

### Document 1 : Diffraction and Interference with Fullerenes: Wave-particle duality of C60

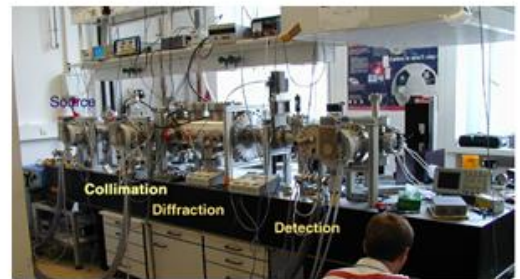
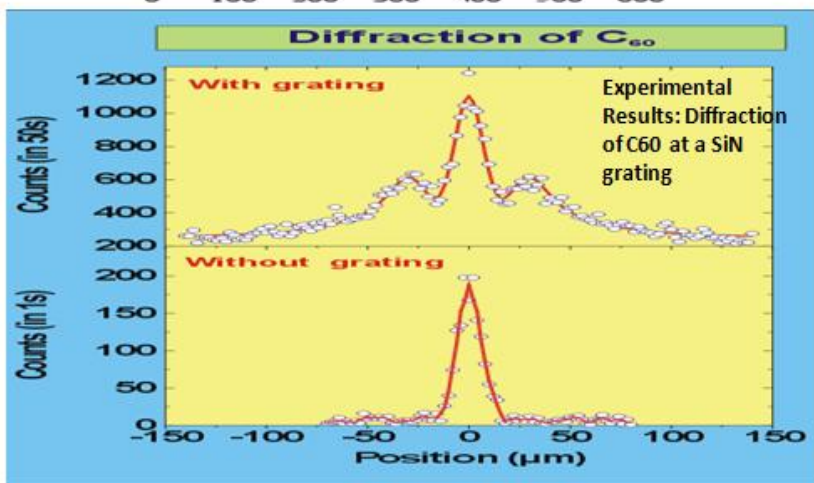
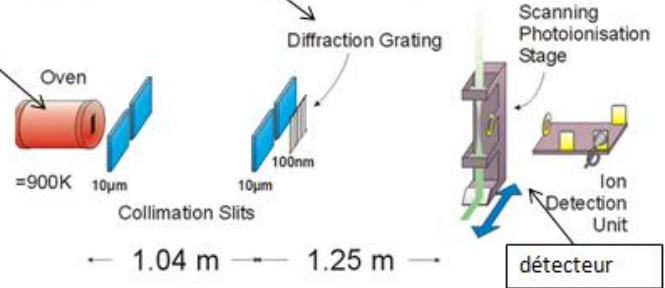
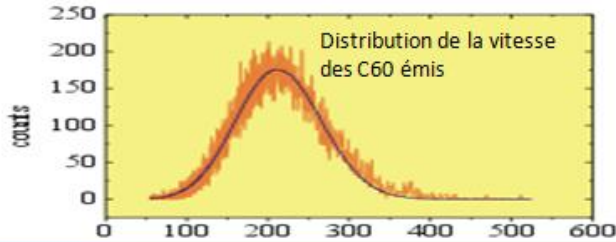


Un fullerène est une molécule composée de carbone pouvant prendre une forme géométrique rappelant celle d'une sphère. C<sub>60</sub> est le plus commun des fullerènes. Le diamètre de la molécule C<sub>60</sub> est d'environ 1 nm.

