

A. Lemonnier et S. de Reguardati, R. Spira, R. de Tourris, F. Briand, enseignantes

---



## Le cliché 51 de Rosalind Franklin

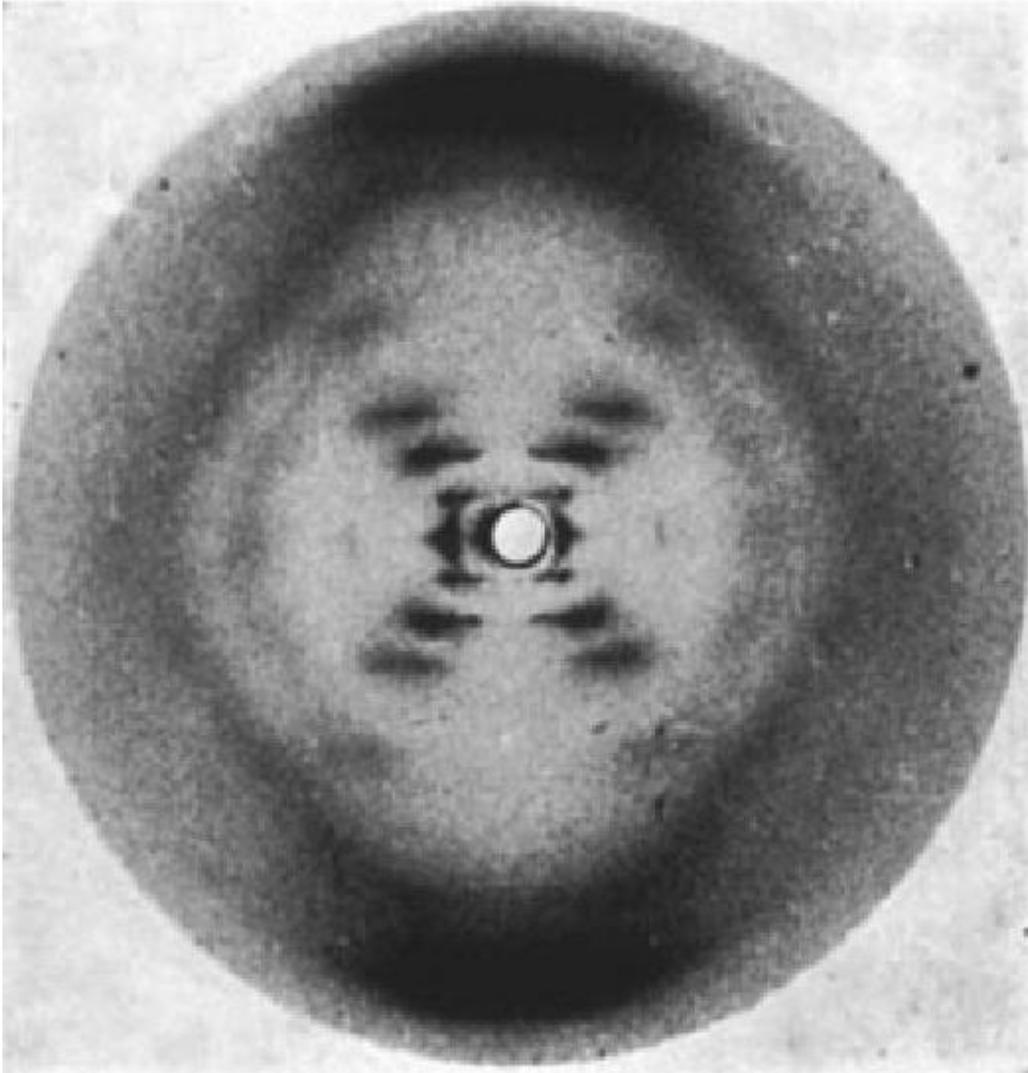
**Objectif : Réaliser la figure de diffraction d'un ressort et, par analogie, comprendre la démarche de Rosalind Franklin lorsqu'elle a interpréter son cliché 51**

### La découverte

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 XX<sup>ème</sup> 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'œil 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.



*cliché 51 de Rosalind Franklin*

## Comprendre le phénomène de diffraction

**Matériel** : Diode L.A.S.E.R., fils de différents diamètres, écran, mètre ruban, règle.

### Comment connaître la direction d'un objet diffractant ?

Observer la figure de diffraction sur un écran obtenue par un fil placé à la distance D de l'écran.

