10		
9 Entretien et maintenance	11		
a) Rangement	11		
b) Nettoyage	11		

1 Vue d'ensemble



- | | | | |
|--------------------------------------|--|----------------------------|--------------------------------|
| a Zone de connexion au réseau | d Partie tube (avec tube à rayons X) | f Ecran luminescent | i Pieds |
| b Zone de commande | e Partie expérimentation (ici, avec goniomètre) | g Canal vide | k Poignées de transport |
| c Zone de connexion | | h Verrouillage | |

2 Description

L'appareil à rayons X est un appareil complet commandé par microprocesseur pour la réalisation de nombreuses expériences étudiées en physique et dans d'autres disciplines du domaine des sciences expérimentales. Des expériences mi-physique, mi-médecine sont celles sur la radioscopie de divers objets et leur observation sur un écran luminescent ou un film pour rayons X et celles sur l'ionisation et la dosimétrie. En physique, les expériences vont de la physique nucléaire à la physique du solide.

Tous les paramètres peuvent se régler manuellement sur l'appareil à rayons X ; ils sont ensuite visualisés sur un affichage numérique. Les deux bras du goniomètre à double circuit (inclus au matériel livré avec 554 801) peuvent se déplacer séparément ou avec un couplage 2:1 manuellement ou automatiquement. En l'occurrence, c'est généralement un tube compteur de Geiger-Müller que l'on fait pivoter et tourner comme « capteur (sensor) » sur le bras de capteur et un cristal, un diffuseur ou un absorbeur comme « cible (target) » sur le bras de cible. Il y a en outre un indicateur de valeur moyenne pour tube compteur de Geiger-Müller d'intégré. L'appareil à rayons X peut par conséquent fonctionner au choix comme appareil « en poste unique », avec un ordinateur raccordé par l'intermédiaire du port USB ou avec un enregistreur XY connecté.

L'appareil à rayons X permet de réaliser chacune des expériences suivantes :

- Radioexposition et radiographie
- Ionisation et dosimétrie
- Atténuation des rayons X en fonction du matériau et de l'épaisseur
- Spectre continu et raies caractéristiques, étude de la source de rayons X
- Structure fine et modèle des couches de l'atome
- Absorption en fonction de l'énergie et arêtes K
- Loi de Moseley et détermination de la fréquence de Rydberg
- Effet Compton
- Duane-Hunt (détermination de la constante de Planck h d'après la longueur d'onde)
- Réflexion de Bragg pour la détermination de l'écartement des plans réticulaires sur différents cristaux
- Diagrammes de Laue et Debye-Scherrer pour des études de la structure cristalline
- Radiodiffraction sur des films métalliques polycristallins et des échantillons de poudre, texture
- Spectroscopie à rayons X avec le détecteur d'énergie de rayonnement (559 938)

3 Fournitures

a) Appareil à rayons X (554 800)

- 1 appareil de base à rayons X
- 2 certificats de qualité pour le tube et l'appareil à rayons X /*/
- 2 copies de l'homologation /*/
- 1 mode d'emploi 554 800
- 1 CD-ROM « Appareil à rayons X »
- 1 câble USB
- 1 collimateur
- 1 plaque de protection
- 1 housse de protection contre la poussière
- 1 clé pour vis à six pans creux de 4 mm

b) Appareil à rayons X, Mo, complet (554 801)

- 1 appareil de base à rayons X
- 1 tube à rayons X Mo (554 82)
- 1 goniomètre (554 831)
- 1 monocristal de NaCl (554 78)
- 2 certificats de qualité pour le tube et l'appareil à rayons X /*/
- 2 copies de l'homologation /*/
- 1 mode d'emploi 554 800
- 1 mode d'emploi 554 861
- 1 mode d'emploi 554 831
- 1 CD-ROM « Appareil à rayons X »
- 1 câble USB
- 1 collimateur
- 1 filtre en zircon
- 1 plaque de protection
- 1 housse de protection contre la poussière
- 1 clé pour vis à six pans creux de 4 mm

/*/ nécessaire en Allemagne pour la déclaration de l'équipement à rayons X

4 Caractéristiques techniques

Appareillage à rayons X pour l'enseignement et appareil à protection totale avec homologation BfS 05/07 V/Sch R6V (permet l'utilisation avec les tubes interchangeables au Fe, Cu, Mo, Ag, W, Au)

Taux de dose ionique à une distance de 10 cm : < 1 μ Sv/h

Respectivement deux circuits de sécurité indépendants et surveillés pour les portes, la haute tension et le courant du tube (conformément aux exigences pour les essais de type PTB 2005)

Verrouillage automatique de la porte : l'ouverture est seulement possible lorsque plus aucun rayonnement X n'est généré (conformément aux exigences pour les essais de type PTB 2005)

Haute tension du tube : 0,0 ... 35,0 kV (tension continue régulée)

Courant du tube : 0,0 ... 1,0 mA (courant continu réglé de manière indépendante)

Tube à rayons X visible avec anode en molybdène pour un rayonnement caractéristique à ondes courtes : $K_{\alpha} = 17,4$ keV (71,1 pm), $K_{\beta} = 19,6$ keV (63,1 pm)

Ecran luminescent pour les expériences de radioexposition : d = 15 cm

Indicateur de valeur moyenne intégré :
taux de comptage interne maximal : 65535 /s
taux de comptage affichable maximal : 9999 /s
alimentation en tension pour le tube compteur de Geiger-Müller : 500 V fixe
temps de porte pour l'indicateur de valeur moyenne : 0,1 ... 9999 s

Haut-parleur : connectable pour le suivi acoustique du taux de comptage

Deux affichages à 4 digits (25 mm de haut) pour la haute tension du tube, le courant anodique, le taux de comptage, les angles du capteur et de la cible, le domaine de balayage, le pas de progression de l'angle ou le temps de mesure par pas angulaire

Goniomètre (554 831) commandé par moteur pas à pas

Modes de service :

réglage manuel et balayage automatique pour le capteur seul, la cible seule, couplage 2:1

Plage angulaire : illimitée (de 0° à 360°) pour la cible, de -10° à 170° pour le capteur

Résolution angulaire de la commande du goniomètre : 0,1°

Traversées dans la partie expérimentation :

Câble coaxial haute tension

Câble coaxial BNC

Canal vide pour tuyaux, câbles etc.

