

# LP39 – Aspect ondulatoire de la matière. Notion de fonction d'onde.

---

AGRÉGATION EXTERNE DE PHYSIQUE-CHIMIE, OPTION PHYSIQUE

# Introduction



Louis de Broglie  
1923

*« Les corpuscles matériels, tout comme les photons, peuvent avoir un aspect ondulatoire »*

# I. Onde associée à une particule

## 1. Une question de longueur

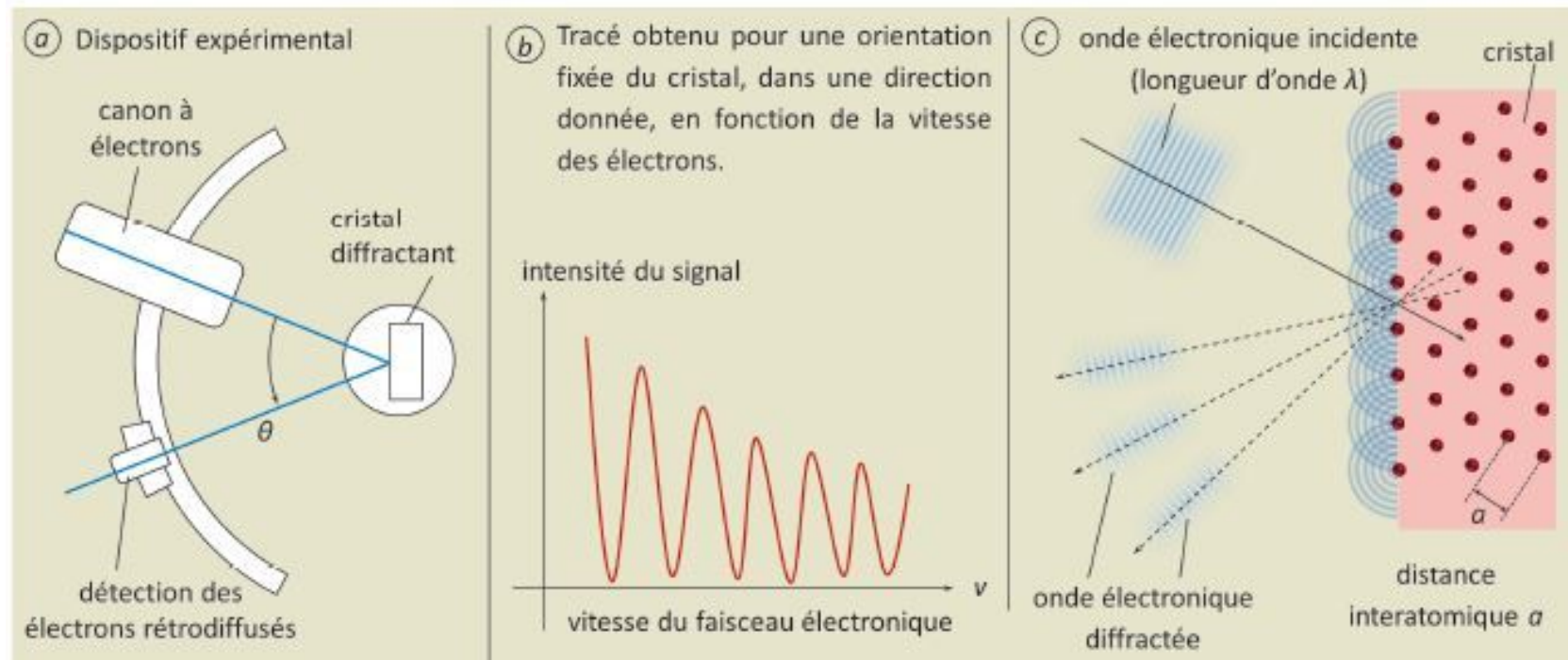
Particule	Coureur	Balle de tennis	Poussière	Neutron thermique	Neutron ultra froid	Electron à $c/10$
Masse (kg)	70	$55 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	$9,1 \cdot 10^{-31}$
Vitesse (m/s)	3,5	50	$10^{-9}$	2000	19	$3 \cdot 10^7$
Longueur d'onde de de Broglie (m)	$2,70 \cdot 10^{-36}$	$2,4 \cdot 10^{-34}$	$6,6 \cdot 10^{-22}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$2,4 \cdot 10^{-11}$

