Systèmes Didactiques s.a.r.l.
Equipement pour l'enseignement expérimental, scientifique et technique

Date d'édition : 05.11.2026

Ref : P6.3.5.2



P6.3.5.2 Enregistrement du spectre d'énergie d'une anode en molybdène

Les expériences P6.3.5.2 et P6.3.5.3 se consacrent à la mesure directe de spectres émission de deux tube à rayons X et d'anodes en cuivre ou en molybdène.
Les spectres montrent les raies caractéristiques du matériau d'anode ainsi que le rayonnement continu de freinage.

Équipement comprenant :
1 554 800 Appareil de base à rayons X
1 554 861 Tube à rayons X, Mo
1 554 831 Goniomètre
1 559 938 Détecteur d'énergie de rayonnement X
1 524 013 Sensor-CASSY 2
1 524 220 CASSY Lab 2
1 524 058 Adaptateur AMC
1 501 02 Câble HF, 1 m
1 En complément : PC avec Windows XP/Vista/7/8/10 (x86 ou x64)

Catégories / Arborescence

Sciences > Physique > Expériences pour le supérieur > Physique atomique et nucléaire > Rayons X > Spectroscopie d'énergie de rayons X

Options

SYSTEMES DIDACTIQUES s.a.r.l.
Savoie Hexapole - Actipole 3 - 242 Rue Maurice Herzog - F 73420 VIVIERS DU LAC
Tel : 04 56 42 80 70 | Fax : 04 56 42 80 71
systemes-didactiques.fr

Date d'édition : 05.11.2026

Ref : 50102
Câble HF, l = 1 m, Fiche: BNC / BNC, Impédance: 50 ohms



Ref : 524013
Sensor-CASSY 2, Interface PC USB
Nécessite une licence du logiciel CASSY 2



C'est une interface connectable en cascade pour l'acquisition de données.

Pour le branchement au port USB d'un ordinateur, à un autre module CASSY ou au CASSY-Display (524 020USB)
Sensor-CASSY(524 010), Sensor-CASSY 2 et Power-CASSY (524011USB) peuvent être connectés en cascade mixte
Isolée galvaniquement en trois points (entrées de 4 mm A et B, relais R)
Mesure possible simultanément aux entrées de 4 mm et slots pour adaptateurs de signaux (système à quatre canaux)
Avec la possibilité de monter en cascade jusqu'à 8 modules CASSY (pour multiplier les entrées et sorties)
Avec la possibilité d'avoir jusqu'à 8 entrées analogiques par Sensor-CASSY par l'intermédiaire des adaptateurs de signaux
Avec reconnaissance automatique (plug & play) des adaptateurs par CASSY Lab 2 (524 220)
Commandée par micro-ordinateur avec le système d'exploitation CASSY (facilement actualisable à tout instant via le logiciel pour l'optimisation des performances)
Utilisable au choix comme appareil de table à inclinaison variable ou comme appareil de démonstration (aussi dans le cadre d'expérimentation CPS/TPS)
Alimentée en tension 12 V CA/CC par une fiche femelle ou un module CASSY adjacent
Informations sur le développeur, LabVIEW et MATLAB; les pilotes sont disponibles sur Internet

Caractéristiques techniques :
5 entrées analogiques
2 entrées tension analogiques A et B sur douilles de sécurité de 4 mm (isolées galvaniquement) Résolution : 12bits
Gammes de mesure : ±0,1/±0,3/±1/±3/±10/±30/±100/±250V
Erreur de mesure : ±1% plus 0,5% de la pleine échelle
Résistance d'entrée : 1MO
Taux d'échantillonnage : jusqu'à 1MHz par entrée
Nombre de valeurs : quasiment illimité (suivant le PC) jusqu'à 10 000valeurs/s, pour un taux de mesure plus élevé max. 200 000 valeurs

