

Tube de Franck et Hertz au Hg et four de chauffage

1006795 (230 V, 50/60 Hz)

1006794 (115 V, 50/60 Hz)

Instructions d'utilisation

10/15 ALF



1. Consignes de sécurité

L'appareil correspond aux dispositions de sécurité pour les appareils électriques de mesure, de commande, de réglage et de laboratoire d'après la norme DIN EN 61010, 1ère partie, et à la classe de protection 1. Il est prévu pour être exploité dans des pièces sèches convenant à des équipements ou dispositifs électriques.

En cas d'utilisation conforme, l'exploitation sûre de l'appareil est garantie. En revanche, la sécurité n'est pas garantie si l'appareil n'est pas commandé dans les règles ou manipulé sans attention. S'il s'avère qu'une exploitation peu sûre

n'est plus possible, mettez l'appareil immédiatement hors service (par ex. en présence de dommages apparents) et protégez-le contre toute remise en service.

Dans les écoles et les établissements de formation, l'utilisation de l'appareil doit être surveillée par un personnel formé.

- Avant la première mise en service, vérifiez que l'appareil est prévu pour la tension secteur locale.
- Avant de commencer l'expérience, vérifiez si l'appareil présente quelque endommagement.
- En cas de vices apparents ou de dysfonctionnements, mettez immédiatement l'appareil hors service.
- Ne branchez l'appareil qu'à des prises de courant avec mise à la terre du neutre.
- Seul un électricien est autorisé à ouvrir l'appareil.

Prudence - risque de brûlure ! En service, les parois du four et les verres-regards peuvent atteindre une température de 300° C.

- Placez le four sur un support réfractaire.
- Pendant le service, transportez toujours le four par la poignée.
- Avant de démonter l'expérience, laissez refroidir l'appareil.

Prudence - risque de cassure et ainsi de blessure !

- Fixez la plaque frontale au four à l'aide des six vis moletées.
- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques. Ne pliez pas les fils de connexion.

Le tube de Franck et Hertz contient du mercure.

- En cas de cassure du verre et d'écoulement du mercure, observez les prescriptions de sécurité relatives au maniement du mercure.

2 Description

Le tube de Franck et Hertz au mercure permet de démontrer la libération d'énergie quantifiée d'électrons libres lors de l'impact avec des atomes de mercure ainsi que de déterminer l'énergie d'excitation de la ligne de résonance du mercure ($6^1S_0 - 6^3P_1$) avec 4,9 V.

Tube de Franck et Hertz sur plaque frontale

Le tube de Franck et Hertz est un tube d'électrons au mercure sous vide poussé, avec système d'électrons plan-parallèle, comprend une cathode d'oxyde à chauffage indirect, avec écran troué, une anode en forme de grille et une électrode de captage. Pour obtenir une forte probabilité d'impact, choisissez un grand écart entre la cathode et l'anode (8 mm) par rapport à la longueur de parcours libre moyenne dans l'atmosphère de mercure (à env. 180 °C). En revanche, l'écart entre l'anode et l'électrode de captage doit être faible. À hauteur de l'anode se trouve une mise à la terre qui empêche les influences parasites. Monté sur la plaque frontale du four, le tube peut être remplacé aisément. Sur la plaque frontale se trouvent les bornes isolées par du céramique et le symbole du tube. Le tube de Franck et Hertz est monté de manière à ce que le tube complet et les fils de connexion atteignent une température constante. Ce dispositif est nécessaire, car la densité de vapeur de mercure s'oriente toujours à l'endroit le plus froid du tube. Les courants de fuite provenant de la paroi en verre chaude conduisant les ions sont empêchés par une bague de protection. Une résistance (10 kOhm) est fixée entre la borne de tension d'accélération et l'anode du tube. Elle protège le tube en cas de tension trop élevée. La chute de tension sur cette résistance peut être négligée lors de la mesure.

