

## Physique atomique et nucléaire

Couche électronique

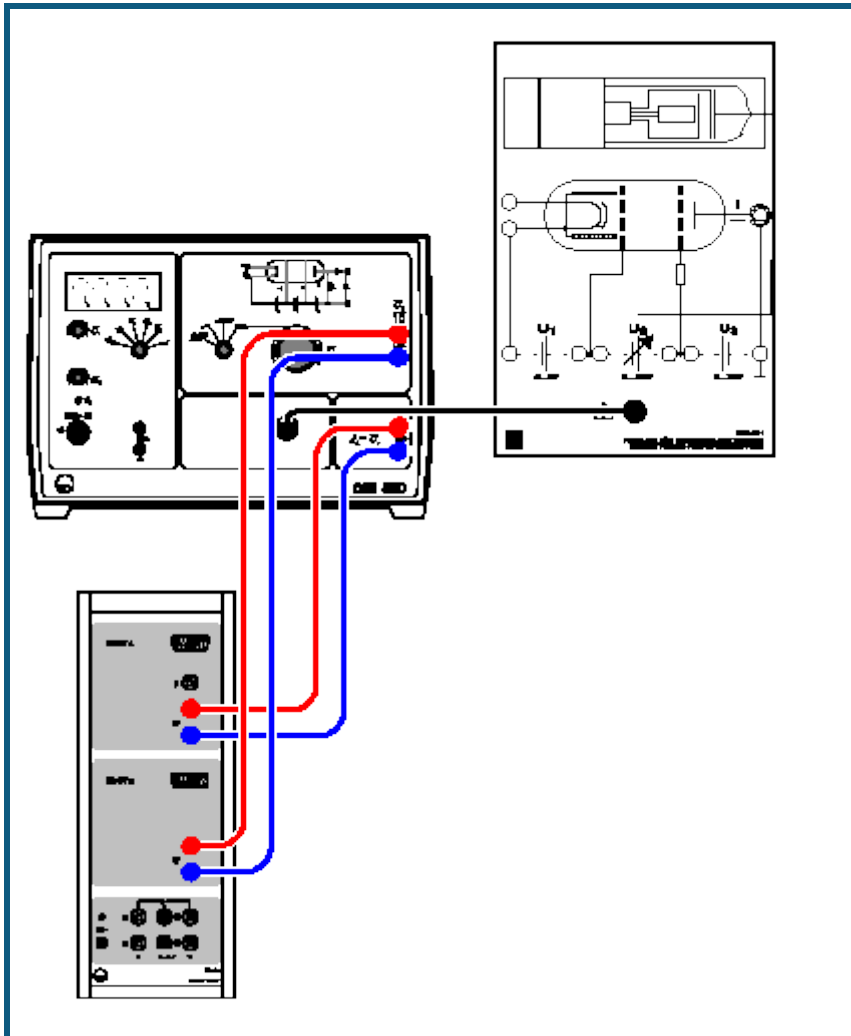
*Expérience de Franck-Hertz*


Expérience de Franck-Hertz  
avec le néon - Tracé et  
évaluation avec CASSY

### Description tirée de CASSY Lab 2

Pour charger des exemples et des  
paramétrages, merci de bien vouloir  
utiliser l'aide de CASSY Lab 2.

## Expérience de Franck et Hertz avec le néon

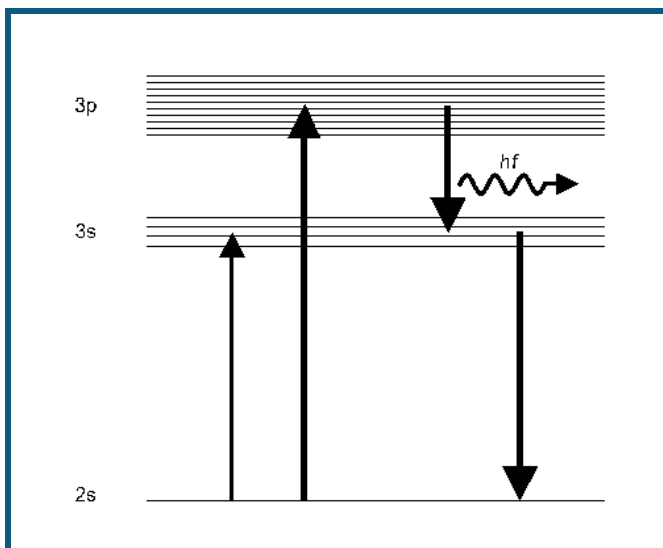


 Convient aussi pour [Pocket-CASSY](#)