Date d'édition : 05.11.2026

Pré-trigger : jusqu'à 50 000valeurs par entrée
1 entrée courant analogique A sur douilles de sécurité de 4 mm (alternativement à l'entrée tension A)
Gammes de mesure : ±0,03/±0,1/±0,3/±1/±3A
Erreur de mesure : erreur de mesure de la tension plus 1% Résistance d'entrée : < 0,5O
Taux d'échantillonnage : jusqu'à 1MHz par entrée
Pour de plus amples informations, voir les entrées de tension
2 entrées analogiques sur slot pour adaptateurs de signaux A et B (raccordement possible de tous les capteurs et adaptateurs CASSY)
Gammes de mesure : ±0,003/±0,01/±0,03/±0,1/±0,3/±1V
Résistance d'entrée : 10kO
Taux d'échantillonnage : jusqu'à 500kHz par entrée Pour de plus amples informations, voir les entrées de tension.
Les caractéristiques techniques varient en fonction de l'adaptateur enfiché.
La reconnaissance des grandeurs et gammes de mesure est assurée automatiquement par CASSY Lab 2 dès qu'un adaptateur est enfiché.
4 entrées timer avec compteurs de 32 bits sur slot pour adaptateurs de signaux (par ex. pour l'adaptateur GM, l'adaptateur timer ou le timer S)
Fréquence de comptage : max. 1MHz Résolution temporelle : 20ns
5 affichages de l'état par LED pour les entrées analogiques et le port USB
Couleurs : rouge et vert, suivant l'état Clarté : ajustable
1 relais commutateur (indication de la commutation par LED) Gamme : max. 250 V / 2 A
1 sortie analogique (indication de la commutation par LED, par ex. pour un aimant de maintien ou une alimentation pour l'expérimentation)
Tension ajustable : max. 16V / 200mA (charge =80O)
12 entrées numériques (TTL) sur slots A et B pour adaptateurs de signaux (actuellement utilisées seulement pour la reconnaissance automatique de l'adaptateur)
6 sorties numériques (TTL) sur slots A et B pour adaptateurs de signaux (actuellement utilisées seulement pour la commutation automatique de la gamme de mesure d'un adaptateur)
1 port USB pour la connexion d'un ordinateur
1 bus CASSY pour la connexion d'autres modules CASSY
Dimensions : 115mm x 295mm x 45mm
Masse : 1,0kg

Matériel livré :
Sensor-CASSY 2
Logiciel CASSY Lab 2 sans code d'activation avec aide exhaustive (peut être utilisé 16 fois gratuitement, ensuite, en version de démonstration)
Câble USB
Adaptateur secteur 230 V, 12 V/1,6 A

Systèmes Didactiques s.a.r.l.
Equipement pour l'enseignement expérimental, scientifique et technique

Date d'édition : 05.11.2026

Ref : 524058
Adaptateur AMC



L'adaptateur AMC fait partie du système CASSY ; utilisé avec des détecteurs appropriés (scintillateurs NaJ(Tl), détecteurs semiconducteurs au silicium, par exemple) et en association avec le Sensor-CASSY (524 013) ou le Pocket-CASSY (524 006 , 524 018), CASSY Lab (524 220) et un ordinateur, il joue le rôle d'un analyseur d'impulsions multicanal pour le relevé simple et rapide des spectres de différents produits de désintégration radioactive.
Dans le cas des détecteurs, le mécanisme d'interaction, par opposition aux compteurs Geiger-Müller, produit des impulsions électriques de différentes amplitudes qui sont proportionnelles aux pertes d'énergie dans le détecteur.
Ces impulsions sont converties en valeurs numériques équivalentes et placées par le Sensor-CASSY dans les canaux correspondants.
On obtient ainsi un spectre d'énergie qui montre la distribution en fréquence du rayonnement radioactif détecté en fonction de l'énergie.
Un analyseur multicanal se distingue par conséquent nettement d'un analyseur monocanal qui, muni de son unique fenêtre (canal), doit peu à peu balayer la totalité du spectre et ne convient donc pas pour les faibles activités.
L'adaptateur AMC est pourvu d'une entrée BNC à laquelle il est possible de raccorder des détecteurs externes tels que par ex. un scintillateur NaJ (559 901) avec module de sortie du détecteur (559 912) ou un détecteur semiconducteur (559 921) oude (559 56) avec discriminateur-préamplificateur (559 931).
Son signal de sortie analogique peut en outre être prélevé via un élément en T, BNC (501 091) et visualisé sur un oscilloscope.
Pour d'autres détecteurs, la polarité des signaux d'entrée et la hauteur des impulsions peuvent être adaptées.
L'alimentation en tension pour le discriminateur-préamplificateur (559 931) et le module de sortie du détecteur (559 912) peut être assurée par l'adaptateur AMC via une douille multiple.
Le module de sortie du détecteur (559 912) permet une mesure de l'alimentation haute tension aux bornes du détecteur.
Les scintillateurs NaJ conviennent particulièrement bien pour les rayonnements ? et ß, les détecteurs semiconducteurs au silicium pour les rayonnements a et ß.
Pour des mesures sur des sources radioactives très faibles (par ex. champignons à charge radioactive de césium 137), le compteur à scintillations (559 901) et le module de sortie du détecteur (559 912) sont protégés contre la radioactivité naturelle de l'environnement par l'écran scintillateur (au plomb) (559 89) avec socle (559 891).
L'utilisation de deux adaptateurs AMC et de deux détecteurspermet d'effectuer des mesures de la coïncidence et de l'anticoïncidence.
Ces mesures permettent, par exemple, de montrer la corrélation spatiale et temporelle des deux particules ? lors de la destruction des positrons dans une source de 22 Na.
Les anciens modules de sortie du détecteur (559 91) et (559 911) s'utilisent sans aucun problème avec l'adaptateur AMC ; leur seul inconvénient est de ne pas permettre la mesure de la haute tension et de ne pas convenir pour le socle de l'écran scintillateur (559 891).
Le logiciel CASSY Lab (524 220) permet l'acquisition de valeurs (mesure de la haute tension incluse) ainsi que leur représentation et leur exploitation.
L'étalonnage énergétique est effectué avec une ou deux énergies connues et peut être réalisé individuellement pour chacune des courbes ou bien pour plusieurs spectres.
Pour l'exploitation, il est entre autres possible de procéder à une intégration de sections de spectres quelconques (par ex. du pic photoélectrique), à une adaptation de courbes de Gauß, à l'addition et à la soustraction de spectres.