Four de chauffage

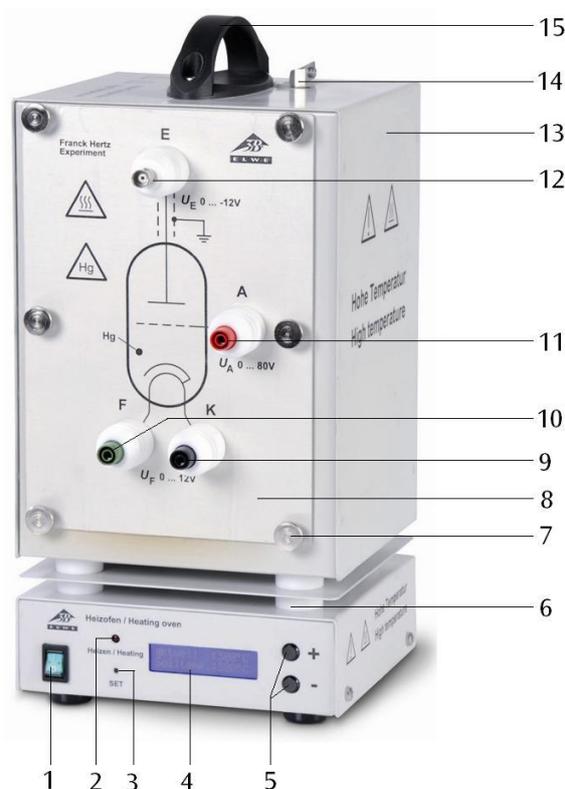
Le four de chauffage permet de régler la pression de vapeur dans le tube de Franck et Hertz au mercure et de réaliser l'expérience avec les tubes fluorescents au sodium (1000913).

Il est constitué d'un boîtier thermolaqué en tôle d'acier avec deux verres-regards. La plaque frontale est fixée au boîtier à l'aide de six vis moletées. Le four chauffe grâce à un corps de chauffe tubulaire placée dans la plaque inférieure du four. La mesure et le réglage de la température sont effectués via un microcontrôleur et un capteur PT100. L'affichage numérique de la température permet de lire la température prescrite et réelle. La touche de réglage "SET" permet de choisir entre un affichage de la température en ° Celsius ou en ° Fahrenheit. Les touches de réglage "+/-" permettent de régler la température prescrite par étapes d'1 K. Sur la partie supérieure se trouve une ouverture avec une fixation à ressort pour accueillir un thermomètre et une poignée à isolation thermique.

L'appareil 1006794 est prévue pour une tension secteur de 115 V ($\pm 10\%$) et 1006795 pour une tension secteur de 230 V ($\pm 10\%$).

2.1 Matériel fourni

- 1 tube de Franck et Hertz au mercure sur plaque frontale
- 1 four de chauffage sans plaque frontale
- 1 instructions d'utilisation



- | | |
|----------------------------|--|
| 1 Interrupteur secteur | 2 Voyant de mise en marche |
| 3 Touche de réglage "SET" | 4 Écran |
| 5 Touches de réglage "+/-" | 6 Isolant thermique |
| 7 Vis moletée | 8 Plaque frontale avec tube de Franck et Hertz (non visible) |
| 9 Borne cathode | 10 Borne chauffage à tube |
| 11 Borne anode | 12 Sortie de signal borne BNC |
| 13 Four de chauffage | 14 Fixation à ressort pour thermomètre |
| 15 Poignée | |

3. Caractéristiques techniques

Tube de Franck et Hertz

Chauffage :	4 à 12 V CA/CC
Tension de grille :	0 à 70 V
Contre-tension :	env. 1,5 V
Température de service :	env. 200 °C
Dimensions du tube :	env. 130 mm x Ø 26 mm
Masse :	env. 380 g

Four de chauffage

Tension d'alimentation : voir au dos du boîtier

Ouverture frontale : env. 230 x 160 mm²
 Puissance de chauffage : 800 W @230 V
 400 W @115 V
 Température maximale : 300°C @230 V
 250°C @115 V
 Constance de température: env. ±1°C
 Dimensions : env. 335x180x165 mm³
 Masse : env. 5,6 kg

4. Manipulation

Pour réaliser l'expérience, on a besoin des dispositifs supplémentaires suivants :

1 Appareil pour l'expérience de F/H @230 V 1012819
 ou
 1 Appareil pour l'expérience de F/H @115 V 1012819
 1 Oscilloscope analogique, 2x 30 M 1002727
 1 Cordon HF, 1 m 1002746
 2 Cordons HF, BNC / douille 4 mm 1002748
 Cordons d'expérimentation de sécurité 1002843

