

HISTOIRE

Jean Bernard Léon Foucault : I La théorie corpusculaire de la lumière

Jean-Noël Terry

Résumé : *Nous retraçons la vie de Léon Foucault à travers ses expériences. Dans cette première partie nous évoquons une expérience fameuse, pourtant assez mal connue : l'expérience de la comparaison de la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau. Cette expérience préfigure son expérience de la mesure de la vitesse absolue de la lumière. Cet astronome "amateur" fut d'une habileté technique et d'une ingéniosité absolument étonnantes. Il fut un des premiers à réaliser des miroirs astronomiques de qualité, en verre métallisé.*

Les premières années

Foucault est né à Paris, le 18 septembre 1819, où il passa sa vie, à part quelques années d'enfance à Nantes, jusqu'à sa mort en 1868. Son père, éditeur libraire, connu pour avoir publié une série d'ouvrages consacrés à l'histoire de France, mourut en 1839 quand la famille était à Nantes, sans doute après avoir été interné pour aliénation mentale (une décision du tribunal de 1834 lui retire ses droits et en donne la gestion à Nicole Foucault). Le jeune Foucault aurait eu une sœur, Alexandrine Fortunée. Le milieu était aisé - possédant des immeubles à Paris et à Nantes - ce qui permit à sa mère de l'inscrire, de retour à Paris, au collège Stanislas et de lui payer un répétiteur pour son baccalauréat.

Les biographes le décrivent comme doux, timide, élève médiocre, mais très habile de ses mains. A l'âge de 13 ans, il avait réalisé des maquettes de bateau, du télégraphe de Saint-Sulpice qu'il voit de sa chambre, et de machines à vapeur.

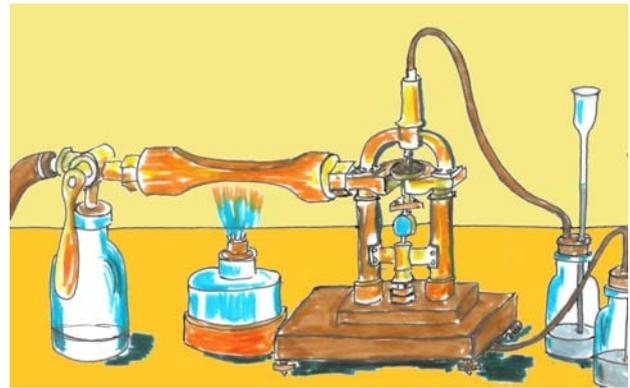
Est-ce cette habileté qui le conduit à s'inscrire en 1837 à la faculté de médecine de Paris pour devenir chirurgien ? En tout cas, il devient externe des hôpitaux mais renonce, car la vue du sang le rend malade. En 1839, il assiste aux démonstrations publiques de Daguerre : les images sont enregistrées sur des

plaques couvertes d'iodure d'argent, révélées à la vapeur de mercure. Mais il faut poser de 5 à 40 minutes, c'est trop long pour des portraits nets. Avec Hyppolite Fizeau (né le 23 septembre 1819), rencontré sur les bancs de la Faculté, il va améliorer le système : Fizeau découvre que le brome sensibilise les plaques, et Foucault trouve la technique pour appliquer la vapeur de brome. Le temps de pose peut être ramené à 20 secondes ! En 1845, suivant une suggestion d'Arago (1786-1853), ils prennent le premier daguerréotype du Soleil (la Lune avait été photographiée 5 ans auparavant par John Draper, professeur de chimie). Cette image montrera l'assombrissement centre-bord du Soleil.