Sorties :

Sortie analogique ANGLE proportionnelle à l'angle de balayage avec 5 V / max. angle pour $\beta \geq 0^\circ$ (précision: $\pm 3\%$)

Sortie analogique RATE proportionnelle au taux de comptage avec 5 V / 10000 /s⁻¹ pour $\beta \geq 0^\circ$ (précision: $\pm 3\%$)

Port USB pour le branchement du PC pour l'acquisition des données et la commande de l'expérience

Pilotes LabVIEW et MATLAB pour Windows disponibles gratuitement sous <http://www.ld-didactic.com> pour ses propres mesures et commandes

Tension d'alimentation secteur :

voir plaque signalétique au dos du boîtier

Consommation: 120 VA

Fusible: voir la plaque du fusible au dos du boîtier

Dimensions: 67 cm × 48 cm × 35 cm

Masse : 41 kg

5 Mise en service et transport

L'appareil à rayons X doit être manipulé particulièrement soigneusement par l'utilisateur :

- Immédiatement après avoir déballé l'appareil à rayons X, il faut s'assurer qu'il n'a subi aucun dommage occasionné lors du transport et qu'il ne manque aucun élément (voir paragraphe 3).

Si des dommages venaient à être constatés sur l'appareil à rayons X malgré les emballages spécialement adaptés au transport, il est alors interdit de mettre l'appareil en service. En informer l'agence ou le représentant régional de la société LD Didactic GmbH.

L'appareil à rayons X ne doit être transporté que dans son emballage d'origine et sur palette:

- Il est donc conseillé de conserver l'emballage d'origine utilisé pour le transport.
- Démontez le collimateur et l'emballer à part.
- Si besoin est, bien visser le goniomètre.

6 Test de fonctionnement des circuits de sécurité

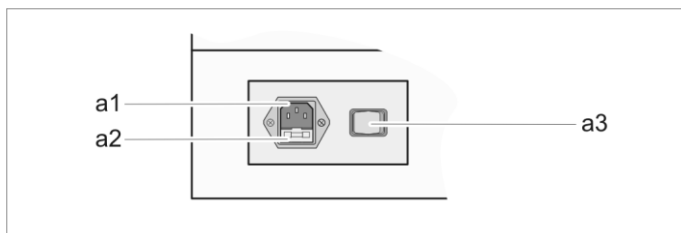
Conformément aux exigences à satisfaire pour les essais de type PTB 2005, l'appareil à rayons X doit automatiquement vérifier le bon fonctionnement des circuits de sécurité à chaque enclenchement de la haute tension et enclencher celle-ci seulement après que cette vérification ait été menée à bien.

Les portes étant fermées, le contrôle est réalisé automatiquement après avoir appuyé sur les boutons-poussoirs SCAN ON/OFF ou HV ON/OFF. L'indication « SAFE » apparaît sur l'affichage durant le contrôle. La fin du contrôle est signalée par la mention « OK ».

Lorsque la porte est ouverte, le test du fonctionnement et donc l'enclenchement de la haute tension ne sont pas possibles, la zone d'affichage supérieure clignote.

7 Composants

a) Zone de connexion au réseau :

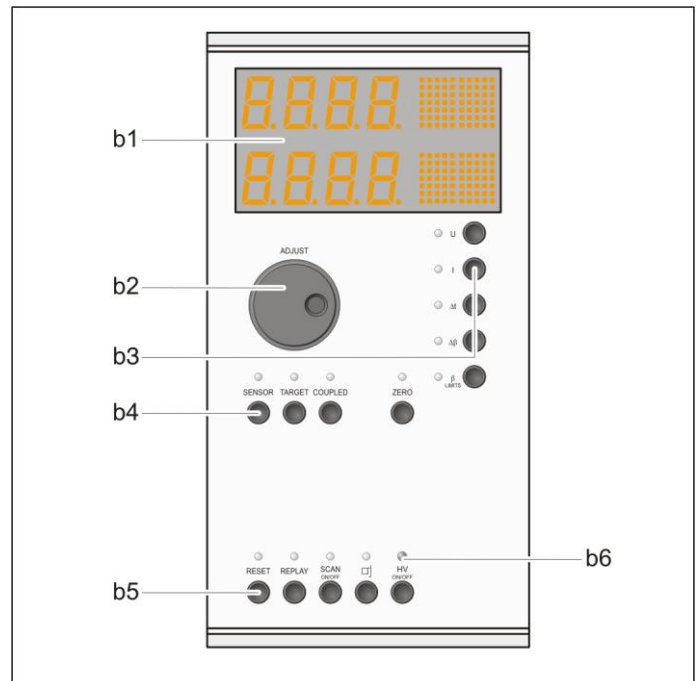


- a1 Douille de raccordement au réseau
- a2 Porte-fusible
- a3 Interrupteur secteur

b) Zone de commande :

La commande de l'appareil à rayons X est assurée par plusieurs boutons-poussoirs pour la sélection des paramètres et du mode de service, par un bouton tournant pour le réglage de la valeur souhaitée pour le paramètre choisi et par une zone d'affichage dans laquelle est indiquée la valeur réglée. Une LED signalant la sélection considérée est assignée à chaque bouton-poussoir.

Suivant l'état de service de l'appareil à rayons X, certains boutons-poussoirs ne peuvent pas être activés. Certains d'entre eux n'ont en effet aucune fonction, notamment lorsque le goniomètre (554 831) n'est pas branché.



