

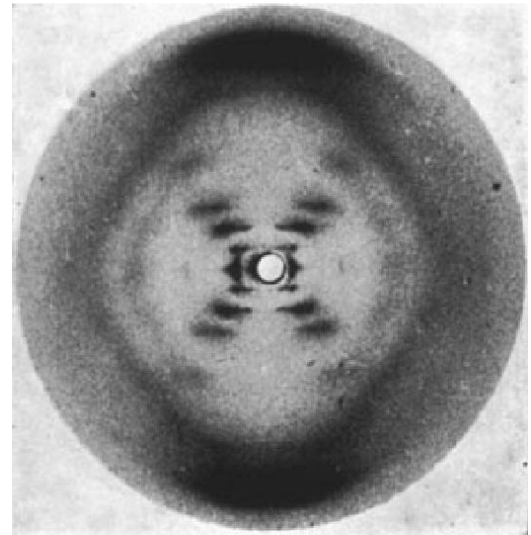
TP : La découverte de la structure de l'ADN par diffraction

Objectif

Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.

Contexte

Au début des années cinquante, l'ADN reste encore un mystère pour les biologistes. Rosalind Franklin, biologiste moléculaire britannique (1920 – 1958), utilisa la diffraction de rayons X pour déterminer la structure de l'ADN. Le cliché obtenu par diffraction de rayons X (voir ci-contre) fut montré à son insu à James Watson et Francis Crick par Wilkins, son collègue de laboratoire. « A l'instant où je vis la photo, j'en suis resté bouche bée et mon cœur se mit à battre la chamade » raconta par la suite James Watson. La simple vue du cliché lui permit de comprendre la structure en double hélice de l'ADN ; quelques mois plus tard, en 1953, Watson et Crick publiaient leur découverte pour laquelle ils obtinrent le prix Nobel de médecine en 1962.

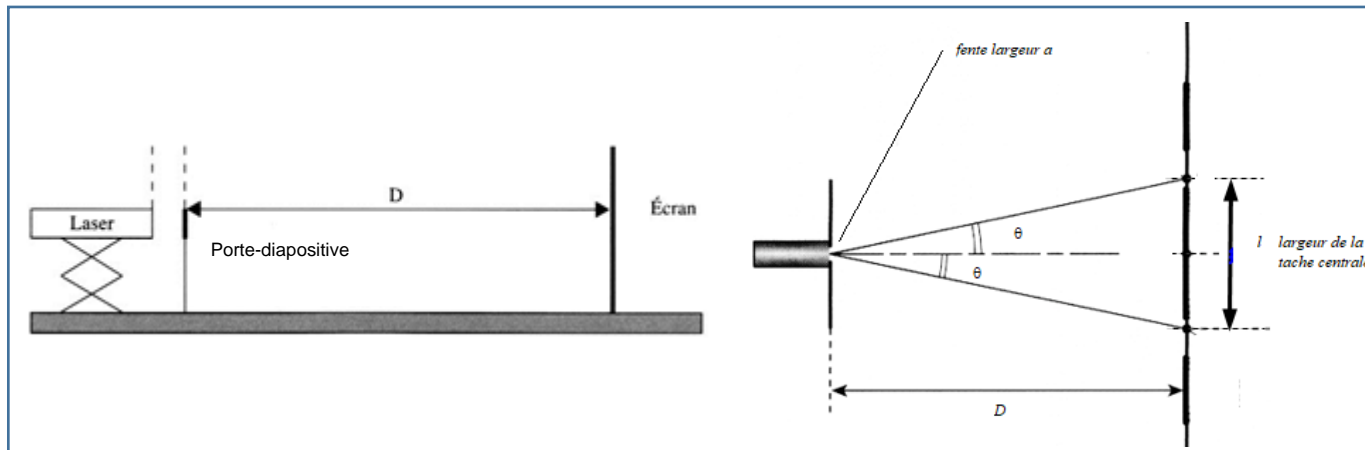


Rosalind Franklin mourut prématurément en 1958 d'un cancer provoqué par ses recherches ; le prix Nobel ne pouvant être attribué à titre posthume, elle ne fut pas associée à l'une des découvertes les plus fondamentales du XXème siècle. Pourtant, dans des notes retrouvées plus tard et datant de 1951, Rosalind Franklin avait déjà écrit : « Les résultats obtenus suggèrent une structure en hélice contenant 2, 3 ou 4 chaînes coaxiales d'acides nucléiques, possédant des groupes phosphate en périphérie ».

A la vue du cliché 51, un néophyte n'a pas la révélation qu'a eue l'oeil exercé de Watson ou Franklin. On se propose ici de retrouver les caractéristiques de la molécule d'ADN à partir de l'interprétation du cliché obtenu par Franklin.

Ressources

Document 1 : Montage permettant d'observer la diffraction de la lumière



Document 2 : Ecart angulaire

L'angle θ est l'angle formé entre la direction de propagation de l'onde en l'absence de diffraction et la direction définie par le milieu de la première extinction.