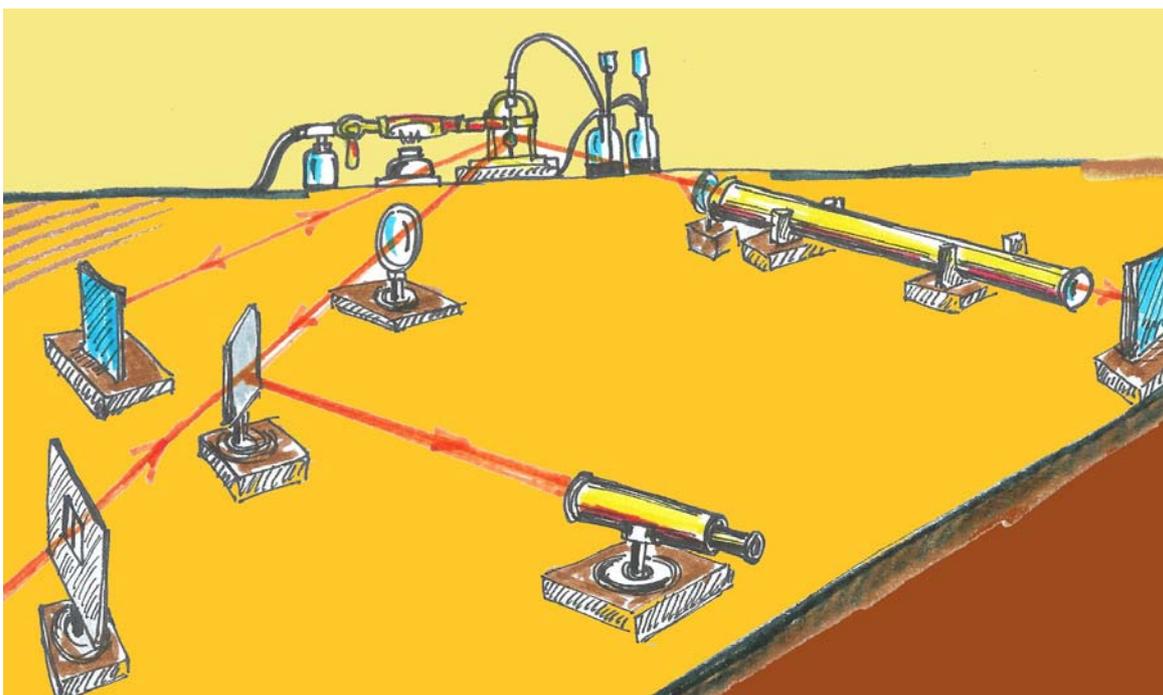
En 1845 aussi, Alfred Donné (1801-1878) confie à Foucault la préparation de ses plaques de microscope. Foucault améliore les conditions par un arc voltaïque où il remplace les charbons par du graphite et un système de rapprochement des pointes : la lumière est plus stable que celle du jour. Il créera un atlas de clichés médicaux de 80 photos. Donné lui confie aussi la rubrique scientifique du Journal des Débats. Foucault s'y montre scrupuleux et sans complaisance. Il le fera pendant 15 ans ! Remarquons qu'en 1850, Foucault sera chargé de photographier une éclipse totale de Soleil pour l'expédition française montée pour l'occasion.

Première expérience sur la lumière

En 1850 Foucault donne un coup sévère à la théorie corpusculaire en montrant que la lumière va plus vite dans l'air que dans l'eau, comme prévu par la théorie ondulatoire. C'est Arago qui en avait eu l'idée en calculant le rapport des deux trajets : l'un dans l'air, l'autre dans un tube de 3 m de long rempli d'eau. Le miroir en rotation rapide réfléchit la lumière vers deux trajets d'égale longueur dans l'air et dans l'eau. Des miroirs concaves renvoient les rayons qui repartent en arrière dans la même direction. Au retour, les rayons sont renvoyés vers un oculaire d'observation. L'image d'un fil situé à l'entrée apparaît dédoublée au retour, en raison de la rotation du miroir pendant la très petite différence de temps des deux trajets. Seule la lumière du Soleil était assez forte pour traverser l'eau. Une lentille placée devant le tube à eau permet de rétablir la focalisation. Le diamètre du miroir tournant est de 14 mm. Foucault fut contrarié par le temps nuageux. Le miroir tournait grâce à un petit moteur à vapeur : pas d'engrenage ou de roue.