- b1 Zone d'affichage
- b2 Bouton de réglage tournant
- b3 Bouton-poussoir pour le choix des paramètres
- b4 Bouton-poussoir pour le choix du mode de balayage
- b5 Bouton-poussoir de commande
- b6 Voyant témoin de la haute tension

b1) Zone d'affichage :

Zone d'affichage supérieure :
indique le taux de comptage en cours

Zone d'affichage inférieure :
indique la grandeur sélectionnée avec un bouton-poussoir
(hauteur des chiffres : 25 mm,
unité de mesure : matrice de points des LED)

Dans le mode de balayage « Coupled », la position angulaire de la cible est affichée dans la zone d'affichage inférieure tandis que le taux de comptage et la position angulaire du capteur sont affichés en alternance dans la zone d'affichage supérieure par appuis répétés sur le bouton-poussoir COUPLED.

b2) Bouton de réglage ADJUST :

permet de régler les valeurs souhaitées.

Le bouton de réglage pas à pas peut se tourner dans les deux sens ; il fait preuve d'un comportement dynamique, c.-à-d. qu'en cas de rotation rapide, le pas de progression est plus grand que pour une rotation lente. Les valeurs sont prises en compte après avoir appuyé sur un bouton-poussoir.

b3) Boutons-poussoirs pour le choix des paramètres :

Bouton-poussoir U :

active l'affichage et le réglage de la haute tension du tube U.

Plage de valeurs : 0,0-35,0 kV

Pas de progression : 0,1 kV

Préréglage : 5,0 kV

La valeur réglée est affichée, que la haute tension du tube soit appliquée ou non (voir bouton-poussoir SCAN et HV ON/OFF).

Bouton-poussoir I :

active l'affichage et le réglage du courant / d'émission.

Plage de valeurs : 0,00-1,00 mA

Pas de progression : 0,01 mA

Préréglage : 0,00 mA

La valeur réglée est affichée, que le courant d'émission circule ou non.

Bouton-poussoir Δt :

active l'affichage et le réglage du temps de mesure (par pas angulaire) Δt .

Plage de valeurs : 1-9999 s

Pas de progression : 1 s

Préréglage : 1 s

Bouton-poussoir $\Delta\beta$:

le goniomètre (554 831) étant intégré, active l'affichage et le réglage du pas de progression angulaire $\Delta\beta$ pour le mode de service « balayage automatique ».

Plage de valeurs : 0,0°-20,0°


Pas de progression : 0,1°


Préréglage : 0,1°


Le réglage $\Delta\beta = 0,0^\circ$ occasionne la désactivation du mode de service « balayage automatique » et l'activation du mode de service « Photominuterie ».

Bouton-poussoir β LIMITS :

le goniomètre (554 831) étant intégré, active l'affichage et le réglage des limites angulaires supérieure et inférieure pour le mode de service « balayage automatique ». Si la limite supérieure est choisie plus petite que la limite inférieure, aucune mesure ne pourra être lancée. L'affichage clignote jusqu'à ce que cet état soit modifié.

Après un premier appui sur ce bouton-poussoir, le symbole  apparaît sur la zone d'affichage. Il est maintenant possible de régler la limite angulaire inférieure.

Après un second appui, c'est le symbole  qui apparaît. Il est maintenant possible de régler la limite angulaire supérieure.

Le symbole  dans la zone d'affichage signale le réglage de $\Delta\beta = 0,0^\circ$. Le mode de service « balayage automatique » est désactivé.

b4) Boutons-poussoirs pour le choix du mode de balayage (Scan) :

Bouton-poussoir SENSOR :

le goniomètre (554 831) étant intégré, active le mode de balayage « sensor (capteur) » dans les modes de service « balayage automatique » ou « balayage manuel ».

Les limites angulaires du bras de capteur pour le « balayage automatique » peuvent être définies. Le bras de capteur peut être déplacé manuellement ou automatiquement. La position angulaire du capteur est affichée dans la zone d'affichage inférieure.

Bouton-poussoir TARGET :

le goniomètre (554 831) étant intégré, active le mode de balayage « target (cible) » dans les modes de service « balayage automatique » ou « balayage manuel ».

Les limites angulaires du bras de cible pour le « balayage automatique » peuvent être définies. Le bras de cible peut être déplacé manuellement ou automatiquement. La position angulaire de la cible est affichée dans la zone d'affichage inférieure.

Bouton-poussoir COUPLED :

le goniomètre (554 831) étant intégré, active le mode de balayage « Coupled » dans les modes de service « balayage automatique » ou « balayage manuel ».

Les limites angulaires du bras de cible pour le « balayage automatique » peuvent être définies. Les bras de capteur et de cible peuvent se déplacer manuellement ou automatiquement avec le couplage angulaire 2:1. Le point de référence pour le couplage 2:1 est pour le déplacement manuel la position angulaire de la cible et du capteur avant d'avoir appuyé sur le bouton-poussoir COUPLED et pour le déplacement automatique la position zéro du système de mesure.

La position angulaire de la cible est indiquée dans la zone d'affichage inférieure. Le taux de comptage et la position angulaire du capteur apparaissent en alternance dans la zone d'affichage supérieure par appuis répétés sur le bouton-poussoir COUPLED.

Bouton-poussoir ZERO :

le goniomètre (554 831) étant intégré, amène les bras de cible et de capteur à la position zéro du système de mesure (voir le mode d'emploi du goniomètre).

b5) Boutons-poussoirs de commande :

Bouton-poussoir RESET :

le goniomètre (554 831) étant intégré, amène les bras de cible et de capteur à la position zéro du système de mesure et rétablit tous les paramètres sur les réglages effectués par le constructeur.

La haute tension du tube est coupée.

Bouton-poussoir REPLAY :

active la lecture de la mémoire de valeurs mesurées.

Les positions angulaires demandées manuellement à l'aide du bouton de réglage ADJUST et les taux de comptage correspondants dont la moyenne a été calculée pour tout le temps de mesure Δt apparaissent dans la zone d'affichage et sont sortis par le port USB. Les tensions correspondantes sont sorties aux douilles de sortie ANGLE et RATE.

Le goniomètre (554 831) étant intégré, la position de ses bras ne change pas.

Les valeurs mesurées peuvent être appelées à volonté tant que les boutons-poussoirs RESET ou SCAN ne sont pas activés et que l'appareil à rayons X n'est pas mis hors service.