1. Comment varie la figure de diffraction avec la distance D ?
2. Comparer la direction du fil par rapport à celle de la figure de diffraction.
3. Placer un deuxième fil qui croise le premier fil. Qu'observez-vous ?
4. Analyser l'influence de l'angle entre les deux fils sur le cliché de diffraction afin de déterminer si l'on peut, en observant l'image de diffraction, en déduire l'angle des deux fils.

### Comment connaître le diamètre d'un fil ?

L'interfrange  $i$  est la distance séparant deux franges obscures.

1. Proposer un protocole permettant de déterminer  $i$  le plus précisément possible.
2. Renouveler votre protocole pour les 4 autres fils.

On montre que :  $i = \frac{\lambda D}{a}$ , avec  $\lambda$  la longueur d'onde du laser en m.

3. Utiliser ces mesures afin de tracer une courbe d'étalonnage permettant d'obtenir simplement le diamètre  $a$  d'un fil inconnu.

## Structure de l'ADN mis en évidence par diffraction

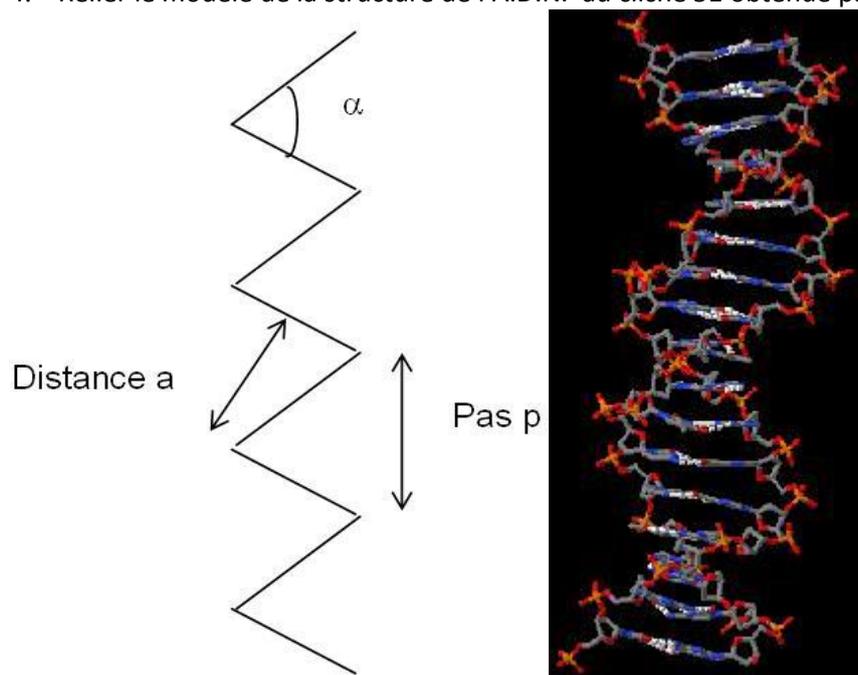
**Matériel :** Diode L.A.S.E.R., ressort, écran, mètre ruban, règle, rapporteur, ressort de stylo à bille, lentilles.

### Complément de protocole

On peut élargir le faisceau L.A.S.E.R. à l'aide d'un ensemble de deux lentilles  $L_1$  (+10  $\delta$ ) puis  $L_2$  (+4  $\delta$ ) séparées d'environ 35 cm afin d'éclairer plusieurs spires du ressort ; faites bouger la lentille  $L_2$  afin d'avoir une image ponctuelle du L.A.S.E.R.. Ce réglage permet pour certains ressorts d'avoir une meilleure définition de l'image.

En s'appuyant uniquement sur la figure de diffraction :

1. Déterminer le diamètre du fil a constitutif du ressort.
2. Mesurer l'angle  $\alpha$  entre deux enroulements successifs (voir figure ci-dessous)
3. Déterminer le pas du ressort p. (voir figure ci-dessous)
4. Relier le modèle de la structure de l'A.D.N. au cliché 51 obtenue par Rosalind Franklin



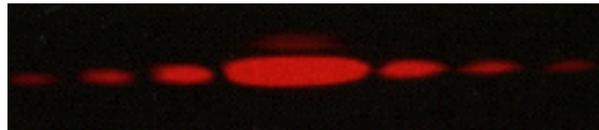
5. Pourquoi ont-ils utilisés des rayons X ?

## Correction

### Le phénomène de diffraction

Pour observer le phénomène, l'écran doit être placé à au moins 20 cm du fil diffractant. Plus l'écran est éloigné et plus la figure est grande et se trouve dans une direction perpendiculaire à la direction du fil.

