

Réflexions sur la nature des instruments de mesure

Pierre Duhem (1861-1916)

Les résultats expérimentaux sont-ils des "réponses de la nature" indépendantes des théories scientifiques?

Les instruments comme « théories matérialisées »

Pour prouver cette thèse Duhem prend trois exemples.

Exemple 1 : la loupe

«Une foule de gens emploient la loupe, qui est un instrument de Physique; cependant, **pour en faire usage, ils n'ont nul besoin de remplacer ce morceau de verre bombé, poli, brillant, pesant, enchâssé dans le cuivre ou dans la corne, par l'ensemble de deux surfaces sphériques limitant un milieu doué d'un certain indice de réfraction**, bien que cet ensemble seul soit accessible aux raisonnements de la Dioptrique [= partie de l'optique qui traite de la réfraction]; ils **n'ont aucun besoin d'avoir étudié la Dioptrique, de connaître la théorie de la loupe**. Il leur a suffi de regarder un même objet d'abord à l'œil nu, puis avec la loupe, pour constater que cet objet gardait le même aspect dans les deux cas, mais **qu'il paraissait, dans le second, plus grand que dans le premier**; dès lors, **si la loupe leur fait voir un objet que l'œil nu ne percevait pas, une généralisation toute spontanée, jaillie du sens commun, leur permet d'affirmer que cet objet a été grossi par la loupe au point d'être rendu visible, mais qu'il n'a été ni créé, ni déformé par la lentille de verre**. Les jugements spontanés du sens commun suffisent ainsi à justifier l'emploi qu'ils font de la loupe au cours de leurs observations; **les résultats de ces observations ne dépendront en aucune façon des théories de la Dioptrique**.» Pierre Duhem, *La Théorie physique*, Seconde partie, Chapitre 4, [§ III. — L'interprétation théorique des phénomènes rend seule possible l'usage des instruments.](#) .

On peut *parfois utiliser un instrument* sans disposer d'une théorie poussée de son fonctionnement, mais... Duhem note que : "Les objets vus à travers la loupe paraissent **cernés des couleurs de l'arc-en-ciel**".

-> pb :

- ces franges irisées sont-elles une caractéristique réelle mais invisible à l'œil nu des objets physiques?
- Ou bien sont-elles un artéfact produit par l'interposition de la loupe entre l'œil et l'objet?

-> Réponse :

Seule une théorie de l'instrument loupe peut fournir une réponse à cette question.

«**la théorie de la dispersion (...) nous apprend à regarder ces couleurs comme créées par l'instrument, à en faire abstraction** lorsque nous décrivons l'objet observé»

[Exemple 2 : le microscope

Exemple 3 : la boussole des tangentes

- La boussole des tangentes comme objet matériel concret



Cadre circulaire

Sur lequel s'enroule un fil de cuivre entouré de soie

Au centre du cadre

un petit barreau d'acier aimanté suspendu par un fil

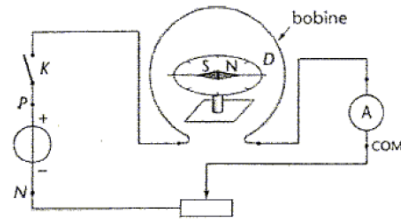
une aiguille d'aluminium, portée par ce barreau, se meut sur un cercle gradué, divisé en degrés qui permet de repérer avec précision l'orientation du barreau

Quand les deux extrémités du fil de cuivre sont mises en relation avec les pôles d'une pile, le barreau d'acier aimanté subit une déviation que nous pouvons lire à partir de la position de l'aiguille sur le cercle gradué.



- La boussole comme modèle théorique abstrait

Fil de cuivre d'une certaine grosseur -> Circonférence de cercle (ligne géométrique sans épaisseur, entièrement définie par son rayon)
Pièce d'acier aimantée d'une certaine grandeur, d'une certaine forme, pendue à un fil -> Axe magnétique horizontal, infiniment petit, mobile sans frottement autour d'un axe vertical, doué d'un certain moment magnétique



➤ La double nature matérielle et théorique des instruments de mesure

- Instrument de mesure
 - Objet *matériel*, objet physique *concret*
 - Objet *conçu*, modèle théorique idéal (schématique) de l'objet réel.
- Le scientifique raisonne sur le modèle théorique idéal de l'instrument
 - Etablit une relation (formule mathématique) entre
 - L'angle de déviation et
 - L'intensité du courant
 - « Cette formule est une conséquence des lois de l'électromagnétisme ; pour qui ne regarderait pas comme exacte la théorie électromagnétique de Laplace et d'Ampère, l'emploi de cette formule, le calcul qui doit faire connaître l'intensité du courant, seraient de véritables non-sens. »

Réalisation de l'expérience: l'aiguille d'aluminium coïncide avec la graduation 30°

« La simple constatation de ce fait n'implique aucune adhésion aux théories physiques »...

« mais elle ne suffit pas non plus à constituer une expérience de Physique »

Il faut rajouter toutes les théories impliquées dans la formule qui permet de convertir la déviation en valeur d'un courant

La valeur de l'interprétation physique proposée (le sens et la fiabilité des résultats de mesures) **repose sur la fiabilité des théories mobilisées...**

Y compris pour les instruments les plus rudimentaires

(Source : Léna Soler, ingénieur en physique et docteur en philosophie)

Conclusion **générale** de Duhem:

«Il serait (...) **impossible d'user des instruments qu'on trouve dans les laboratoires de Physique**, si l'on ne substituait aux objets concrets qui composent ces instruments une représentation abstraite et schématique qui donne prise au raisonnement mathématique; si l'on ne soumettait cette combinaison d'abstractions à des déductions et à des calculs qui impliquent adhésion aux théories.»

Concevoir un instrument, c'est exploiter un ensemble de théories scientifiques.

Utiliser un instrument, se fier à ses indications et leur donner un sens physique, c'est encore faire confiance à des théories.

Canguilhem ne dit pas autre chose (et connaît ce texte !): [à propos des questionnements sur l'individuation des résultats de l'expérimentation biologique : résultats différents pour chaque individu ?]

« de même qu'en physique l'utilisation, apparemment ingénue, d'un instrument comme la loupe implique l'adhésion, ainsi que l'a montré Duhem, à une théorie, de même en biologie l'utilisation d'un [rat blanc élevé par la Wistar Institution](#) implique l'adhésion à la génétique et au [mendélisme](#) qui restent quand même, aujourd'hui encore, des théories » (I, « L'expérimentation en biologie animale »).