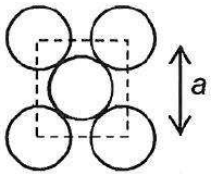
EXERCICE I : ONDES ET ÉLECTRONS (6 points)

En 1912, Max Von Laue soumet un cristal à des ondes électromagnétiques de courte longueur d'onde, les rayons X. Il découvre ainsi sa structure.

Les solides cristallins présentent au niveau atomique un arrangement parfaitement ordonné et régulier dans trois directions de l'espace. Cet arrangement est caractérisé par la distance *a* entre deux entités (atomes, ions, molécules). Cette distance est de l'ordre de 0,1 nm. Les solides cristallins ont la propriété de diffracter une onde de longueur d'onde dont la valeur est voisine de la distance *a*.



1. Diffraction d'un faisceau d'électrons

Les deux représentations ci-dessous montrent la figure de diffraction d'un faisceau de rayons X (à gauche) et d'un faisceau d'électrons (à droite) après passage au travers d'une fine feuille faite de petits cristaux d'aluminium.

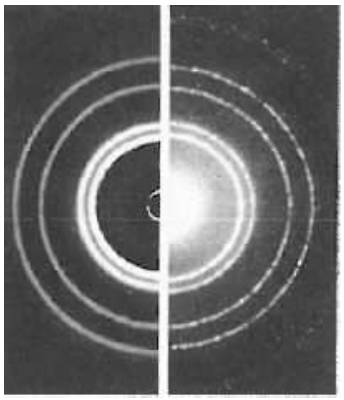


Figure 1

Source : A.P. French and Edwin F. Taylor, Introduction to Quantum Physics, New York : W.W.Norton. 1978

1.1. Quelle condition sur la longueur d'onde permet d'observer le phénomène de diffraction ?

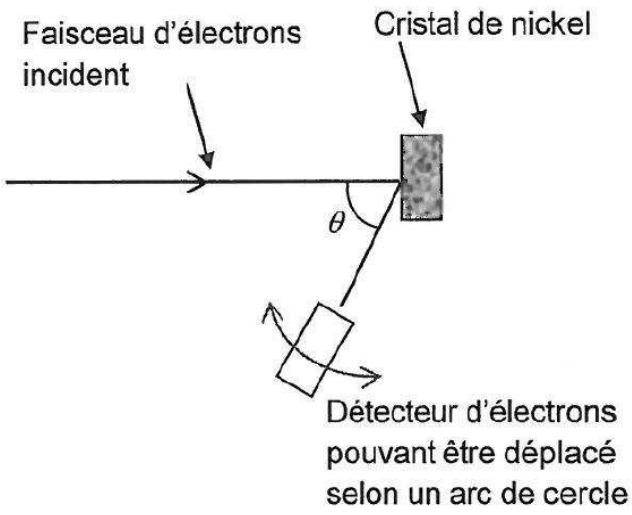
1.2. Expliquer en quoi la figure 1 illustre l'hypothèse d'un comportement ondulatoire des électrons.

1.3. Donner la relation de De Broglie qui prend en compte ce comportement ondulatoire des électrons. Quelle est sa signification ?

En 1927, les américains C.J. Davisson et L. Germer apportent la première preuve expérimentale du comportement ondulatoire de particules de masse non nulle.

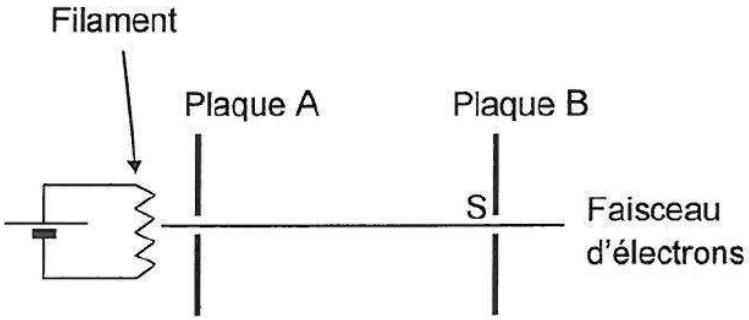
Ils observent ainsi la diffraction d'un faisceau d'électrons de vitesses identiques, par un cristal de nickel.

Le schéma de principe du montage expérimental de Davisson et Germer est représenté ci-contre.



2. Obtention du faisceau d'électrons

Dans l'expérience de Davisson-Germer, des électrons émis sans vitesse initiale par un filament sont accélérés par le champ électrostatique horizontal supposé uniforme qui règne entre deux plaques planes verticales A et B aux bornes desquelles on applique une tension électrique de l'ordre de 100 V.



Données :

- masse d'un électron : $m = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg ;
- charge électrique élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- la valeur de l'intensité de la pesanteur est supposée connue du candidat ;
- la distance d entre les plaques est inférieure à 1 m ;
- deux plaques séparées d'une distance d et aux bornes desquelles on applique une tension U créent entre elles un champ électrostatique d'intensité $E = \dfrac{U}{d}$

2.1. Montrer que le poids de l'électron peut être négligé devant la force électrique qu'il subit.

2.2. Représenter sur un schéma la force électrique $\vec{F}$ subie par l'électron entre les plaques et le champ électrostatique $\vec{E}$. Justifier cette représentation.

2.3. Montrer qu'en sortie S du dispositif, l'expression de la vitesse v_S d'un électron est : $v_S = \sqrt{\frac{2e.U}{m}}$.

Pour ce faire, on pourra déterminer les équations horaires du mouvement d'un électron entre les deux plaques A et B en considérant que sa vitesse est nulle à l'entrée du dispositif.

Les éléments de la démarche, même partielle, seront valorisés.

2.4. Pour observer la diffraction du faisceau d'électrons par le nickel, la longueur d'onde de l'onde de matière associée doit être de l'ordre de grandeur de la distance *a* caractérisant ce solide cristallin, soit environ 0,1 nm.

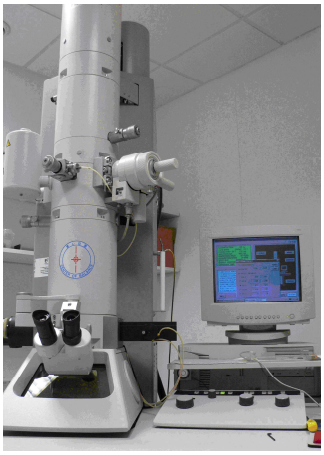
2.4.1. Montrer que dans ce cas l'expression de la tension *U* est donnée par :

$$U = \frac{h^2}{2m.e.\lambda^2}$$

2.4.2. Retrouver l'ordre de grandeur de la valeur de la tension *U* que Davisson et Germer ont dû choisir pour leur expérience.

3. Une application technologique du phénomène : le microscope électronique

S'appuyant sur les résultats de Davisson-Germer, deux chercheurs allemands (E.Ruska et M.Knoll) ont conçu en 1931 un prototype de microscope électronique utilisant un faisceau d'électrons accélérés par une tension *U* de l'ordre de 100 kV.



Sachant que la résolution (plus petite distance séparant deux objets que l'on peut distinguer) d'un microscope optique ou électronique est proportionnelle à la longueur d'onde du rayonnement utilisé, expliquer en quelques lignes une raison qui a pu motiver les chercheurs à se lancer dans l'élaboration d'un microscope électronique.