Ce système utilisait une petite turbine à vapeur faite d'un disque percé d'une rangée de 24 trous inclinés, séparés de cloisons minces. Un triangle est fixé sur l'axe pour compenser l'hétérogénéité de la matière et éviter les vibrations. C'est un compensateur d'inertie. Foucault passa des heures à supprimer les vibrations. Des flacons règlent l'alimentation en huile des points de contact des axes : du mercure versé dans le tube vertical maintient l'huile sous une légère pression. Le miroir est protégé, mais un problème inattendu se pose : à 200 tours par seconde, l'étamure du miroir part vers les bords. Radiguet, le fournisseur, doit utiliser une argenture, plus solide. La vitesse de rotation est accordée "au son" à l'aide d'un diapason à ut_4 , soit une vitesse de 512 tours par seconde.



gp

Remarque musicale :

La fréquence d'un son est tirée, en hertz, de la loi de Savart, (physicien français 1791-1841) :

$N = N_{la} 10^{0,025M}$, où $N_{la} = 440$ Hz est la fréquence du la_3 de référence (dit *la normal* du milieu du clavier d'un orgue) et M l'écart (positif ou négatif) en nombre de demi-tons entre le *la normal* et la note de fréquence N. Avec un diapason do_4 , l'écart M avec le *la normal* est de trois demi-tons et la fréquence N obtenue est de 523 hertz. La valeur de 512 Hz donnée par Foucault montre que la fréquence du la_3 était de 431 Hz, valeur effectivement adoptée, à Paris en 1824.

Le 30 avril 1850, Foucault annonça son résultat, ce qui lui valut la Légion d'Honneur. Sept semaines plus tard, Fizeau confirma le résultat. La mesure de la vitesse de la lumière ne sera faite par Foucault qu'en 1862.

Foucault soutient sa thèse en avril 1853 "Sur la mesure relative de la lumière dans l'air et dans l'eau". Le jury est composé des chimistes Dumas et Baland et du physicien Despretz. Ce dernier relève une erreur (confusion entre déviation angulaire et déviation linéaire) que Foucault se révèle incapable de corriger. Ses réponses aux questions de chimie sont maladroitement et incomplètes. Chasles fait part d'une impression "très défavorable". Le jury lui accorde quand même la thèse.

C'est Urbain Le Verrier (1811-1877) qui, succédant à Arago, le fait entrer à

l'Observatoire de Paris comme physicien. Il le fait travailler à la conception d'instruments et lui demande une lunette de 74 cm de diamètre. Foucault conclut qu'il vaut mieux un télescope à miroir malgré l'opposition de Le Verrier.

Miroirs astronomiques en verre

C'était l'époque de William Parsons (Comte de Rosse). Celui-ci utilisait un miroir en bronze de 182 cm de diamètre, mais qui se ternissait. Foucault avait argenté la face avant de son petit miroir tournant pour son expérience de la comparaison de la vitesse de la lumière dans l'eau et dans l'air. Il se lança donc dans la fabrication de petits télescopes de 10 cm et 22 cm de diamètre.



Crédit- Observatoire de Paris

Un des premiers télescopes à miroir de verre réalisé par Foucault à l'Observatoire de Paris.

Mais les méthodes de polissage ne convenaient plus au-delà. Il échoua cinq fois avant de parvenir à réaliser un miroir de 42 cm. C'est alors qu'il développa les techniques de contrôle, dont la méthode du "couteau de Foucault" (voir encadré). Sa plus grande réalisation fut pour l'Observatoire de Marseille : un télescope de 80 cm de diamètre utilisé pendant plus de

100 ans et dont la monture en bois n'a jamais été remplacée. En 1859 Foucault rédigea un "Mémoire sur la construction des télescopes en verre argenté" (Aujourd'hui les miroirs en verre sont recouverts d'une fine couche d'aluminium par dépôt sous vide).



