Physique atomique et nucléaire

Couche électronique

Potentiels critiques

DETERMINATION DES POTENTIELS CRITIQUES DE L'ATOME D'HELIUM.

- Mesure du courant collecteur I_R en fonction de la tension d'accélération U_A.
- Comparaison de la situation des maxima de densité de courant avec les potentiels critiques de l'atome d'hélium.
- Identification de la double structure dans le schéma du terme spectral de l'hélium (orthohélium et parahélium).

UE502050

03/13 JS

NOTIONS DE BASE GENERALES

Le terme de potentiels critiques englobe toutes les énergies d'excitation et d'ionisation présentes dans l'enveloppe électronique d'un atome. Les états atomiques afférents sont par exemple provoqués par bombardement électronique inélastique. Si l'énergie cinétique de l'électron correspond à un potentiel critique, l'électron transmet entièrement son énergie cinétique à l'atome lors du bombardement électronique inélastique. Ce principe peut être utilisé dans le cadre d'un montage expérimental élaboré par G. Hertz pour la définition des potentiels critiques.

Dans un tube mis sous vide et rempli d'hélium, des électrons libres circulent de manière divergente à travers un espace à potentiel constant après la traversée d'une tension d'accélération U_A. Afin d'empêcher toute charge de la paroi du tube, l'intérieur est recouvert d'un matériau conducteur et relié à l'anode A par conduction (cf. fig. 1). Une électrode de collecteur R annulaire est disposée dans le tube ; elle n'est pas touchée par le faisceau d'électrons divergent, bien qu'elle soit soumise à un potentiel légèrement plus élevé.

On mesure le courant I_R – de l'ordre du picoampère – appliqué au collecteur en fonction de la tension d'accélération U_A. Il affiche des maxima caractéristiques, étant donné que les électrons qui se déplacent dans le tube subissent des chocs inélastiques avec les atomes d'hélium : si leur énergie cinétique

(1) $E = e \cdot U_A$

e : Charge élémentaire

correspond exactement à un potentiel critique de l'atome d'hélium, ils cèdent entièrement leur énergie cinétique aux atomes d'hélium. Dans ce cas, ils peuvent être aspirés par le collecteur et contribuer ainsi à l'augmentation de la densité du courant collecteur I_R.

Avec l'augmentation progressive de la tension d'accélération, il est possible d'atteindre des niveaux d'excitation toujours plus élevés dans l'hélium (comparer au schéma de niveaux de l'atome d'hélium dans l'illustration 2), jusqu'à ce que l'énergie cinétique de l'électron suffise pour obtenir l'ionisation de l'atome d'hélium. A partir de cette valeur, le courant collecteur augmente continuellement, proportionnellement à l'augmentation de la tension d'accélération.

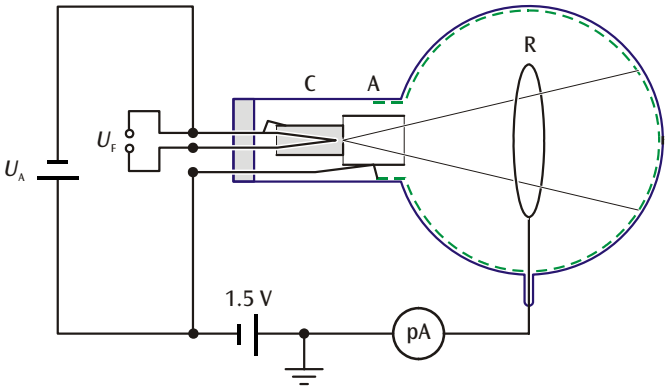

Fig. 1 : Représentation schématique du tube à potentiel critique.