Caractéristiques techniques :

Date d'édition : 05.11.2026

Résolution : 256 ... 2048 canaux (8 ... 11 bits) par spectre
Profondeur de mémoire : 2 x 10 9 événements par canal (31 bits)
Temps mort : env. 60 µs
Linéarité d'énergie : < 3 % de la valeur finale
Fenêtre de coïncidence : 4 µs
Puissance limite admissible pour capteurs externes : 0,5 V ... 5 V suivant l'ajustage de l'atténuateur, positif ou négatif.
Atténuateur interne et polarité ajustable par logiciel.
Mesure de la haute tension jusqu'à 1,5 kV en association

Ref : 524220
CASSY Lab 2 Licence Département ou établissement
Mises à jour gratuites



Version perfectionnée du logiciel réussi CASSY Lab pour le relevé et l'exploitation des données avec une aide exhaustive intégrée et de nombreux exemples d'expériences préparés.

- Supporte jusqu'à 8 modules Sensor-CASSY 2, Sensor-CASSY et Power-CASSY à un port USB ou série
- Supporte des modules Pocket-CASSY, Mobile-CASSY ou Power Analyser CASSY à différents ports USB
- Supporte le joulemètre et wattmètre et les instruments de mesure universels de Physique, Chimie et Biologie
- Supporte tous les adaptateurs de signaux CASSY
- Supporte en supplément de nombreux appareils au port série (par ex. VidéoCom, détecteur de position à IR, balance)
- Facilité d'emploi grâce à la reconnaissance automatique des modules CASSY et des adaptateurs qu'il suffit de brancher pour pouvoir les utiliser (plug & play) : représentation graphique, activation des entrées et sorties par simple clic et paramétrage automatique spécifique à l'expérience considérée (en fonction de l'adaptateur de signaux enfiché)
- Affichage des données sur des instruments analogiques/numériques, dans des tableaux et/ou des diagrammes (avec la désignation des axes au choix)
- Relevé des valeurs manuel (par appui sur une touche) ou automatique (réglage possible de l'intervalle de temps, du temps de mesure, du déclenchement, d'une condition de mesure supplémentaire)
- Exploitations variées telles que par ex. diverses adaptations (droite, parabole, hyperbole, fonction exponentielle, adaptation arbitraire), intégrale, inscription d'annotations sur le diagramme, calculs quelconques de formules, dérivation, intégration, transformation de Fourier
- Format de données XML pour les fichiers d'expériences (importe aussi les fichiers d'expériences réalisés avec CASSY Lab 1)
- Exportation facile des données de mesure et des diagrammes par le biais du presse-papiers
- Plus de 150 exemples d'expériences dans le domaine de la physique, chimie et biologie, accompagnés d'une description détaillée
- Représentation graphique du CASSY, du boîtier du capteur et de l'affectation des broches lors du chargement d'un fichier de test
- Mises à jour et versions de démonstration gratuites disponibles sur Internet
- Matériel prérequis: Windows XP/Vista/7/8/10/11 (32+64 bits), port USB libre (appareils USB) ou port série libre (appareils série), support des processeurs multi-cores