# I. Onde associée à une particule

## 2. Mise en évidence expérimentale



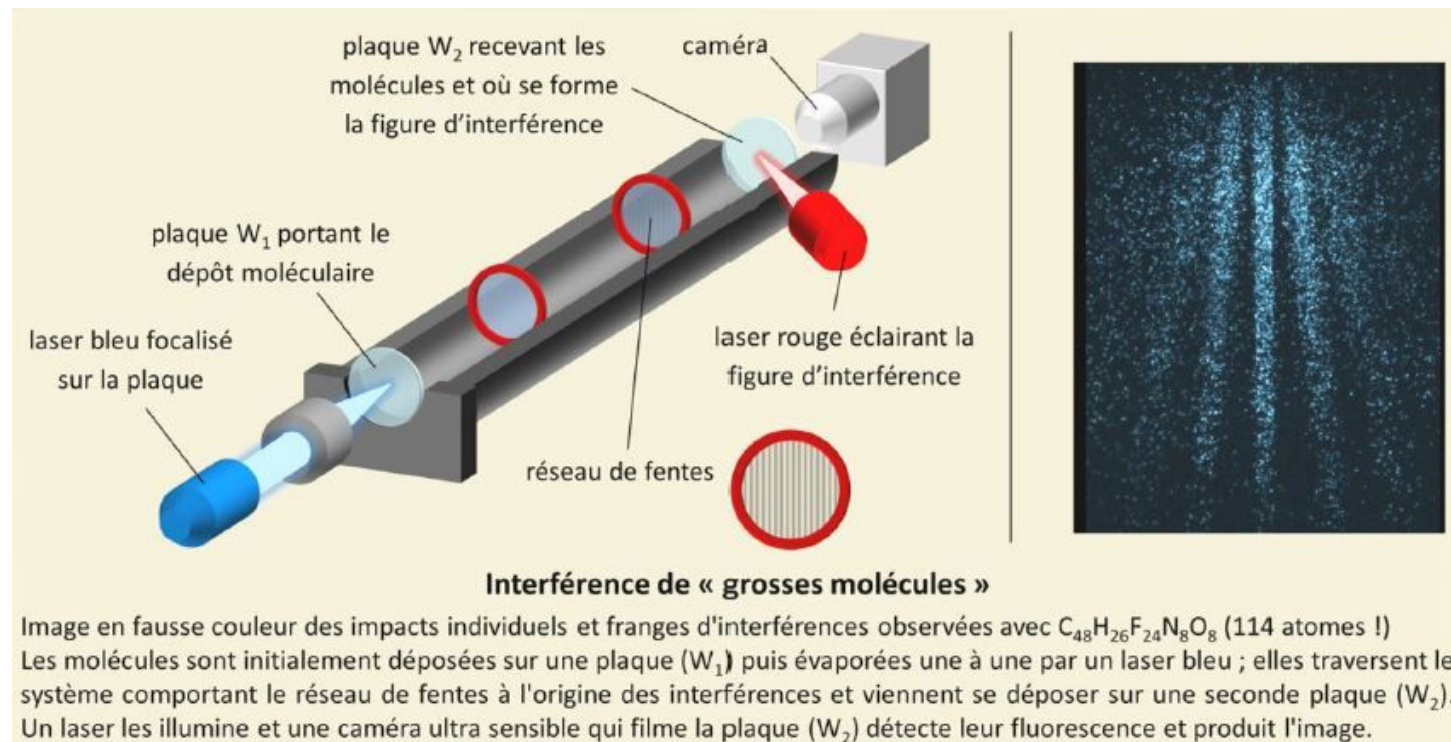
Davisson et Germer  
1927



# I. Onde associée à une particule

## 2. Mise en évidence expérimentale

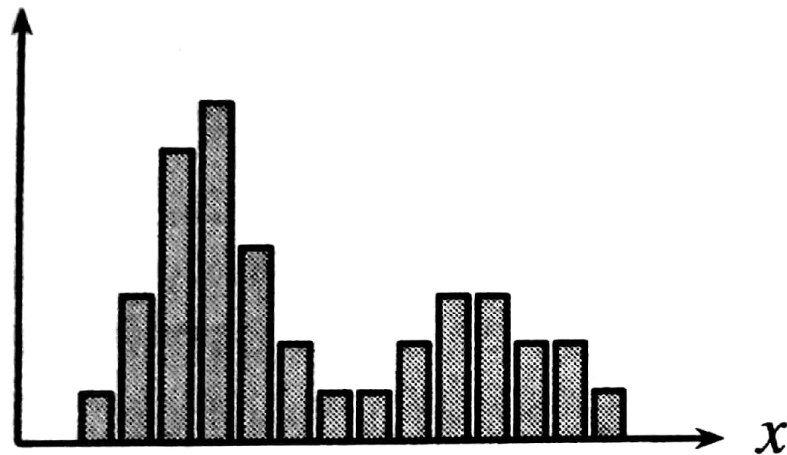
- **1960** - Fentes d'Young pour des électrons (C. Jönsson)
- **1974** - interféromètre de type Mach-Zehnder avec un monocristal de silicium (Rauch, Treimer, Bonse)
- **1992** - Fentes d'Young pour des atomes de Néon refroidis par laser (F.Shimizu)
- **2012** - Interférences de plus grosses molécules. (T.Juffman)