Bouton-poussoir SCAN ON/OFF :

teste les circuits de sécurité, enclenche la haute tension du tube lorsque les circuits de sécurité fonctionnent correctement et active le lancement du programme de mesure (à condition que les portes soient fermées).

Le bouton-poussoir ne peut être activé que pour $\Delta\beta > 0.0^\circ$ (mode de service : « balayage automatique ») lorsque le goniomètre est défini (boutons-poussoirs SENSOR, TARGET ou COUPLED) ou pour $\Delta\beta = 0.0^\circ$ (mode de service : « Photominuterie »).

Dans le mode de service « balayage automatique », les deux premières positions adoptées sont la position zéro du système de mesure et ensuite la limite angulaire inférieure. Ensuite, la haute tension du tube est enclenchée. Le balayage commence dès que la haute tension du tube est appliquée et qu'un courant d'émission circule. Le point de départ et le point final sont les limites angulaires inférieure ou supérieure définies par β LIMITS.

La haute tension du tube est enclenchée dans le mode de service « Photominuterie ». Dès que la haute tension du tube est appliquée et qu'un courant d'émission circule, le chronomètre compte à rebours pour ainsi afficher le temps d'exposition restant.

Bouton-poussoir  :

connecte et déconnecte l'affichage acoustique par impulsion pour le capteur.

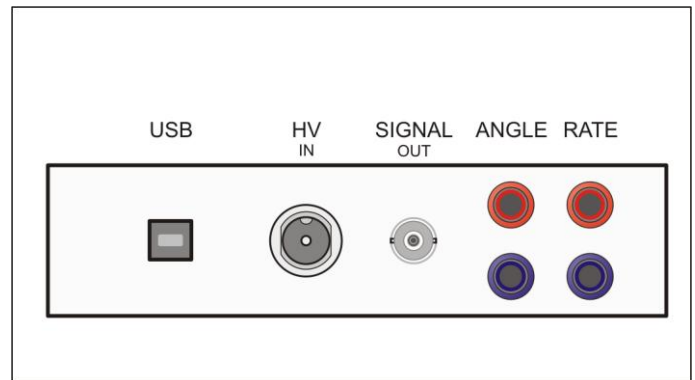
Bouton-poussoir HV ON/OFF :

teste les circuits de sécurité et enclenche la haute tension du tube lorsqu'ils fonctionnent correctement (à condition que les portes soient fermées).

b6) Voyant témoin de la haute tension :

clignote lorsque la haute tension du tube est enclenchée.

La haute tension du tube peut être enclenchée avec les boutons-poussoirs SCAN ou HV ON/OFF.

c) Zone de connexion:

Sortie port USB :

Le port est séparé galvaniquement (optoélectroniquement) de l'appareil à rayons X. La connexion à l'ordinateur est établie par le câble joint.

Entrée HV IN :

Entrée haute tension, reliée à la sortie haute tension HV OUT dans la barrette de raccordement de la partie expérimentation.

L'entrée haute tension permet par ex. des expérimentations avec un tube compteur de Geiger-Müller utilisé avec un compteur externe.

Sortie SIGNAL OUT :

Sortie BNC reliée à l'entrée BNC SIGNAL IN de la barrette de raccordement de la partie expérimentation.

La sortie BNC permet par ex. des expériences avec des capteurs à raccord BNC.

Sortie ANGLE :

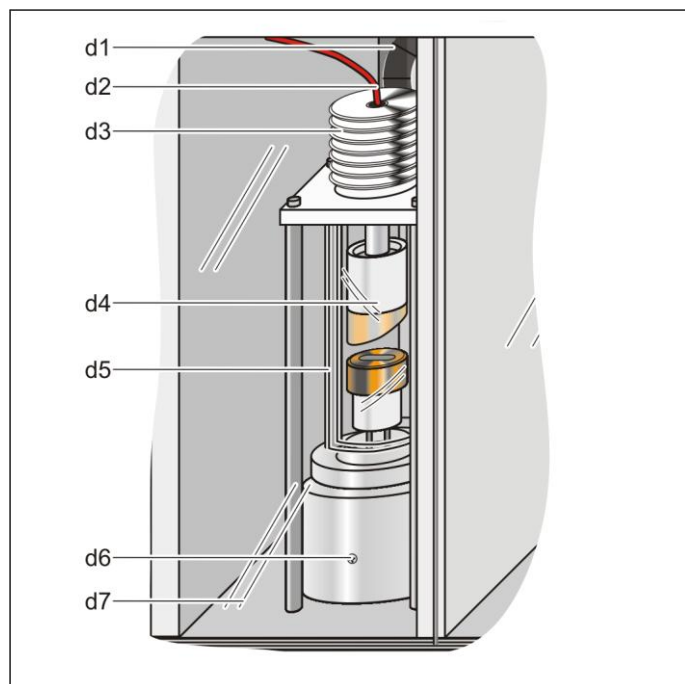
Sortie analogique pour la connexion d'un enregistreur XY.

Après avoir appuyé sur le bouton-poussoir SCAN ou REPLAY, une tension proportionnelle à l'angle de $5 \text{ V} / \text{angle max.}$ est délivrée pour le bras de cible du goniomètre.

Sortie RATE :

Sortie analogique pour la connexion d'un enregistreur XY.

Une tension proportionnelle au taux de comptage de $0.5 \text{ V} / 1000/\text{s}$ est délivrée après avoir appuyé sur le bouton-poussoir SCAN ou REPLAY.

d) Partie tube :

- d1 Ventilateur
- d2 Câble haute tension
- d3 Refroidisseur
- d4 Tube à rayons X
- d5 Tube de verre au plomb
- d6 Culot du tube avec vis de fixation
- d7 Porte coulissante en verre au plomb

C'est dans la partie tube que se trouve le tube à rayons X et c'est cette même partie tube qui sert de dispositif de blindage pour le tube à rayons X.

Le tube à rayons X se voit très bien même lorsqu'il fonctionne grâce à la porte coulissante en verre au plomb devant la partie tube et le cylindre en verre au plomb qui entoure le tube à rayons X. C'est ainsi que l'on peut par ex. observer le changement de température de la cathode lors de la variation du courant de la cathode.

