

RESSOURCES HISTORIQUES POUR L'ENSEIGNEMENT: UNE ETUDE DE CAS PORTANT SUR LA MATERIALITE DE L'AIR

MURIEL GUEDJ¹; SYLVAIN LAUBE²

¹ REHSEIS ET IUFM MONTPELLIER.

² CENTRE F. VIETE ET IUFM DE BRETAGNE/UBO.

Historical resources for teaching: A case study about the materiality of air

Summary: This paper shows results of a work in progress on the genesis of scientific scholar knowledge at primary school concerning the materiality of the air. Such historical studies need to constitute two types of corpus: handbooks of the primary education between 1882 and 2006, the scientific texts of xviiith, xviiith and xixth centuries. Such corpus are very helpful to introduce history of sciences in teacher training.

Key words: historical texts, genesis of scholar knowledge, teacher training

Introduction

Introduire l'histoire des sciences dans l'enseignement et la formation des maîtres nécessite de s'appuyer sur un corpus de textes primaires historiques (des savoirs historiques de références) fortement liés aux savoirs scientifiques enseignés et désignés dans les programmes scolaires. Les recherches historiques que nous menons sur la genèse des savoirs à enseigner présente un double intérêt: comprendre leurs évolutions historiques en fonction de celles des savoirs scientifique et aussi produire des corpus en histoire des sciences et de leur enseignements.

Les évolutions des savoirs enseignés dépendent à la fois de leur contexte (Ecoles Primaires, Collèges, Lycées, Universités, Grandes Ecoles, etc.), de savoirs scientifiques nouveaux susceptibles de générer nouveaux paradigmes, mais aussi de savoirs anciens considérés comme des éléments pérennes de la connaissance scientifique. Selon les disciplines (et leur contexte d'enseignement), on peut observer des stabilités et des instabilités plus ou moins importantes au cours du temps. Le cadre de nos recherches cherche à expliciter la question des flux de savoirs entre les lieux de la recherche et les lieux de l'enseignement: Où observe-t-on des zones de stabilités et d'instabilités? Comment les caractériser (échelles de temps, la distance par rapport aux lieux de la recherche, etc.)? Quels sont les lieux institutionnels où passent les flux de savoirs? Quels en sont les lieux non formels? En quoi ces stabilités et instabilités sont-elles représentatives de l'«état» du domaine au sein de la société où il est enseigné?

Les résultats que nous présentons ici de manière succincte concerne le domaine de la physique à l'école primaire en France sur la période 1882-2006. Ce choix se justifie pour plusieurs raisons: i) l'institution d'une scolarité obligatoire et gratuite à partir de 1882 constitue une rupture dans l'histoire de l'éducation, ii) étudier et analyser sur un temps long est nécessaire si on souhaite mettre en évidence des savoirs scolaires pérennes, étudier les évolutions, apparitions et les disparitions des autres savoirs scolaires, et ce, en lien avec l'élaboration de nouveaux savoirs scientifiques et techniques sur la même période et les périodes la précédant. La méthodologie que nous suivons s'appuie sur deux catégories de corpus: 1) de l'ordre de l'histoire de l'enseignement des sciences: les programmes officiels, les manuels, les documents d'accompagnements... 2) de l'ordre de l'histoire des sciences: textes primaires scientifiques, techniques (cités ou non dans les documents scolaires) en lien avec les savoirs scolaires au primaire sur la période 1882-2006.

Nous présenterons ici les résultats concernant un savoir à enseigner que l'on peut considérer sur la période 1882-2006 comme pérenne à l'école primaire: la matérialité de l'air en lien avec les savoirs scientifiques historiques de référence que nous avons pu mettre en évidence.

Une étude de cas à partir d'un savoir scolaire pérenne: la matérialité de l'air entre 1882-2006

Le régime que nous qualifierons ici de *pérenne* se présente par une certaine stabilité sur la période étudiée (1882-2006), une permanence d'un système de preuves expérimentales. La question de matérialité de l'air (associée à la question de sa pesanteur) au Cours Moyen (CM), pour les élèves de 9-10 ans, constitue un exemple d'un tel savoir scolaire en lien avec un savoir scientifique élaboré entre le xviième (Galilée, 1638) et la moitié du xixème (Regnault, 1845).