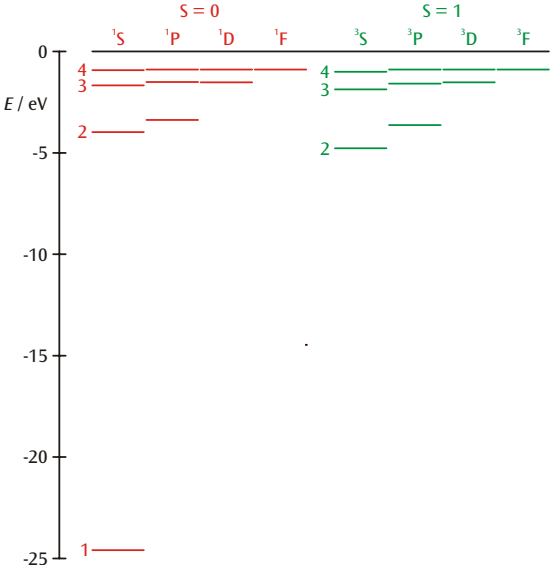

Fig. 2 : Schéma du terme spectral de l'hélium.
rouge : spin total S = 0 (parahélium),
vert : spin total S = 1 (orthohélium)

LISTE DES APPAREILS

1 Tube au potentiel critique S, remplissage d'He 1000620
1 Support pour tube S 1014525
1 Unité de commande pour le tube au potentiel critique
(115 V ou 230 V) 1000633 / 1008506

1 Alimentation CC, 0–20 V, 5 A
(115 V ou 230 V) 1003311 / 1003312

1 3B NET*log*™
(115 V ou 230 V) 1000539 / 1000540
1 3B NET*lab*™ 1000544

1 Jeu de 15 cordons à reprise arrière, 75 cm, 1 mm² 1002840

1 ordinateur fonctionnant sous Windows 98/2000/XP, avec Internet Explorer 6 ou version supérieure et prise USB

CONSIGNES DE SECURITE

Les tubes thermoioniques sont des cônes en verre à paroi mince sous vide. Manipulez-les avec précaution : risque d'implosion !

- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques.
- Évitez de soumettre le cordon de raccordement du collecteur à des contraintes de traction quelconques.

MONTAGE

- Engagez le tube au potentiel critique dans le support pour tube. Faites bien attention à ce que les broches de contact du tube s'engagent entièrement dans les ouvertures de contact du support prévues à cet effet. Le goujon médian de guidage du tube doit légèrement saillir à l'arrière du support.
- Raccordez les douilles F3 et F4 du support pour tube au pôle positif de la sortie du bloc d'alimentation continue et F4 au pôle négatif.
- Raccordez la douille C du support pour tube au pôle négatif de la sortie V_A de l'unité de commande ainsi qu'au pôle négatif du bloc d'alimentation continue.
- Raccordez la douille A1 au pôle positif de la sortie V_A de l'unité de commande ainsi qu'au pôle négatif de la batterie de 1,5 V.
- Raccordez le pôle positif de la batterie de 1,5 V à une douille de masse de l'unité de commande.
- Coiffez le tube de sa protection, poussez cette dernière avec son bord replié dans le logement du support pour tube, puis raccordez le tout à une douille de masse de l'unité de commande.
- Raccordez le cordon de raccordement du collecteur à l'entrée BNC de l'unité de commande.

RÉALISATION

Préparation :

- Réglez une tension minimale d'environ 16 V à la sortie V_A de l'unité de commande et une tension maximale d'environ 28 V ; ce qui se fera en utilisant l'interface 3B NET*log*™ et en mesurant les tensions très faibles (de l'ordre de 1 000) soit entre la douille 3 et la masse, soit entre la douille 4 et la masse.
- Connectez l'interface 3B NET*log*™ à l'ordinateur.
- Raccordez la sortie Fast 1 de l'unité de commande à l'entrée A et la sortie Fast 2 à l'entrée B de l'interface 3B NET*log*™.
- Lancez l'interface 3B NET*log*™, puis démarrez le programme informatique3B NET*lab*™.
- Sélectionnez « Laboratoire de mesures », puis créez un nouvel enregistrement.
- Sélectionnez les entrées analogiques A et B, puis toujours au mode de tension en continue (VCC) la plage de mesures 200 mV pour A et la plage de mesures 2 V pour B.
- Saisissez la formule I = -667 * « Input_B » (unité pA).
- Sélectionnez une plage de mesures égale à 50 µs, un temps de mesure égal à 0,05 s et un mode égal à Standard.
- À l'entrée A, activez un déclenchement à front montant (20 %).
- Réglez une tension de chauffage de 3,5 V sur le bloc d'alimentation continue.