- Posez la plaque frontale au niveau de la partie ouverte du four de chauffage et fixez-la avec 6 vis moletées.
- Dans un premier temps, laissez le four de chauffage et l'appareil de service éteints et tournez tous les boutons de réglage de l'appareil de service en butée gauche.
- N'appliquez pas la tension au tube froid (risque de court-circuit par le mercure).
- Reliez entre elles les entrées et sorties "A", "F" et "K" (voir fig. 2).
- À l'aide du câble BNC, reliez la sortie "E" du tube de Franck et Hertz à l'entrée correspondante de l'appareil de service.
- Reliez la sortie " U_Y " de l'appareil de service à l'entrée Y et la sortie " U_X " à l'entrée X de l'oscilloscope.
- Allumez le four, réglez une température d'environ 210° C et attendez que le tube chauffe (5 à 10 minutes).
- Mettez l'appareil en marche, l'appareil est en mode "rampe".
- Réglez une tension de chauffage de 6 à 7 V. Une fois la tension de chauffage appliquée, la cathode à chauffage indirect est chauffée en 1,5 minute environ.
- Réglez la tension minimale d'accélération sur 0 et augmentez lentement la vitesse maximale d'accélération jusqu'à 80 V.
- Lorsque vous augmentez la tension d'accélération, veillez à ce qu'il n'apparaisse pas de décharge autonome dans le tube, car une ionisation d'impact risque de perturber la courbe.
- Dans un premier temps, exploitez l'oscilloscope avec les réglages $x = 1 \text{ V/Div}$ et $y = 1 \text{ V/Div}$.

- Observez la formation des maxima de la courbe de Franck et Hertz à l'écran de l'oscilloscope.
- Régler les paramètres de tension d'accélération, de chauffage de cathode, de contre-tension et d'amplitude de manière à former une courbe aux maxima et minima prononcés.

La méthode décrite est une procédure de réglage générale. Des exemples de dispersions inévitables lors de la fabrication des tubes de Franck et Hertz sont révélés par les divergences des paramètres optimaux. Le rapport de mesures joint aux tubes fournit une référence pour de bonnes valeurs.

En fonction de la tension d'accélération, le courant de captage présente à intervalles réguliers des maxima et des minima équidistants. L'écart entre les maxima est de 4,9 V. Un potentiel de contact de 2 V se présente dans le tube entre la cathode et l'anode. C'est ce qui explique pourquoi le premier maximum s'élève à environ 7 V. Les premiers maxima se manifestent mieux lorsque la température du four est inférieure.

Évaluation de la courbe de Franck et Hertz :

Pour une évaluation précise de la courbe de Franck et Hertz, il faut un voltmètre numérique. Il n'est pas indispensable de déterminer la valeur absolue du courant électronique. L'écran de l'oscilloscope doit présenter une courbe de Franck et Hertz avec des maxima prononcés.

- Branchez un voltmètre numérique à la sortie du signal (U_X) et de la prise de terre commune (voir fig. 2).
- Appuyez sur la touche "Man/Rampe", le mode "Man" s'affiche.
- Réglez la tension d'accélération en butée gauche ($U_A = 0 \text{ V}$).

La tension d'accélération s'affiche à l'écran par étapes de 0,5 V. pour obtenir des résultats de mesure plus précis, il est possible de brancher un voltmètre numérique au niveau des prises "A" et "K", afin de mesurer plus précisément la tension d'accélération.

Remarque : à la sortie du signal (U_X), la tension d'accélération est réduite du facteur 10. Mais sur le voltmètre numérique, la tension d'accélération entière est mesurée entre les bornes « A » et « K ».

Augmentez lentement et progressivement la tension d'accélération pour déterminer les positions exactes des maxima et minima avec le voltmètre numérique.

5. Entretien et maintenance

- Débrancher l'appareil avant le nettoyage.
- Utiliser un chiffon doux et humide.

6. Traitement des déchets

- L'emballage doit être déposé aux centres de recyclage locaux.
- Si l'appareil doit être jeté, ne pas le jeter dans les ordures ménagères. Il est important de respecter les consignes locales relatives au traitement des déchets électriques.
- Pour éliminer le tube de Frank et Hertz, il est important de respecter les consignes locales d'élimination du mercure.