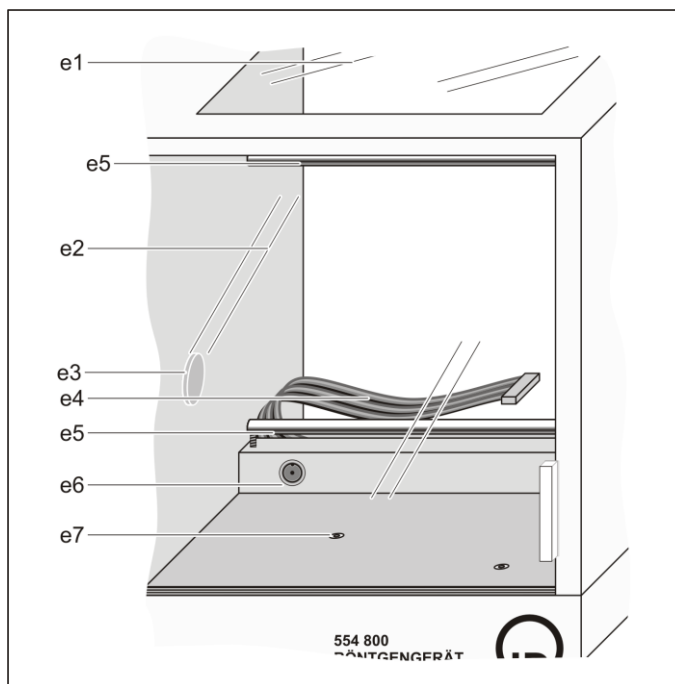
Montage et démontage du tube à rayons X :

Les tubes à rayons X sont déjà ajustés et sont faciles à changer.

Il est interdit d'enlever le cylindre en verre au plomb, raison pour laquelle ses vis de fixation sont scellées.

- Ne pas dévisser les vis de fixation.

Voir les modes d'emploi du tube à rayons X Mo (554 861), du tube à rayons X Cu (554 862), du tube à rayons X Fe (554 863), du tube à rayons X W (554 864) et du tube à rayons X Ag (554 865).

e) Partie expérimentation :

- e1 Fenêtre en verre au plomb
- e2 Porte coulissante en verre au plomb
- e3 Logement du collimateur
- e4 Câble plat, avec connecteur mâle
- e5 Rails de guidage Douilles de fixation
- e6 Barrette de raccordement
- e7 Douilles de fixation

La partie expérimentation sert à loger les dispositifs pour l'expérimentation tels que par ex. le goniomètre (554 831), le porte-film X-ray (554 838) ou le condensateur à plaques X-ray (554 840), chacun d'eux devant être fixé dans les douilles de fixation.

Les dispositifs pour l'expérimentation peuvent être observés de très près alors qu'ils sont en service grâce à la porte coulissante en verre au plomb devant la partie expérimentation et la plaque de verre au plomb au-dessus de la partie expérimentation.

Barrette de raccordement :

Entrée GM TUBE / INTERNAL RATEMETER :

Douille coaxiale pour le branchement d'un tube compteur à fenêtre (559 01).

Sortie HV OUT :

Sortie haute tension, reliée à l'entrée haute tension HV IN dans la zone de connexion.

La sortie haute tension permet par ex. des expérimentations avec un tube compteur de Geiger-Müller utilisé avec un compteur externe.

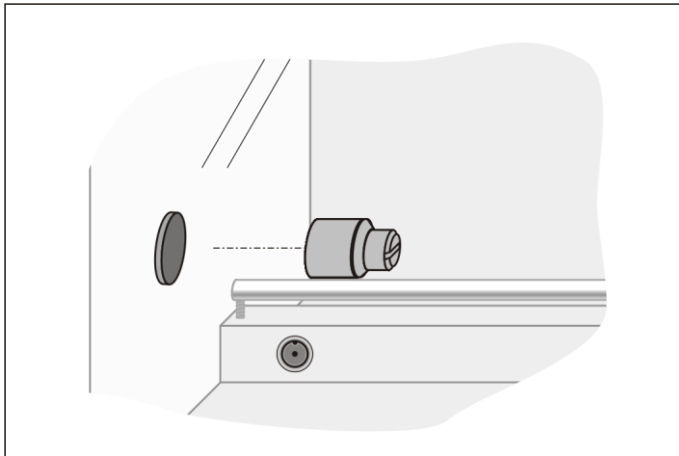
Entrée SIGNAL IN :

Entrée BNC, reliée à la sortie BNC SIGNAL OUT dans la zone de connexion.

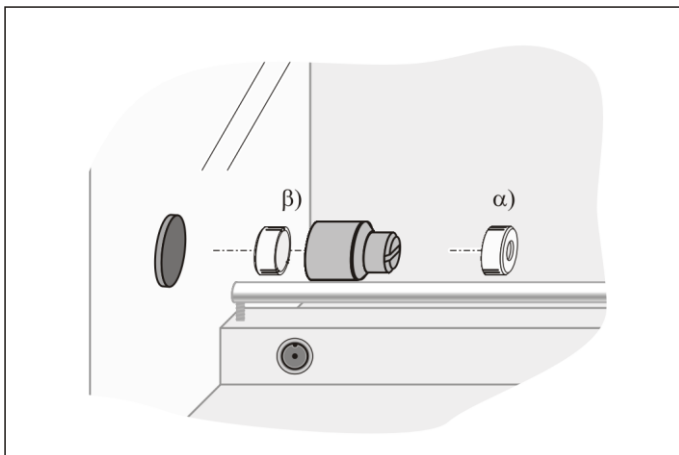
L'entrée BNC permet par ex. l'emploi de capteurs à raccord BNC.

Montage du goniomètre :

voir le mode d'emploi du goniomètre (554 831).

Montage du collimateur :

- Tourner le collimateur de sorte que les douilles à ressort du collimateur soient à la verticale et la fente du collimateur à l'horizontale.
- Insérer le collimateur jusqu'à ce que les douilles à ressort soient maintenues par les tiges du logement du collimateur.