Réglez les paramètres optionnels :

- Démarrez l'enregistrement des valeurs à mesurer.
- Établissez le diagramme où la valeur « temps relatif en s » est attribuée à l'axe X et la valeur I à l'axe Y.
- Afin d'affiner la courbe des mesures, procédez à plusieurs enregistrements de valeurs en augmentant à chaque mesure légèrement la tension de chauffage et ainsi optimiser les tensions d'accélération U_A minimale et maximale.

Comment calibrer la tension d'accélération :

- Dans le spectre, identifiez le pic 2^3S à 19,8 eV, puis déterminez sa position t_1 sur l'axe temporel.
- Identifiez la limite d'ionisation à 24,6 eV, puis déterminez sa position t_2 sur l'axe temporel.
- Saisissez la nouvelle formule du nom de E et la définition $19{,}8 + 4{,}8 * (t - t_1)/(t_2 - t_1)$ (unité eV); pour t_1 et t_2, les valeurs numériques obtenues seront saisies en s.
- Établissez le diagramme où la valeur E est attribuée à l'axe X et la valeur I à l'axe Y.
- Redémarrez l'enregistrement des valeurs à mesurer.

EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION

Tab. 1 : Valeurs des potentiels critiques de l'hélium citées dans la littérature pertinente

Terme	*E* / eV
2 ^{3}S	19,8
2 ^{1}S	20,6
2 ^{3}P	21,0
2 ^{1}P	21,2
3 ^{3}S	22,7
3 ^{1}S	22,9
4 ^{1}P	23,7
Ionisation	24,6

- Dans le diagramme mesuré, identifiez les potentiels critiques listés au tableau 1 (comparer à la figure 5).