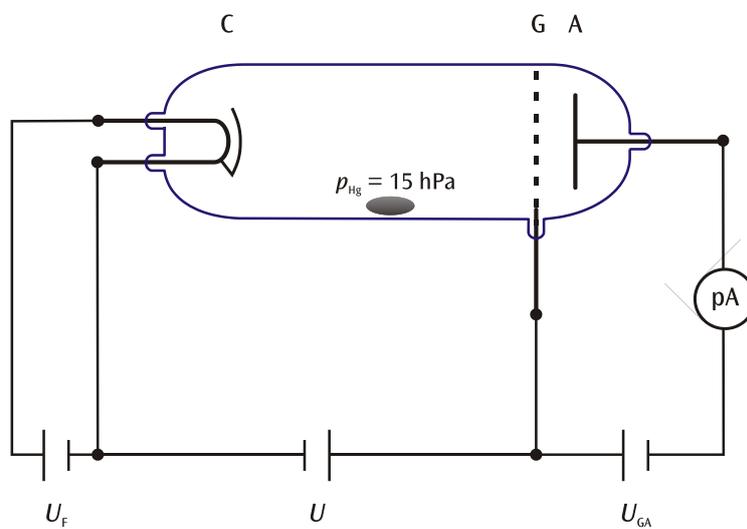
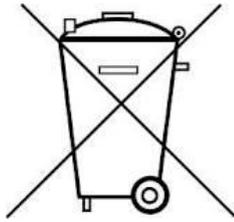


Fig. 1 Structure schématique de l'enregistrement de la courbe de Franck et Hertz sur le mercure (C cathode, G grille, A électrode de captage)