#### Expérience de diffraction

La poudre de C<sub>60</sub> est chauffée entre 600 et 700°C dans un four

Le pas du réseau ( SiN ) fabriqué spécialement au MIT est de 100 nm

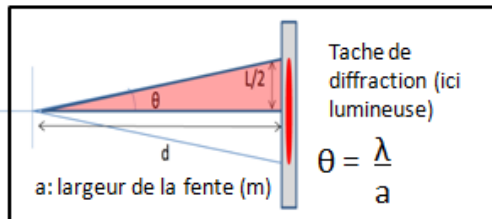


"Wave-particle duality of C<sub>60</sub>"

Markus Arndt, Olaf Nairz, Julian Voss-Andreae, Claudia Keller, Gerbrand van der Zouw, and Anton Zeilinger  
Nature 401, 680-682, 14 October 1999



#### Données:



-Toute particule en mouvement peut être associée à une longueur d'onde selon la relation:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

Constante de Planck :  $6.63 \times 10^{-34}$  J.s  
Longueur d'onde associée en m  
Quantité de mouvement en kg.m/s

Masse molaire :  $M_c = 12$  g/mol    Constante d'Avogadro :  $N_A = 6.022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>

#### Questions:

- A- La molécule C<sub>60</sub> appelé aussi footballène ou Buckminsterfullerène a fait l'objet d'une expérience de diffraction à l'université de Vienne en Autriche pour vérifier le caractère ondulatoire de la matière.
- Justifier à l'aide d'un des documents que l'on montre bien que les molécules se sont diffractées. Peut-on dire que ces grosses molécules C<sub>60</sub> se sont comportées comme des ondes.
  - Calculer en kg la masse d'une molécule C<sub>60</sub>.
  - Quelle est la vitesse la plus courante à laquelle sont émises les molécules C<sub>60</sub> ? en déduire la quantité de mouvement d'une molécule C<sub>60</sub>.
  - Calculer la longueur d'onde associée à cette molécule.
  - Trouver l'angle  $\theta$  de la demi-ouverture de la tache centrale de diffraction. Calculer la largeur L de la tache centrale en  $\mu\text{m}$ . Vérifier ce résultat sur un des graphiques de l'expérience.
- B- Comme pour avoir une diffraction, il faut des objets de taille comparable à la longueur d'onde, dans la vie courante on ne peut pas observer les effets dus à la nature ondulatoire des objets macroscopiques.
- Calculer la longueur d'onde associée à un ballon de foot de masse 450g dont la vitesse est de 100 km/h.

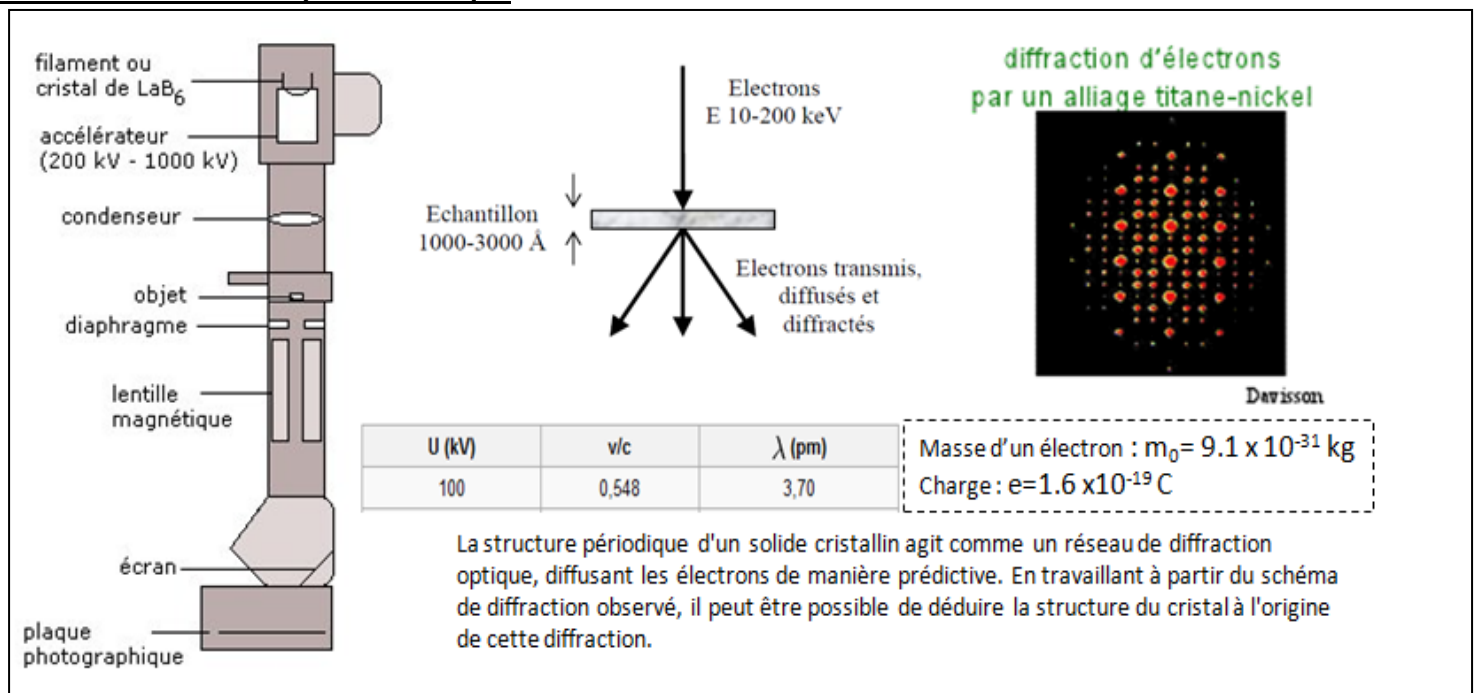
- 2- Existe-t-il des objets de taille comparable à cette longueur d'onde pouvant permettre d'observer une tache de diffraction avec un ballon de foot.