PHOTO Crédit M.Heller 1997 - Observatoire de Marseille

Le télescope à miroir de verre de 80 cm de diamètre, réalisé par Foucault pour l'Observatoire de Marseille. On remarque les similitudes avec les premières réalisations.

L'idée de réaliser des miroirs en verre remonte à Newton, mais se posait alors le problème de l'argenture du verre. Au début du 19^{ème} siècle, James Short réalisa les premiers miroirs acceptables mais Foucault obtient les premiers miroirs en verre d'excellente qualité, grâce à ses méthodes de contrôle. Foucault est reconnu comme l'inventeur des miroirs de télescope en verre. Dans son roman "De la Terre à la Lune" Jules Verne écrit :

Heureusement, quelques années auparavant, un savant de l'Institut de France, Léon Foucault, venait d'inventer un procédé qui

rendait très facile et très prompt le polissage des objectifs, en remplaçant le miroir métallique par des miroirs argentés. Il suffisait de couler un morceau de verre de la grandeur voulue et de le métalliser ensuite avec un sel d'argent. Ce fut ce procédé, dont les résultats sont excellents, qui fut suivi pour la fabrication de l'objectif.

Dans un prochain article nous parlerons des autres expériences célèbres de Foucault, et de sa fin prématurée. ■

La technique du "Couteau de Foucault"

A l'époque de la photographie astronomique les astronomes réalisaient la mise au point par la méthode du "Foucaultage". Un châssis photographique était utilisé, mais en lieu et place de la plaque photographique, on disposait d'une plaque métallique taillée en biseau (le couteau de Foucault), de telle manière que l'arête du couteau soit dans le plan qu'occupe normalement la surface sensible de la plaque photographique.

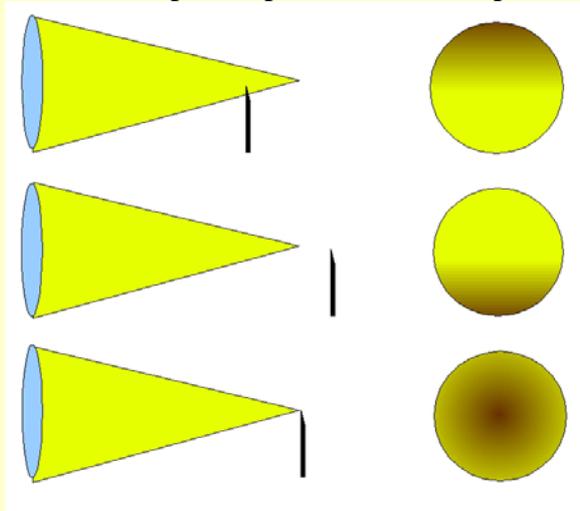
Ancien châssis photographique utilisé au télescope de 120 cm de l'OHP. On reconnaît le volet à droite, dont l'ouverture démarre la pose. La plaque métallique mise à la place de la plaque photographique est munie de trois couteaux de Foucault, pour réaliser la mise au point en divers points du champ.

A gauche le couvercle qui fermait le châssis.



Photo G. Paturel

On pointait alors une étoile brillante, si possible proche de la région du ciel à étudier, afin que les flexions mécaniques ne viennent pas fausser la mise au point. On appliquait l'œil sur le bord tranchant. On voyait le miroir du télescope complètement éclairé par l'étoile.



On déplaçait alors doucement le télescope pour que le couteau vienne progressivement masquer l'image de l'étoile. Si on reculait trop la plaque, le miroir s'éteignait par un côté ; si au contraire on avançait trop la plaque, le miroir s'éteignait par l'autre côté. Quand le couteau était exactement dans le plan focal, le miroir s'éteignait rapidement, sur toute sa surface.

gp