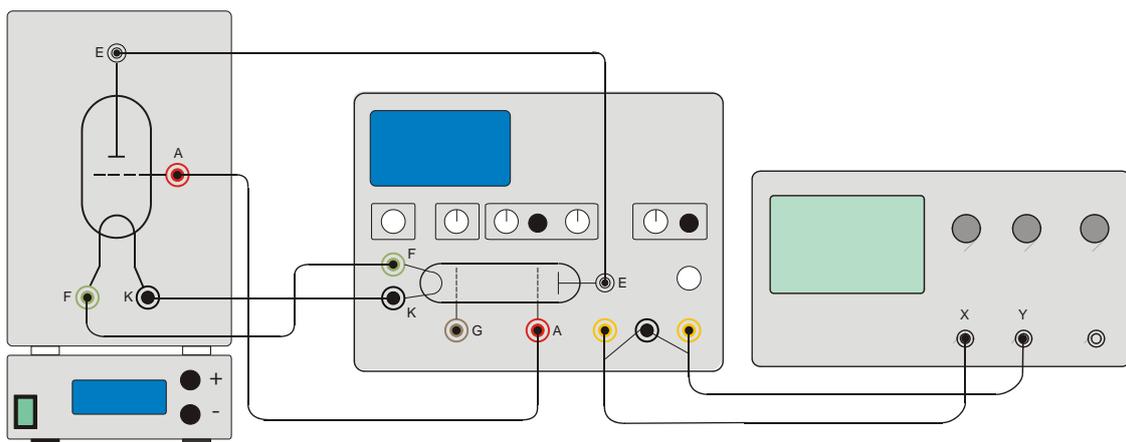


Fig. 2 Montage expérimental du tube de Franck et Hertz au Hg

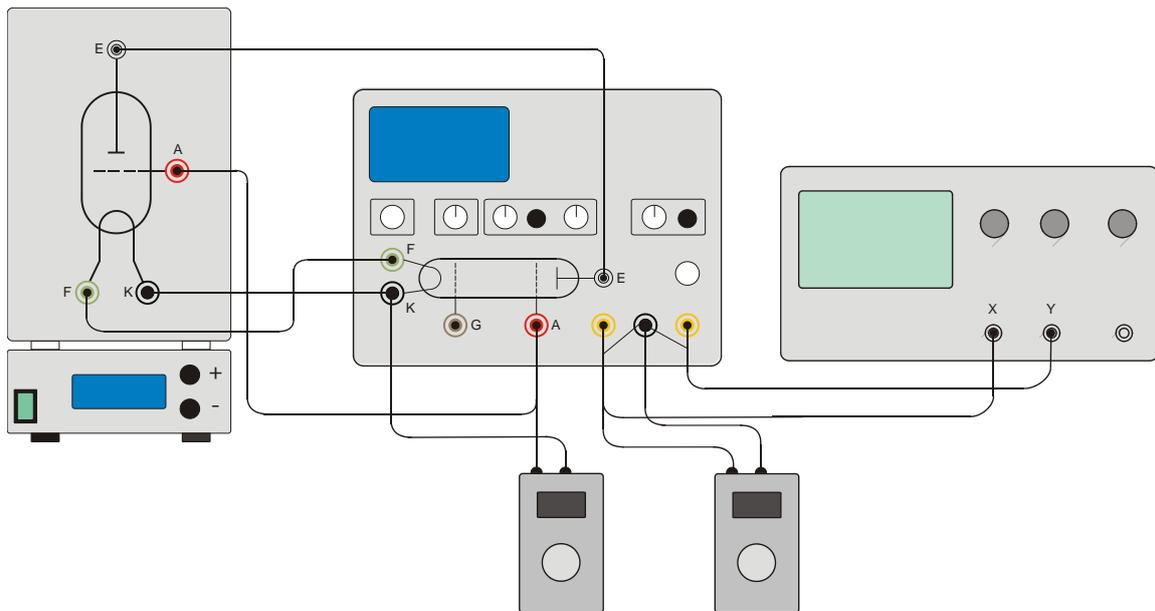


Fig. 3 Montage expérimental du tube de Franck et Hertz avec 2 voltmètres numériques

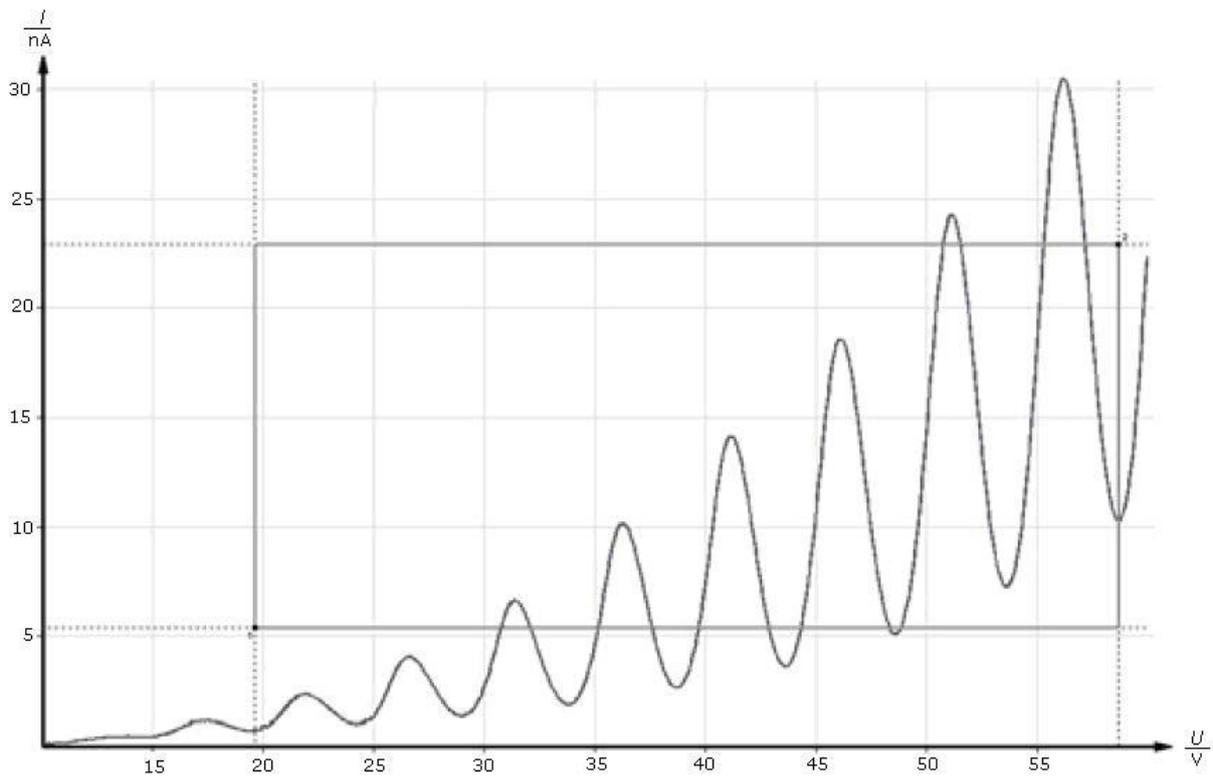


Fig. 4 Courbe de Franck et Hertz