Montage du filtre en zircon :

α) normalement :

- enficher le filtre en zircon sur le collimateur.

β) en cas d'emploi des accessoires pour l'effet Compton X-ray (554 836) :

- démonter le collimateur.
- placer le filtre en zircon à l'extrémité avant du collimateur.
- remonter le collimateur avec le filtre en zircon. Le collimateur ne peut désormais plus être enfoncé aussi loin.

f) Ecran luminescent :

L'écran luminescent est une plaque de verre au plomb opaque enduite d'un matériau fluorescent et orientée vers la partie expérimentation ; il est un outil simple servant à mettre en évidence le rayonnement X, par ex. lors d'expériences de radioscopie sur des objets à pouvoir d'absorption différent. L'excitation de phénomènes lumineux permet l'« observation directe » du rayonnement X qui survient. Le diamètre est choisi de façon à ce que l'écran luminescent soit entièrement éclairé lorsque le collimateur est démonté.

Pour protéger la couche fluorescente contre la lumière environnante, il faut remettre en place la plaque de protection incluse au matériel livré lorsque l'expérience est terminée.

g) Canal vide :

Le canal vide relie la partie expérimentation à l'extérieur du boîtier. Il est conçu comme un labyrinthe techniquement approprié pour la radioprotection de façon à ce que la partie expérimentation soit accessible de l'extérieur, même si les portes coulissantes en verre au plomb sont fermées et qu'il y a génération d'un rayonnement X.

La section rectangulaire du canal vide (60 mm × 20 mm) permet par ex. de faire passer une fiche Sub-D 25 ou le logement d'un tuyau de pompe pour évacuer une chambre d'ionisation.

h) Verrouillage :

Ferme automatiquement et ouvre seulement lorsque plus aucun rayonnement X ne peut être généré.

i) Pieds :

Après avoir déballé l'appareil à rayons X de son emballage d'origine utilisé pour le transport, l'appareil doit reposer sur les pieds.

k) Poignées de transport :

Hors de l'emballage d'origine utilisé pour le transport, l'appareil à rayons X ne doit être transporté que par les poignées de transport.

8 Saisie et exploitation des données de mesure

a) Mesure du taux :

L'appareil à rayons X génère une haute tension pour un tube compteur de Geiger-Müller, en mesure continuellement le nombre d'impulsions et indique le résultat obtenu (indépendamment du temps de mesure Δt sélectionné) toutes les secondes sous forme de taux de comptage (1/s) dans la zone d'affichage supérieure. Si aucun tube compteur n'est branché, la valeur affichée est 0.

Pour enregistrer tous les taux de comptage mesurés dans une mémoire des valeurs mesurées, il suffit d'enfoncer le bouton-poussoir SCAN.

b) Sortie des données pendant un balayage :

La position angulaire du bras du goniomètre défini dans le mode Scan et le taux de comptage sont représentés dans la zone d'affichage de l'appareil à rayons X. La valeur affichée pour l'angle est actualisée pour chaque nouvelle position angulaire du bras du goniomètre et le taux de comptage est actualisé, quant à lui, toutes les secondes.

Pour le tracé avec un enregistreur, des tensions proportionnelles à l'angle et au taux de comptage sont disponibles aux douilles de sortie ANGLE et RATE. Les tensions changent chaque fois que le temps de mesure Δt est écoulé pour un pas angulaire. La tension à la sortie RATE correspond à la valeur moyenne du taux de comptage pour le temps de mesure Δt .

c) Sortie des données après un balayage :

Une opération de balayage étant terminée, il est possible d'appeler le contenu de toute la mémoire des valeurs mesurées avec le bouton-poussoir REPLAY. Pour ce faire, il faut adopter manuellement avec le bouton de réglage ADJUST chacune des positions angulaires du bras du goniomètre défini dans le mode Scan.

La position angulaire et le taux de comptage dont la moyenne a été calculée pour le temps de mesure Δt par pas angulaire apparaissent dans la zone d'affichage. Des tensions proportionnelles sont données via les douilles de sortie ANGLE et RATE.

d) Acquisition des données avec le programme « Appareil à rayons X » :

Le flux de données via le port USB peut être saisi, représenté et exploité avec le programme « Appareil à rayons X » qui est inclus au matériel livré avec l'appareil à rayons X. L'installation du programme « Appareil à rayons X » prévoit un ordinateur configuré correctement avec le système d'exploitation Windows 98/2000/XP/Vista. Le programme comprend une aide exhaustive pour toutes ses fonctions ainsi que de nombreux conseils et de nombreuses remarques destinées à l'expérimentation. Cette aide peut être appelée avec F1 après le lancement du programme, elle peut même être imprimée.

L'installation est à effectuer avec le programme « setup.exe » sur le CD-ROM fourni après avoir choisi la langue souhaitée et le répertoire où doit avoir lieu l'installation. Une fois installé, le programme est dans le menu de lancement « Programmes » → « Appareil à rayons X ». Il est possible de le désinstaller ultérieurement dans le « Panneau configuration » sous « Ajout/Suppression de programmes ». D'éventuelles mises à jour (extensions, corrections d'erreurs) sont disponibles gratuitement sur notre serveur Internet sous « <http://www.ld-didactic.com> ».