# II. Formalisme de l'onde de probabilité

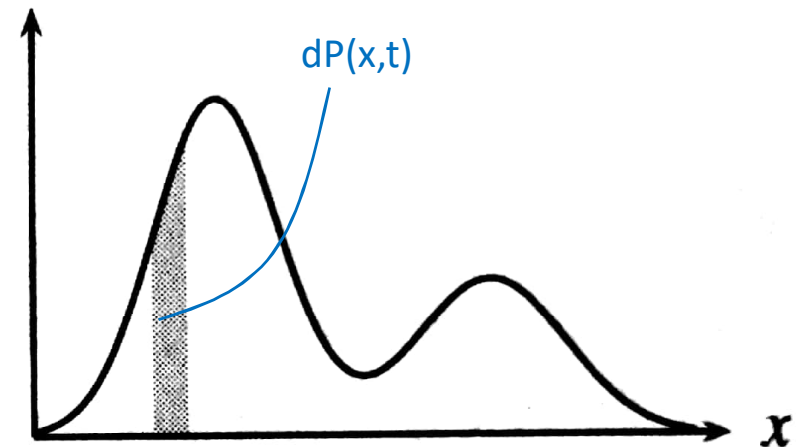
## 2. Interprétation probabiliste

Nombre de mesures



N mesures indépendantes de la position

$|\psi(x,t)|^2$



Mesure de la position de N particules indépendantes, identiques

# III. Dynamique de la fonction d'onde

## 4. Principe d'indétermination quantique

---



Werner Heisenberg -1927

$$\langle Y \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\langle Y^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2$$

$$\Delta Y = \sqrt{\langle Y^2 \rangle - \langle Y \rangle^2}$$

On ne peut pas attribuer simultanément à une particule quantique une position rigoureusement précise et une impulsion rigoureusement précise. Il existe une limitation intrinsèque à la définition simultanée de la position et de l'impulsion imposée par

**l'inégalité de Heisenberg :**

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

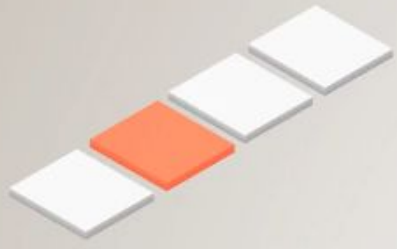
# Merci pour votre attention !