### Description de l'expérience

En 1914, James Franck et Gustav Hertz ont fait un compte-rendu sur la perte d'énergie progressive suscitée au passage des électrons dans de la vapeur de mercure et sur l'émission de la raie ultraviolette ( $\lambda = 254 \text{ nm}$ ) du mercure qui lui est subordonnée. Quelques mois plus tard, Niels Bohr a reconnu dans cette étude une preuve pour le modèle atomique développé par lui-même. L'expérience de Franck et Hertz est donc une expérience classique pour la vérification de la théorie des quanta.

Cette expérience est consacrée à l'étude de la perte d'énergie d'électrons libres par diffusion inélastique (excitation collisionnelle) sur des atomes de néon. L'excitation suscitée par le choc électronique a lieu avec la plus grande probabilité dans les dix états  $3p$  situés entre  $18,4 \text{ eV}$  et  $19,0 \text{ eV}$  au-dessus de l'état fondamental. Les quatre états  $3s$  légèrement en dessous avec  $16,6 \text{ eV}$  à  $16,9 \text{ eV}$  sont excités avec une moins grande probabilité. Le passage des états  $3p$  à l'état fondamental avec émission de photons n'est possible qu'en passant par les états  $3s$ . La lumière émise à cette occasion est dans le domaine du visible entre rouge et vert et peut donc s'observer à l'œil nu.



Pour ce faire, un tube en verre sous vide est rempli de gaz néon à une pression d'environ 10 hPa. Le tube en verre comprend un système planaire de quatre électrodes : des électrons s'échappent de la cathode chaude et forment un nuage de charge d'espace. Ils sont aspirés par la tension  $U_1$  entre la cathode et la grille  $G_1$  puis accélérés par la tension d'accélération  $U_2$  vers la grille  $G_2$ . Entre la grille  $G_2$  et l'électrode collectrice, il y a une tension inverse  $U_3$ . Seuls des électrons avec une énergie cinétique suffisante arrivent à l'électrode collectrice et apportent leur contribution au courant du collecteur.

Dans l'expérience, on augmente la tension d'accélération  $U_2$  de 0 V à 80 V pour une tension d'aspiration  $U_1$  et une tension inverse  $U_3$  fixes, puis on mesure le courant du collecteur  $I_A$ . Dans un premier temps, il augmente un peu comme dans le cas d'une tétrode classique, mais il atteint un maximum lorsque l'énergie cinétique des électrons suffit tout juste devant la grille  $G_2$  pour délivrer par collision l'énergie requise pour l'excitation d'un atome de néon. Le courant du collecteur baisse nettement étant donné que les électrons ne peuvent plus surmonter la tension inverse  $U_3$  après le choc.

Au fur et à mesure que la tension d'accélération  $U_2$  augmente, les électrons atteignent l'énergie nécessaire à l'excitation des atomes de néon toujours plus loin devant la grille  $G_2$ . Après le choc, ils sont réaccélérés et absorbent une deuxième fois tellement d'énergie du champ électrique pour une tension d'accélération suffisante qu'ils peuvent exciter un atome de néon. Il s'ensuit un deuxième maximum et pour une tension  $U_2$  encore plus grande, d'autres maxima du courant du collecteur  $I_A$ .

### Matériel requis


1	<a href="#">Sensor-CASSY</a>	524 010 ou 524 013
1	<a href="#">CASSY Lab 2</a>	524 220
1	tube de Franck-Hertz au néon	555 870
1	support avec socle et blindage	555 871
1	câble de raccordement pour tube de FH au néon	555 872
1	alimentation pour tube de Franck-Hertz	555 880
2	paires de câbles, 100 cm, rouges et bleus	501 46
1	PC avec Windows XP/Vista/7/8	

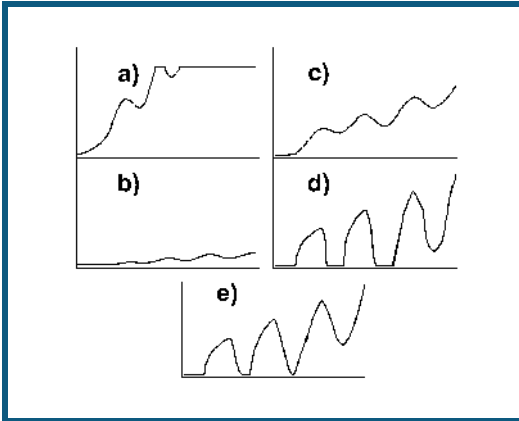
### Montage expérimental (voir schéma)