Si au lancement du programme, il apparaît le message d'erreur « Appareil à rayons X pas trouvé », cela peut avoir les raisons suivantes :

- l'appareil à rayons X est hors service.
- le câble entre l'appareil à rayons X et l'ordinateur est mal branché.
- le bouton-poussoir REPLAY est enfoncé.

e) Acquisition des données avec d'autres programmes :

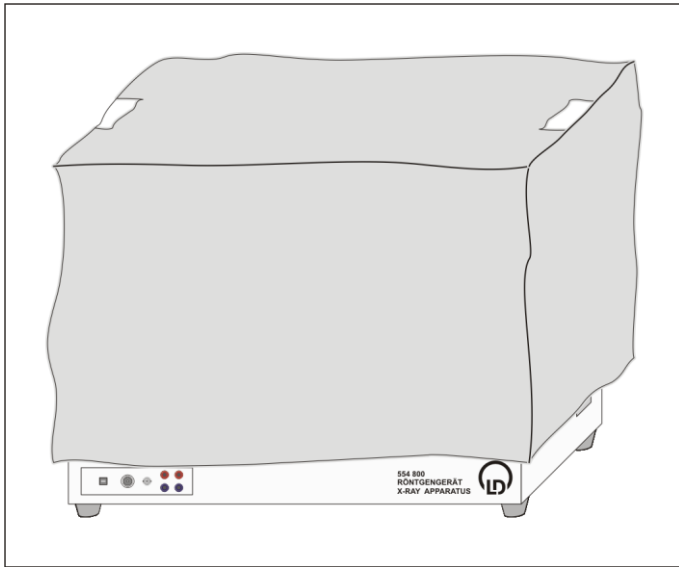
Tous les langages de programmation habituels peuvent accéder à l'appareil à rayons X via le fichier XRayAPI.DLL (Windows) ou libxrayapi.so (Linux). Pour ce faire, XRayAPI.DLL ou libxrayapi.so doit être intégré et appelé. Les déclarations requises pour C/C++ sont comprises dans XRayAPI.H. Ces trois fichiers font également partie de nos informations gratuites pour le développeur (Developer Information), disponibles sur Internet (<http://www.ld-didactic.com>).

Notre pilote LabVIEW™ pour l'appareil à rayons X est gratuit lui aussi et disponible sur Internet. Outre des instruments virtuels (VIs) pour la commande de l'appareil à rayons X, le pilote contient des exemples d'applications.

LabVIEW™ est une marque de la société National Instruments.

9 Entretien et maintenance

a) Rangement :

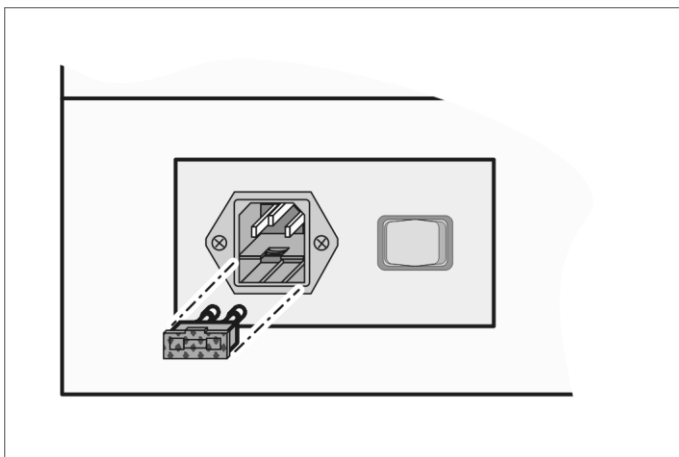


- Pour protéger la couche fluorescente de l'écran lumineux contre la lumière environnante, enficher la plaque de protection.
- En cas de rangement de longue durée, couvrir l'appareil à rayons X avec la housse de protection contre la poussière incluse au matériel livré.

b) Nettoyage :

- Nettoyer toutes les surfaces en verre de l'appareil à rayons X avec un nettoyant pour vitre doux (le verre au plomb est très souple et se raye facilement.)
- Ne pas nettoyer les surfaces laquées de l'appareil à rayons X avec des détergents agressifs.

10 Changement de fusible



- Retirer le porte-fusible.
- Vérifier l'ampérage du fusible de réserve (voir caractéristiques techniques) et remplacer le fusible défectueux par le fusible de réserve.
- Remettre le porte-fusible en place.

11 Utilisation et procédure expérimentale

a) Mise en service de l'appareil à rayons X :

- Etablir la connexion au réseau et mettre l'appareil à rayons X en marche.
- Appuyer sur le bouton-poussoir U.
- A l'aide du bouton de réglage ADJUST, régler par ex. $U = 20$ kV.
La valeur prescrite est indiquée dans la zone d'affichage.
- Appuyer sur le bouton-poussoir I.
- A l'aide du bouton de réglage ADJUST, régler par ex. $I = 1,00$ mA.
La valeur prescrite est indiquée dans la zone d'affichage.
- S'assurer que les portes coulissantes en verre au plomb sont fermées correctement et appuyer sur le bouton-poussoir HV ON/OFF.
Le voyant témoin de la haute tension clignote et la cathode incandescente de l'appareil à rayons X brille. Il y a génération d'un rayonnement X.
- Appuyer sur le bouton-poussoir I et faire varier le courant d'émission I avec le bouton de réglage ADJUST:
La luminosité de la cathode incandescente varie.

b) Choisir les paramètres de mesure :

- Appuyez sur le bouton-poussoir U, I, Δt , $\Delta \beta$ ou β LIMITS.
- A l'aide du bouton de réglage ADJUST, régler la valeur souhaitée:
La valeur prescrite est indiquée dans la zone d'affichage.
- Appuyer sur un bouton-poussoir quelconque.
Le choix des paramètres est terminé.

c) Positionner manuellement les bras du goniomètre :

Le goniomètre s'ajuste exclusivement par le biais de moteurs pas à pas électriques :

- Ne bloquer ni le bras de cible, ni le bras de capteur du goniomètre et ne pas forcer pour modifier le réglage.

soit :

- appuyer sur les boutons-poussoirs SENSOR et TARGET.
- A l'aide du bouton de réglage ADJUST, régler l'angle souhaité :
La valeur prescrite est indiquée dans la zone d'affichage, le bras de capteur ou de cible adopte la position angulaire souhaitée.

soit :

- appuyer sur le bouton-poussoir COUPLED.
 - A l'aide du bouton de réglage ADJUST, régler l'angle de la cible souhaité :
La valeur prescrite est indiquée dans la zone d'affichage, le bras de cible adopte la position angulaire souhaitée, le bras de capteur se déplace simultanément avec un pas de progression deux fois plus grand.
- N. B. : Le rapport « angle du capteur = $2 \times$ angle de la cible » est valable seulement si la position zéro du système de mesure a été préalablement adoptée à l'aide du bouton-poussoir ZERO ou en mode de service « balayage automatique ».

d) Expériences avec l'écran luminescent :

Les expériences avec l'écran luminescent donnent un premier aperçu de ce qu'est la propagation rectiligne du rayonnement X. Il est en plus possible d'observer l'influence des paramètres courant d'émission et haute tension du tube sur la luminosité et le contraste de l'image représentée sur l'écran.