Systèmes Didactiques s.a.r.l.
Equipement pour l'enseignement expérimental, scientifique et technique

Date d'édition : 05.11.2026

Ref : 554800
Appareil de base à rayons X
Appareil de base livré sans tube et sans goniomètre.(554831)



Appareil de base, ajusté et prêt à l'emploi pour tous les tubes Molybdène(554 861) Cuivre(554 862) Fer(554 863) Tungstène(554 864) Argent(554 865), mais livré sans tube et sans goniomètre (554 831).

Caractéristiques techniques :
voir 554 801

Caractéristiques techniques :
Dispositif à rayons X pour l'enseignement et appareil à protection totale avec l'homologation BFS 05/07 V/Sch RöV (permet l'utilisation avec des tubes interchangeables au Fe, Cu, Mo, Ag, W, Au)
Taux de dose à une distance de 10 cm : < 1 µS/h
Respectivement deux circuits de sécurité indépendants et surveillés pour les portes, la haute tension et le courant du tube (certifié par le TÜV Rheinland et conforme 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 (certifié par le TÜV Rheinland et conforme aux exigences pour les essais de type PTB 2005)
Haute tension du tube : 0 ... 35,0 kV (tension continue régulée)
Courant du tube : 0 ... 1,00 mA (courant continu régulé de manière indépendante)
Tube à rayons X visible avec anode au molybdène pour un rayonnement caractéristique à ondes courtes : K a = 17,4 keV (71,0 pm), K ß = 19,6 keV (63,1 pm)
Écran luminescent pour des expériences de radiographie : d = 15 cm
Indicateur de valeur moyenne intégré, avec l'alimentation en tension pour le compteur de Geiger-Müller
Haut-parleur : activable pour le suivi acoustique du taux de comptage
Deux affichages à 4 chiffres (25 mm de haut) pour la visualisation au choix des valeurs actuelles de la haute tension, du courant anodique, du taux de comptage, de l'angle de la cible ou du capteur, du domaine de balayage, du pas de progression, du temps de porte
Réalisation des essais dans la partie expérimentation : câble coaxial haute tension, câble coaxial BNC, canal vide, par ex. pour des tuyaux, câbles, etc.
Sorties analogiques : proportionnellement à l'angle de la cible et au taux de comptage pour la connexion de l'enregistreur
Port USB pour le branchement du PC pour l'acquisition des données, la commande et l'exploitation de l'expérience, par ex. à l'aide du logiciel Windows fourni
Pilotes LabView et MATLAB pour Windows disponibles gratuitement sous http://www.ld-didactic.com pour ses propres mesures et commandes
Tension d'entrée : 230 V ±10 % / 47 ... 63 Hz
Consommation : 120 VA
Dimensions : 67 cm x 48 cm x 35 cm
Masse : 41 kg

Matériel livré :
Appareil de base
Plaque de protection pour l'écran
Housse de protection
Câble USB
Logiciel CASSY LAB 2 pour machine à rayon X pour Windows 2000/XP/Vista/7/8/10 (524 223)

Liste des TP pouvant être réalisés:

Date d'édition : 05.11.2026

P6.3.1.1 Fluorescence d'un écran luminescent par rayons X
P6.3.1.3 Mise en évidence de rayons X avec une chambre d'ionisation
P6.3.1.4 Détermination du débit de dose ionique de tubes à rayons X avec anode en molybdène
P6.3.1.5 Etude d'un modèle d'implantation (en)
P6.3.1.6 Influence d'un agent contrasté sur l'absorption de rayons X (en)
P6.3.2.1 Étude de l'atténuation de rayons X en fonction du matériau d'absorption et de l'épaisseur d'absorption
P6.3.2.2 Etude du coefficient d'atténuation en fonction de la longueur d'onde
P6.3.2.3 Etude du coefficient d'atténuation en fonction du nombre atomique Z
P6.3.5.1 Enregistrement et calibrage d'un spectre d'énergie de rayons X
P6.3.5.2 Enregistrement du spectre d'énergie d'une anode en molybdène
P6.3.5.3 Enregistrement du spectre d'énergie d'une anode en cuivre
P6.3.5.4 Étude de spectres caractéristiques en fonction du numéro atomique de l'élément : les raies K
P6.3.5.5 Etude de spectres caractéristiques en fonction du numéro atomique de l'élément : Les couches L
P6.3.5.6 Réflexion de Bragg dissoute par l'énergie à différents ordres de diffraction
P6.3.6.1 Structure fine du faisceau du rayon X caractéristique d'une anode en molybdène
P6.3.6.11 Structure fine à haute résolution des rayons X caractéristiques d'une anode en molybdène
P6.3.6.12 Structure fine

Ref : 554831
Goniomètre



Avec deux moteurs pas à pas qu?il est possible de commander indépendamment l?un de l?autre pour le bras de capteur et le bras de cible. Le déplacement est défini par des boutons-poussoirs de la zone de commande de l?appareil à rayons X (554 800 et 554 801) et déclenché manuellement ou automatiquement. Inclus au matériel livré avec l?appareil à rayons X (554 801).

Caractéristiques techniques :
Mode de fonctionnement : moteurs pas à pas à couplage électronique pour le bras de cible et le bras de capteur Plage angulaire pour la cible : illimitée (0° ... 360°) Plage angulaire pour le capteur : -10° ... +170° Résolution angulaire : 0,1° avec les compléments HD X-ray (554 835), protégé par certificat d'utilité
Longueur du bras de capteur : env. 40 ... 110 mm Fente du capteur : 1 mm Surface de pose du plateau pour cible : 25 mm x 28 mm Épaisseur de l?échantillon utilisable : 3 ... 9 mm Dimensions : 13,5 cm x 22,5 cm x 12,5 cm
Masse : 3 kg

Date d'édition : 05.11.2026

Ref : 554861
Tube à rayons X, Mo (avec anode en Molybdène)



Tube à cathode chaude incandescente à chauffage direct avec filetage pour composant de refroidissement et culot bipolaire à broches pour le chauffage de la cathode ; convient pour lappareil à rayons X (554 800 / 554 801)

Caractéristiques techniques :
Matériau de l'anode : Molybdène
Rayonement caractéristique : K a = 71,1 pm (17,4 kev), K ß = 63,1 pm (19,6 keV)
Courant d'émission : max. 1 mA
Tension d'anode : max. 35 kV
Taille de la tache focale : env. 2 mm 2
Longévité minimale : 300 heures
Film d'absorption (pour la mono-chromatisation du rayonnement): Nickel (Ni)
Diamètre : 4,5 cm
Longueur : 20 cm
Masse : 0,3 kg

Ref : 559938
Détecteur d?énergie de rayonnement X



S'utilise dans l'appareil à rayons X (554 801) et en association avec le Sensor-CASSY (524 013) et l'adaptateur AMC (524 058) pour le relevé de spectres de rayons X résolus en énergie.
Le détecteur comprend une photodiode PIN silicium (détecteur) à refroidissement thermoélectrique ainsi que l'électronique pour l'amplification et le traitement des impulsions de tension.
La hauteur des impulsions de sortie est proportionnelle à l'énergie des photons de rayon X.

Caractéristiques techniques :
Surface active : 0,8 mm Ø
Refroidissement du détecteur : thermoélectrique (élément à effet Peltier)
Fenêtre d'entrée (plastique) : absorption équivalente à celle du graphite avec d = 40 µm
Bande d'énergie détectable : env. 2 ... 60 keV
Résolution en énergie pour E = 6,40 keV (raie K a du Fe) : 0,4 keV (largeur à mi-hauteur)
Tension d'alimentation : ±15 V, +5 V (par l'adaptateur secteur inclus au matériel livré)
Sortie : douille BNC pour la connexion à l'adaptateur AMC
Dimensions : 60 mm

Date d'édition : 05.11.2026

Masse : 450 g

SYSTEMES DIDACTIQUES s.a.r.l.
Savoie Hexapole - Actipole 3 - 242 Rue Maurice Herzog - F 73420 VIVIERS DU LAC
Tel : 04 56 42 80 70 | Fax : 04 56 42 80 71
systemes-didactiques.fr