Exemple d'image obtenue avec un fil vertical :



La tâche centrale mesure le double des autres tâches de diffraction.

En croisant deux fils on observe la superposition de leur figure de diffraction individuelle. L'angle entre les directions des figures de diffraction correspond à l'angle entre les fils, ce qui est aisément vérifiable à l'aide d'un rapporteur.

Pour des figures plus complexes, télécharger le [POSTER](#)

[www.physifolies.fr/evts/posters/003-1.pdf](http://www.physifolies.fr/evts/posters/003-1.pdf)

L'interfrange  $i$  est la distance séparant deux franges obscures. Le motif étant régulier, on réduit l'erreur en mesurant plusieurs interfranges, sachant que la tâche centrale compte double. L'incertitude sur  $i$  tient compte de la largeur de la bande sombre et de l'erreur de lecture à la règle.

$$i = \frac{\lambda D}{a}, \text{ avec } \lambda \text{ la longueur d'onde du laser en m.}$$

En gardant les mêmes conditions expérimentales, on trace une droite d'étalonnage  $a=f(1/i)$ .

Si on souhaite connaître la largeur d'un fil, il faut se placer dans les mêmes conditions expérimentales, donc avec la même distance  $D$  de l'écran et le même laser de longueur d'onde  $\lambda$ . On mesure l'interfrange  $i$  pour ce fil inconnu et grâce aux mesures précédentes, on lit la valeur de  $a$  sur le graphe proportionnel  $a=f(1/i)$ .

### Structure de l'ADN mis en évidence par diffraction

On observe une croix avec des pics d'intensité qui contiennent des petites interfranges en  $y$  regardant de plus près.

La croix va nous donner l'information sur l'angle du zig-zag que forme notre filament vu de profil. L'interfrange de l'enveloppe d'intensité sur les branches de la croix nous informe sur le diamètre du fil.

La très faible inter frange nous informe sur le pas de l'hélice que forme notre fil spiralé.



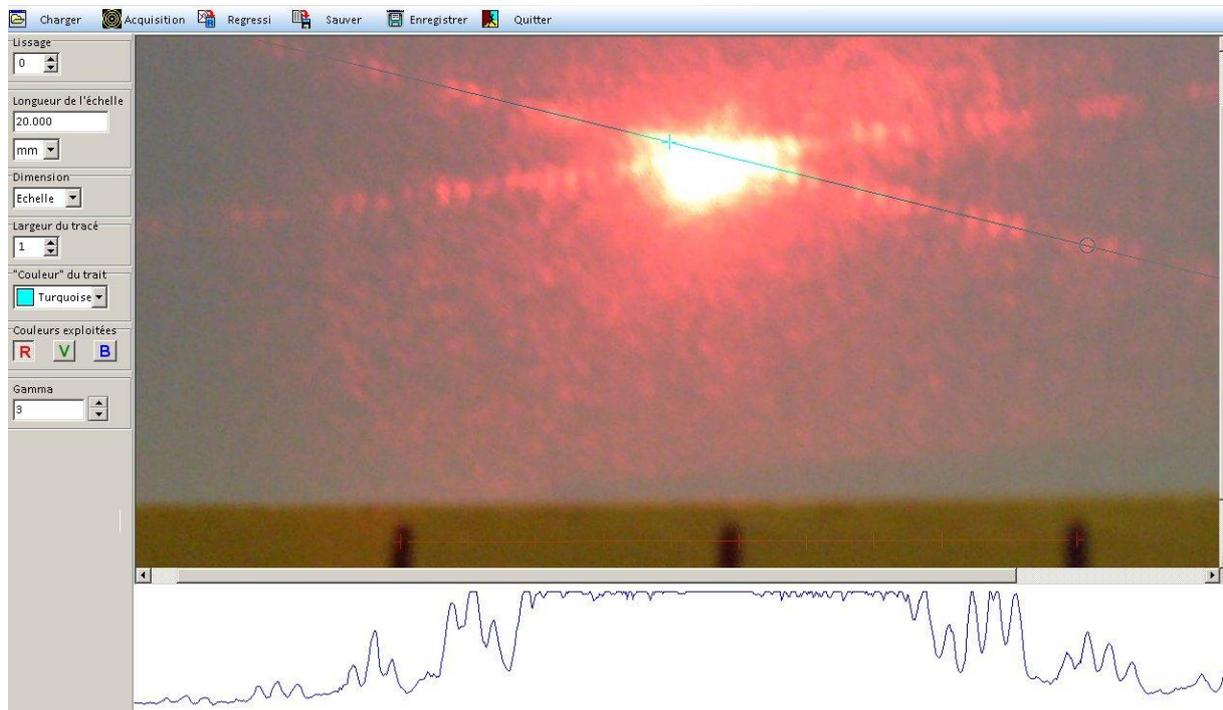
On mesure directement sur l'écran ou sur l'image l'angle entre deux enroulements successifs.