- Fixer le tube de Franck-Hertz au néon dans le support avec socle et le brancher à la douille « tube de Franck-Hertz » de l'alimentation pour tube de Franck-Hertz à l'aide du câble de raccordement.
- Régler le sélecteur du mode de service sur RESET.
- Connecter l'entrée de tension A du Sensor-CASSY à la sortie  $U_A$  pour la tension proportionnelle au courant du collecteur et l'entrée de tension B du Sensor-CASSY à la sortie  $U_2/10$  pour la tension d'accélération.

## Procédure expérimentale

### ■ Charger les paramètres

- Régler la tension d'aspiration  $U_1 = 1,5 \text{ V}$  et la tension inverse  $U_3 = 5 \text{ V}$  puis tracer la courbe de Franck-Hertz dans le mode de service « Rampe ». Pour ce faire, lancer la mesure avec  et immédiatement régler le sélecteur du mode de service sur « Rampe ». La mesure s'arrête automatiquement au bout de 40 s, ensuite, ramener le sélecteur du mode de service sur RESET.



#### 1) Optimisation de $U_1$

Une tension d'aspiration  $U_1$  plus élevée se traduit par un plus grand courant d'émission des électrons.

Si la courbe de Franck-Hertz monte en pente trop raide, donc si la limite de puissance admissible de l'amplificateur de mesure est déjà atteinte en dessous de  $U_2 = 80 \text{ V}$  et que la courbe de Franck-Hertz est coupée en haut (a) :

- réduire  $U_1$  jusqu'à ce que la pente de la courbe corresponde à (c).

Si la courbe de Franck-Hertz monte trop faiblement, donc si le courant du collecteur  $I_A$  reste partout inférieur à  $5 \text{ nA}$  (b) :

- augmenter  $U_1$  jusqu'à ce que la pente de la courbe corresponde à (c).
- éventuellement optimiser le chauffage de la cathode conformément au mode d'emploi de l'alimentation pour tube de Franck-Hertz.

#### 2) Optimisation de $U_3$

Plus la tension inverse  $U_3$  est élevée, plus les maxima et minima de la courbe de Franck-Hertz sont prononcés, le courant du collecteur étant, dans l'ensemble, simultanément réduit.

Si les maxima et minima de la courbe de Franck-Hertz ne sont pas très prononcés (c) :

- augmenter tour à tour d'abord la tension inverse  $U_3$  puis la tension d'aspiration  $U_1$  jusqu'à obtention de la forme de courbe représentée en (e).

Si les minima de la courbe de Franck-Hertz sont « coupés » à la base (d) :

- réduire tour à tour d'abord la tension inverse  $U_3$  et ensuite la tension d'aspiration  $U_1$  jusqu'à obtention de la forme de courbe représentée en (e).

Le tube de Franck-Hertz au néon de l'exemple d'expérience a été utilisé avec les paramètres  $U_1 = 1,5 \text{ V}$  et  $U_3 = 7,9 \text{ V}$ .

## Exploitation

On prélève l'écartement de maxima qui se succèdent de la courbe tracée en traçant des [lignes verticales](#) (à vue d'œil). Dans le présent exemple d'expérience, on a en moyenne la valeur  $U_2 = 18,2 \text{ V}$ . Cette valeur se rapproche nettement plus des énergies d'excitation des niveaux 3p du néon (18,4-19,0 eV) que de celles des niveaux 3s (16,6-16,9 eV). C'est donc avec une probabilité nettement moins grande que ces dernières sont excitées par un choc électronique inélastique.

La sous-structure de la courbe mesurée montre que l'excitation des niveaux 3s ne peut pas être complètement négligée. On constate que pour les chocs doubles et multiples, il survient toutes les combinaisons de l'excitation d'un niveau 3s et d'un niveau 3p.

Des couches lumineuses peuvent être observées en fonction de la tension d'accélération dans le tube de Franck-Hertz au néon. Elles sont directement en corrélation avec les minima de la courbe de Franck-Hertz.