### C- Microscope électronique

Un microscope électronique utilise un faisceau de particules d'électrons pour illuminer un échantillon et en créer une image très agrandie. Pour un faisceau d'électrons accéléré sous 100 kV leur vitesse est de  $v = 0.548 \times c$  ( $c = 3 \times 10^8$  m/s : vitesse de la lumière)

- 1- Calculer la longueur d'onde associée à ces particules.
- 2- On ne retrouve pas le résultat pour  $\lambda$  indiqué dans le tableau du document car nous n'avons pas tenu compte de quel effet ?
- 3- En réalité pour calculer  $\lambda$  il faut appliquer cette formule :  $\lambda_e = \frac{h}{\sqrt{2m_0eU(1 + \frac{eU}{2E_0})}}$  avec  $E_0 = m_0c^2$  calculer  $\lambda$ .
- 4- Justifier le fait que l'on puisse diffracter des électrons à travers un alliage du type titane nickel sachant que la distance interatomique dans un réseau cristallin est de l'ordre de  $10^{-10}$  m.
- 5- Aurait-on pu obtenir cette image de diffraction à l'aide de la lumière visible.
- 6- A quoi peut donc être utile cette image de diffraction obtenue avec ce microscope électronique ?

### Document 2 : microscope électronique



**diffraction d'électrons par un alliage titane-nickel**

U (kV)	v/c	$\lambda$ (pm)
100	0,548	3,70

Masse d'un électron :  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$  kg  
 Charge :  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C

La structure périodique d'un solide cristallin agit comme un réseau de diffraction optique, diffusant les électrons de manière prédictive. En travaillant à partir du schéma de diffraction observé, il peut être possible de déduire la structure du cristal à l'origine de cette diffraction.

### Document 3 : ballon de football

Le ballon de football, normalisé par la Fédération internationale de football association (FIFA), a la forme d'un icosaèdre tronqué comme la molécule C60.

Ses caractéristiques sont définies par la Loi 2 du football de International Board. Elles ont été arrêtées en 1837. Le ballon doit être sphérique, en cuir ou dans une autre matière adéquate, avoir une circonférence de 70 cm au plus et de 68 cm au moins (soit un **diamètre de 22 cm**), une masse de **450 g** au plus et de 410 g au moins au début du match et une sous pression se situant entre 0,6 (pour les ballons de futsal) et 1,1 atmosphère (600 - 1100 g/cm<sup>2</sup>).