---

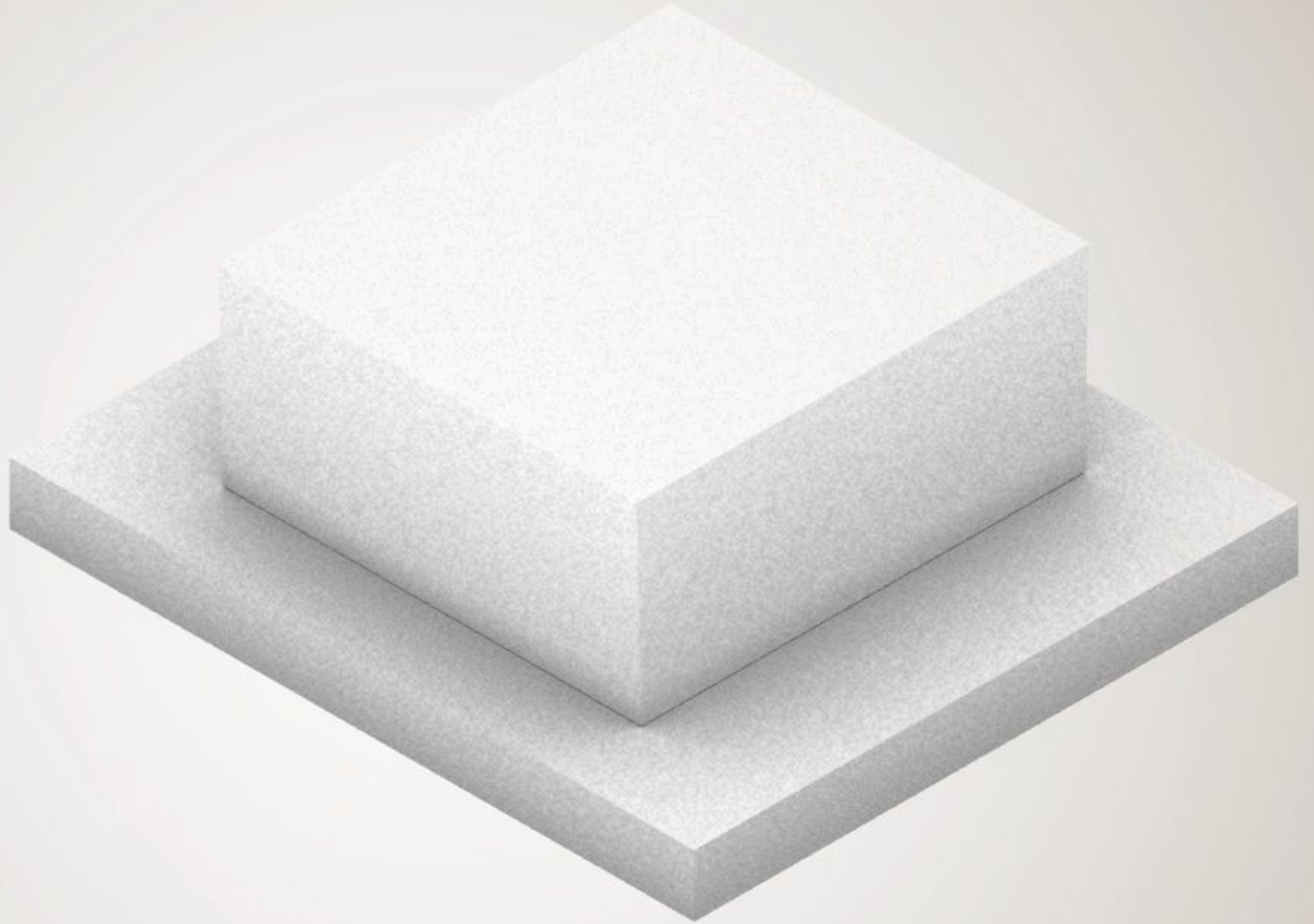
AGRÉGATION EXTERNE DE PHYSIQUE-CHIMIE, OPTION PHYSIQUE

Jules FILLETTE

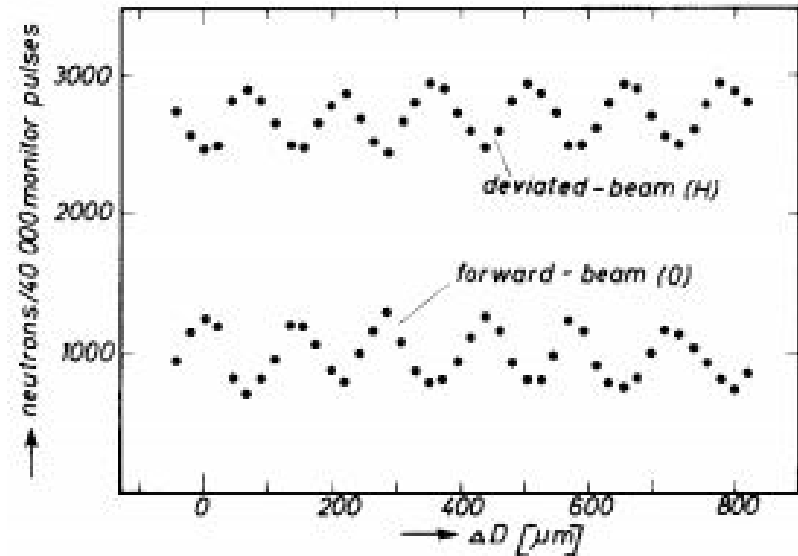
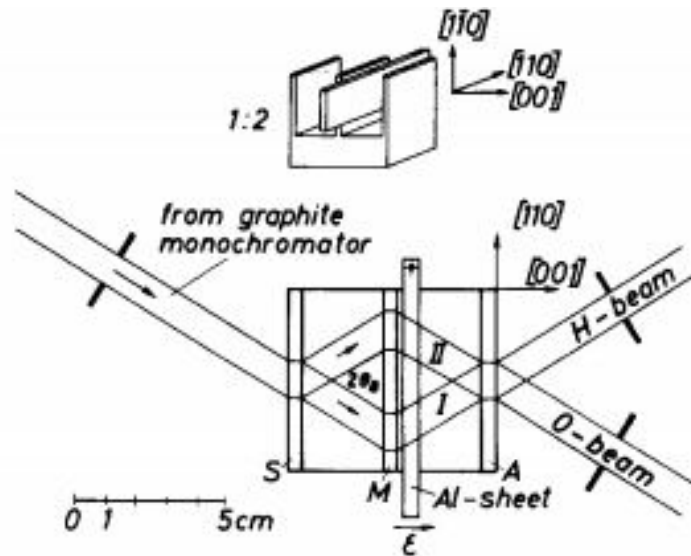




**QUANTIFICATION**



- **1974** interféromètre de type Mach-Zehnder avec un monocristal de silicium



(Rauch, Treimer, Bonse, « Test of a single crystal neutron interference », Physics Letters A 47)

- **1960** Fentes d'Young pour des électrons (C.Jönsson)
- **1992** Fentes d'Young pour des atomes de Néon refroidis par laser (F.Shimizu)