- Réaliser les expériences dans une pièce assombrie.
- Retirer la plaque de protection de l'écran lumineux et démonter le collimateur.
- Placer l'objet à radioscooper dans la marche des rayons près de l'écran luminescent pour ainsi générer une image aux contours nets, et loin de l'écran pour ainsi obtenir une image agrandie.
- Fermer les portes coulissantes en verre au plomb de l'appareil à rayons X.
- Régler les valeurs souhaitées pour les paramètres de mesure I et U et la haute tension du tube avec le bouton-poussoir HV ON/OFF.
- Faire varier les paramètres de mesure I et U .
- Remettre la plaque de protection lorsque les expériences sont terminées.

e) Mode de service « Photominuterie » :

Dans le mode de service « Photominuterie », il est par ex. possible de déterminer le temps d'exposition pour les clichés ou bien le temps de mesure pour des mesures de taux de comptage individuels.

- Monter les accessoires souhaités (par ex. le goniomètre et le capteur ou le porte-film X-ray).
- Eventuellement amener manuellement le bras de capteur ou de cible du goniomètre à la position souhaitée à l'aide du bouton de réglage ADJUST.
- Choisir les paramètres de mesure I et U .
- Régler le pas de progression de l'angle $\Delta\beta = 0,0^\circ$.
- Régler le temps de mesure souhaitée Δt .
- Lancer la mesure avec le bouton-poussoir SCAN:

Le temps de mesure restant est décompté jusqu'à zéro dans la zone d'affichage. Les bras de cible et de capteur restent dans la position choisie.

- Une fois le temps de mesure écoulé, appuyer sur le bouton-poussoir REPLAY.

Le taux de comptage dont la moyenne a été calculée pour tout le temps de mesure Δt est indiqué dans la zone d'affichage.

f) Mode de service « Balayage automatique » :

Dans le mode de service « Balayage automatique », il suffit d'appuyer sur le bouton-poussoir Scan pour que les bras du goniomètre se déplacent automatiquement. Les modes de balayage « Target », « Sensor » ou « Coupled » peuvent alors être choisis.

Le taux de comptage actuel et la position de la cible sont affichés durant un processus de balayage ou dans le mode de balayage « Coupled », au choix la position du capteur et celle de la cible. (voir bouton-poussoir COUPLED). Par ailleurs, toutes les valeurs mesurées (angles et taux de comptage) sont enregistrées dans l'appareil à rayons X.

- Pour sélectionner le mode de balayage, appuyer sur le bouton-poussoir TARGET, SENSOR ou COUPLED.
- Appuyer sur le bouton-poussoir β LIMITS et régler la limite inférieure de balayage avec le bouton de réglage ADJUST.
- Réappuyer sur le bouton-poussoir β LIMITS et à l'aide du bouton de réglage ADJUST, régler la limite supérieure de balayage.

- Choisir les paramètres de mesure I et U .
- Sélectionner le pas de progression angulaire $\Delta\beta$.
- Régler le temps de mesure souhaité par pas angulaire Δt .
- Brancher éventuellement l'ordinateur par le biais du port USB et lancer le programme Appareil à rayons X.
- Lancer « Balayage automatique » avec le bouton-poussoir SCAN.
- Eventuellement appuyer sur le bouton-poussoir REPLAY et demander les données de mesure enregistrées pour chaque pas angulaire à l'aide du bouton de réglage ADJUST.

g) Mode de service « Balayage manuel » :

Dans le mode de service « balayage manuel », le déplacement des bras du goniomètre est assuré manuellement avec le bouton de réglage ADJUST. Il est alors possible de choisir le mode de balayage « Target », « Sensor » ou « Coupled ».

- Pour le choix du mode de balayage, appuyer sur le bouton-poussoir TARGET, SENSOR ou COUPLED.
- Choisir les paramètres de mesure I et U .
- Régler le temps de mesure par pas angulaire $\Delta t = 1$ s.
- Eventuellement brancher l'ordinateur par l'intermédiaire du port USB et lancer le programme « Appareil à rayons X ».
- A l'aide du bouton de réglage ADJUST, amener manuellement le bras du goniomètre dans la position angulaire souhaitée.
- Attendre environ 2 s jusqu'à ce que le taux de comptage pour la nouvelle position angulaire apparaisse dans la zone d'affichage et noter le taux de comptage.

N. B. : En cas de faibles taux de comptage survenant par ex. dans les ordres de diffraction supérieurs de la réflexion de Bragg, une photominuterie peut être activée en principe pour chaque position angulaire afin de permettre une détermination plus précise du taux de comptage. A chaque position angulaire, il faut alors appuyer sur le bouton-poussoir REPLAY une fois le temps de mesure écoulé pour que le taux de comptage soit affiché. Ce procédé prend beaucoup de temps.

h) « Réflexion de Bragg » pour le cristal de NaCl :

- Monter le collimateur.
- Monter le goniomètre (554 831).
- Monter le tube compteur à fenêtre (559 01) comme capteur.
- Monter le cristal de NaCl (554 78) comme cible.
- Régler la position zéro du système de mesure.
- Choisir les paramètres de mesure U , I , Δt et $\Delta\beta$: (par ex. : $U = 35,0$ kV, $I = 1,0$ mA, $\Delta t = 10$ s et $\Delta\beta = 0,1^\circ$).
- Appuyer sur le bouton-poussoir COUPLED.
- Régler les limites inférieure et supérieure de l'angle de la cible sur les valeurs souhaitées: (par ex.: $2,5^\circ$ et 30°)
- Par le biais du port USB, brancher l'ordinateur avec le programme « Appareil à rayons X » installé et lancer le programme.
- Appuyer sur le bouton-poussoir SCAN pour le lancement du tracé.