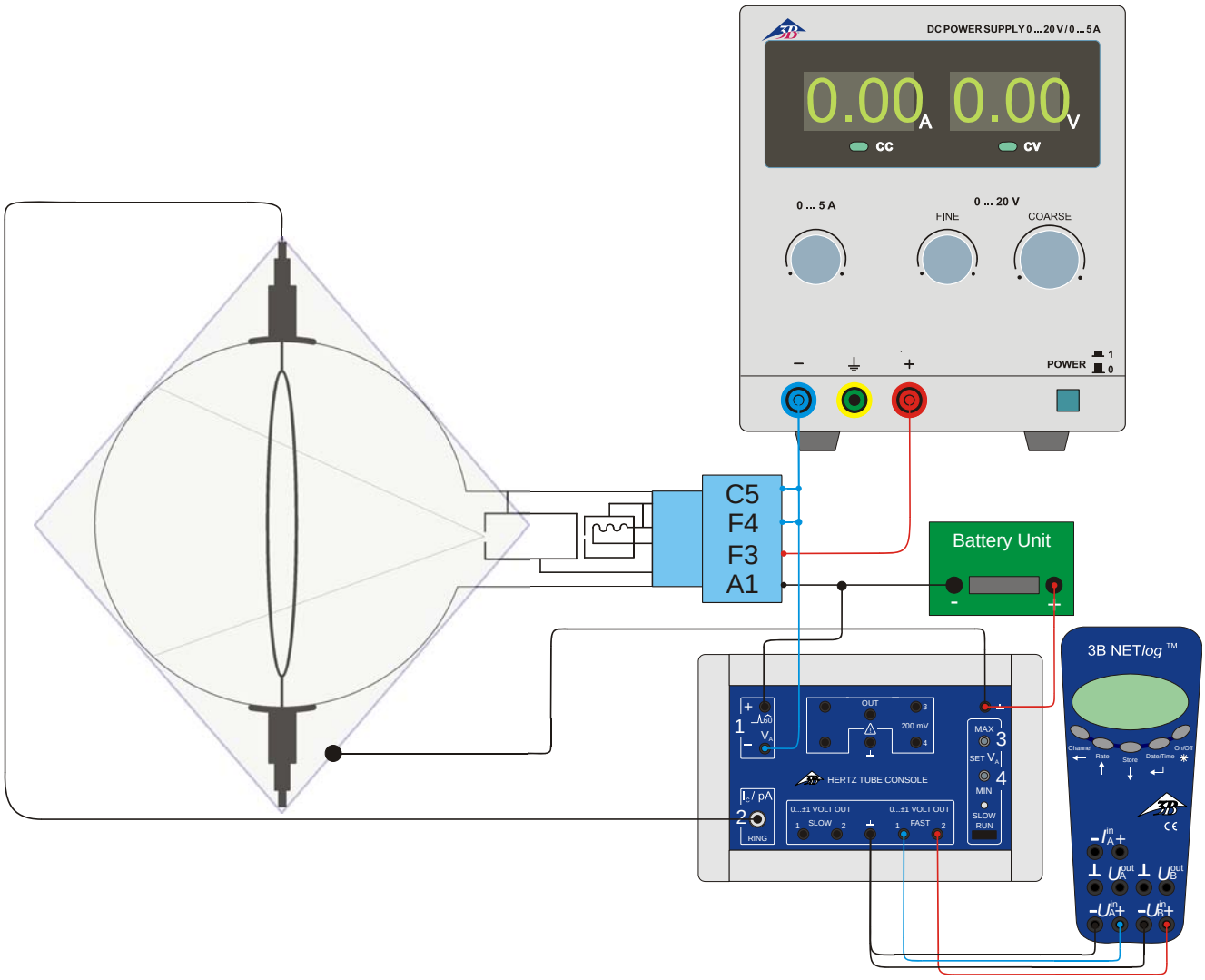

Fig. 3 : Dispositif de mesure permettant de déterminer les potentiels critiques de l'hélium