Dans le cas de la diffraction d'une onde lumineuse monochromatique de longueur d'onde λ par une fente de largeur a (ou un fil de diamètre a), l'écart angulaire θ a pour expression

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

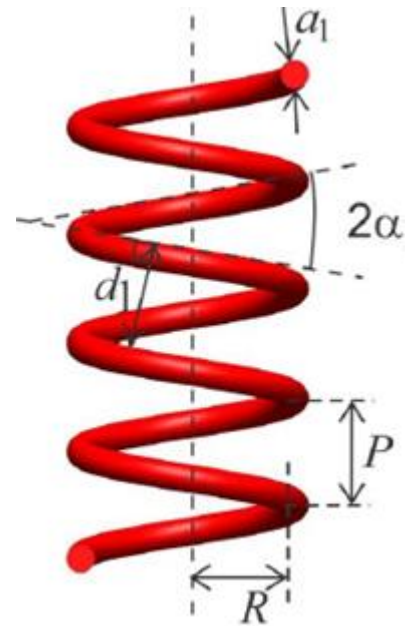
Matériel mis à disposition :

- source laser
- lampe de bureau
- ordinateur + Regressi
- Banc optique
- Ecran avec papier millimétré
- Rapporteur
- ressort de stylo 4 couleurs sur support
- fil de ressort détricoté et tendu.
- Diapo vide + scotch (pour poser un cheveu)
- Deux fils croisés à 90° sur support
- Deux fils croisés à environ $60/120^\circ$
- jeton avec des fentes calibrées + la notice

1. Modélisation de l'expérience de Franklin

On souhaite modéliser une molécule d'ADN par un ressort de stylo 4 couleurs et retrouver les paramètres d'une molécule :

- 2α : angle entre deux chaînes.
- a_1 : épaisseur du fil
- p : pas de l'hélice
- R : Rayon de l'hélice.
- d_1 : distance entre deux chaînes.



- 1.1. Eclairer le ressort avec un laser et comparer la figure de diffraction avec celle de l'ADN donnée dans le contexte. En déduire si la modélisation d'une chaîne d'ADN par un ressort est pertinente.

2. Etude qualitative d'une figure de diffraction

On cherche à étudier les différents paramètres ayant une influence sur la figure de diffraction due à un fil.

- 2.1. En utilisant le matériel à disposition, élaborer un protocole permettant cette étude en complétant le tableau suivant : **Y a-t-il une influence sur la figure de diffraction, ...**

Paramètre étudié	OUI	NON
... lorsqu'on fait varier la distance entre le laser et le fil. (Attention à ne faire varier que cette distance avant de conclure)		
... lorsqu'on fait varier la distance D entre le fil et l'écran.		
... lorsqu'on fait varier le diamètre du fil a ? (Utiliser un cheveu)		
... lorsqu'on fait varier la direction du fil n'est pas verticale ?		

On ajoute un deuxième fil de même diamètre et qui croise le premier fil. On dispose de deux diapositives avec des angles différents entre les fils.

- 2.2. Etudier l'influence de l'angle entre les deux fils sur le cliché de diffraction et en déduire si les angles sont conservés.

3. Etude quantitative

Remplacer le fil par une fente fine de largeur a connue.

- 3.1. Comparer la figure de diffraction obtenue avec une fente par rapport à celle obtenue par un fil.
- 3.2. l est la largeur de la tache centrale. Proposer puis réaliser un protocole permettant de déterminer l le plus précisément possible.
- 3.3. Renouveler le protocole pour les autres fentes disponibles.
- 3.4. Préciser les unités des grandeurs intervenant dans la relation donnée dans le document 2.
- 3.5. Pour les petits angles, on peut se placer dans l'approximation où $\tan(\theta) \approx \theta$ (rad). A l'aide d'un **schéma, établir** la relation entre θ , l et D .
- 3.6. En déduire l'**expression de a** en fonction de l , D et λ .
- 3.7. Utiliser les mesures effectuées afin de tracer une droite d'étalonnage permettant d'obtenir le diamètre a d'un fil inconnu.
- 3.8. Déterminer le diamètre a du fil du ressort.

4. Passage du modèle à la réalité de la molécule d'ADN

La détermination expérimentale de la distance d entre deux chaînes à partir de la tache de diffraction est possible mais un peu plus délicate.

- 4.1. Montrer que la connaissance de d_l permettrait de connaître le pas p du ressort.

La confirmation expérimentale de la structure en double hélice est apportée par deux autres articles publiés dans le même numéro du 25 avril 1953 de *Nature* et placés immédiatement à la suite de l'article de Watson et Crick. Les clichés de cristallographie obtenus d'une part par Maurice H.F. Wilkins (1916-2004, prix Nobel en 1962 avec Watson et Crick) et collaborateurs, et d'autre part par Rosalind E. Franklin (1920-1958) et R.G. Gosling (né en 1926) – d'une qualité très supérieure – permettent de cerner certaines propriétés caractéristiques de la structure de la molécule d'ADN dont le pas de l'hélice : 3,4 nm. Mais la résolution limitée de ces clichés ne permet pas de remonter à la structure atomique. L'exploit inédit – et à ce jour non réédité – de Watson et Crick est d'avoir induit la vraie structure de la double hélice d'ADN par des arguments théoriques.

- 4.2. A partir du pas p de l'hélice et du cliché obtenu, déterminer le diamètre de l'hélice d'ADN et le comparer avec le diamètre d'un ADN qui est typiquement de 2,3 nm.