On peut faire des mesures à la règle ou en utilisant regavi, module intensité et ouvrir la photo prise et enregistrée au format BMP.

Il y a deux lignes mobiles :

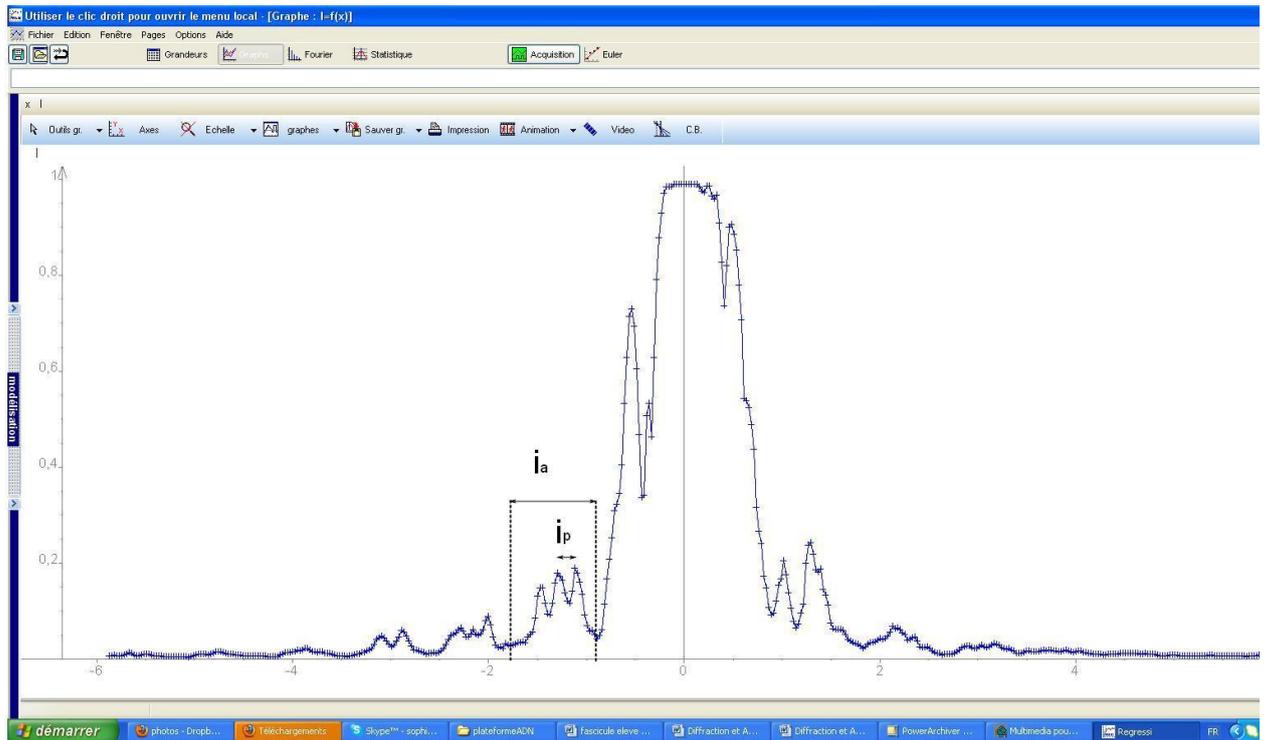
→ une de mesure qu'il faut ajuster le long d'une diagonale de diffraction,

→ l'autre de calibrage, qu'il faut ajuster sur la règle visible et modifier la section « longueur de l'échelle »



Le logiciel montre dans la fenêtre du bas le relevé de l'intensité le long de la diagonale. On peut choisir d'exploiter uniquement la couleur rouge « R » dûe au laser, et jouer sur la valeur de gamma afin d'obtenir un graphé exploitable qu'il faut exporter sous regressi.

Ouverture sous regressi :



On mesure l'interfrange « ia » liée au diamètre du fil du ressort et l'interfrange « ip » liée au pas du ressort.

La formule  $i = \lambda D/a$  reste ici valide et permet d'en déduire les paramètres du ressort.