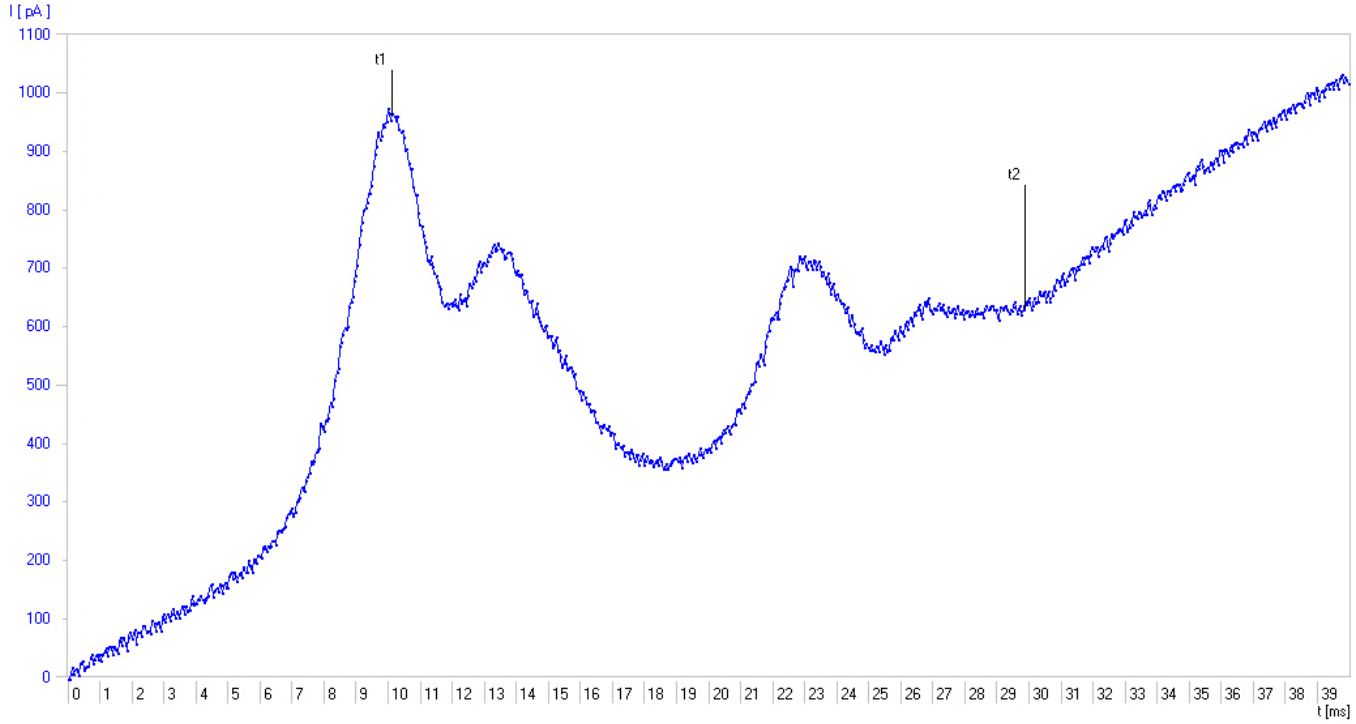

Fig. 4: Courant collecteur I_R en fonction du temps t.

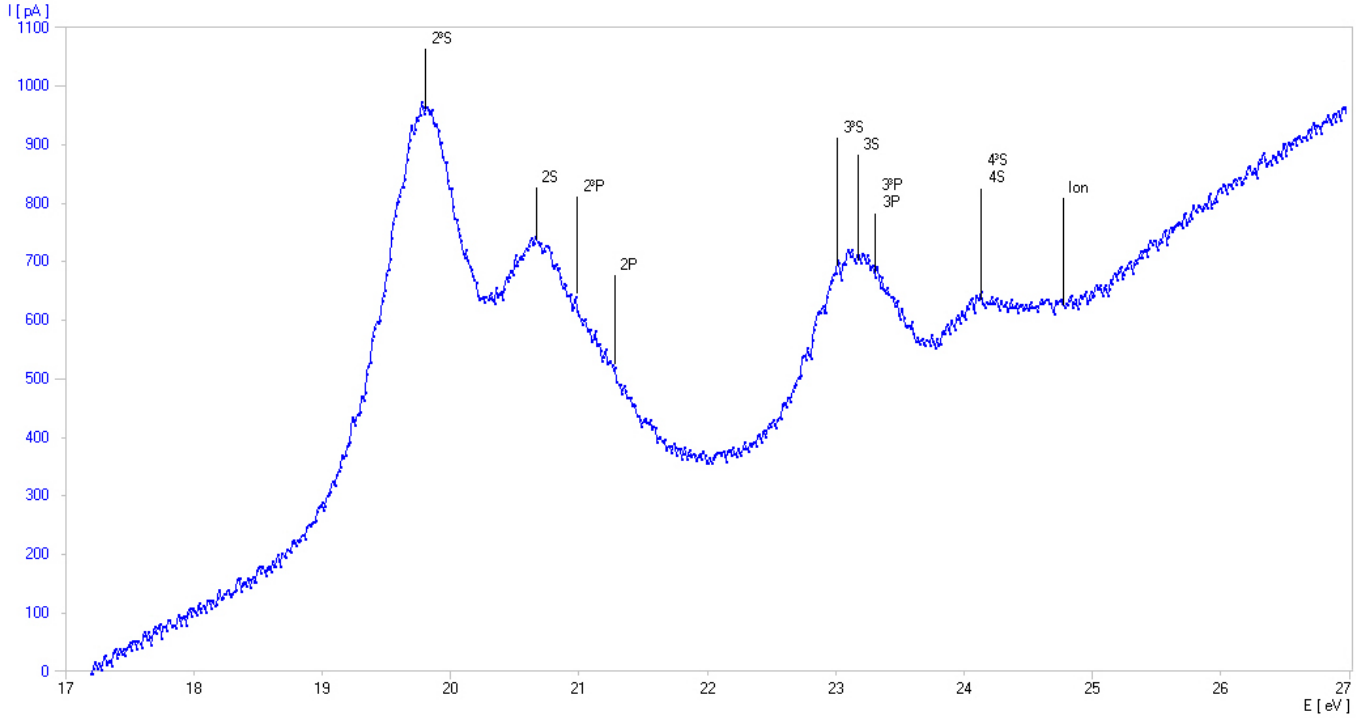

Fig. 5 :Courant collecteur I_R en fonction de la tension d'accélération U_A.

© Copyright 2013 3B Scientific GmbH