L'air et les programmes scolaires au CM entre 1882 et 2006

Les intitulés présents dans les programmes scolaire sont très succincts: *L'air, son caractère pesant* (2002),¹ *Recueillir, conserver, transvaser un gaz (l'air)* (1980),² *Notions sur l'air et les combustions* (1957),³ *Notions sur l'air, l'eau et les combustions* (1923),⁴ *Notions sur l'air, l'eau et les combustions* (1882).⁵ Il y a donc nécessité d'autres corpus pour déterminer quels sont les savoirs scolaires de références. Nous avons principalement étudié des manuels et la documentation pédagogique en ligne pour la période récente.⁶

La matérialité de l'air dans les manuels entre 1882 et 2006

Nous allons établir et illustrer à partir d'exemples pris à deux moments différents qu'il existe à propos de la matérialité de l'air des éléments de stabilité depuis environ 120 ans: 2006 et 1887. Deux points au moins contribuent à montrer du point de vue scolaire cette matérialité: la pesanteur de l'air et la possibilité d'un transvasement sous l'eau.

La pesanteur de l'air est mise en évidence à l'aide d'une balance. En 2006, la preuve s'appuie sur l'usage d'un ballon de foot en compression: «*Peser un ballon de football, bien gonflé, sur une balance numérique de précision [...] : libérer un peu de son air (environ 1 L) dans une grande éprouvette graduée retournée sur une cuve à eau, puis peser à nouveau le ballon*» 2006, (Annexe, Fig. 1a); en 1887, la preuve est présentée différemment: «*Pour déterminer le poids de l'air, on met dans un des plateaux un ballon de verre plein d'air [...]. Supposons que le ballon contienne juste un litre, et que ballon et air pèsent 101gr,29. Au moyen de la machine pneumatique, [...], on enlève tout l'air du ballon. Alors, il ne pèse plus que 100 grammes. Nous dirons donc que le litre d'air pèse la différence, c'est-à-dire 1gr,29 [...]*» 1887 (annexe, Fig. 2a). En 1887, il est précisé le rapport du poids de l'eau à celui de l'air (772). Les figures 1b et 2b (en annexe) associe la matérialité au fait que l'eau peut remplacer l'espace occupé par l'air et qu'on observe des bulles, des bouillonnements.

Nous parlons évidemment de stabilité quand au concept travaillé et au système de preuves scientifiques qui est du même ordre sur la période étudiée. Il est clair que ce système de preuve s'inscrit à chaque fois dans des situations didactiques fort différentes entre 1882 et 2006 avec une épistémologie scolaire de référence. La question de l'évolution des méthodes d'enseignement en Primaire est en cours d'étude.

1. BO Hors-série n°1, 14 février 2002.

2. Arrêté du 16-7-1980.

3. Arrêté Ministériel du 21-8-1957.

4. Instructions officielles du 20-6-1923.

5. Arrêté du 27 juillet 1882 réglant l'organisation pédagogique et le plan d'études des écoles primaires publiques.

6. En effet, la place du manuel actuellement est sans doute très minoritaire comme documentation de référence pour le maître au regard de la floraison des documents d'accompagnements, documents pédagogiques (liée au développement des TIC).

La pesanteur de l'air: les savoirs scientifiques historiques de références

Les articles «Air» de différents dictionnaires (Buisson, 1887 ; Hoefer, 1851 ; Brisson, 1781) ainsi que les cours de l'École Polytechnique au XIX^{ème} siècle, voir par exemple (Verdet, 1863), permettent de constituer un corpus de travaux scientifiques de références en lien avec la question de la densité ou du poids de l'air. On peut mettre ainsi en évidence un premier type de travaux s'appuyant sur des machines pneumatiques entre le XVII^{ème} et XIX^{ème} siècle portés par, par exemple, Boyle (Boyle, 1660), Hauksbee (Hawksbee, 1709), Musschenbroek (Musschenbroek, 1751), Regnault (Regnault 1845).

Les travaux du XVIII^{ème} et XIX^{ème} reposent sur le principe d'évaluer le poids de l'air par rapport à l'eau comme l'illustre l'exemple d'Hauksbee (Hauksbee, 1709):

la bouteille remplie d'air commun fut suspendue dans l'eau par une verge au bas d'une balance très juste; elle étoit soutenue dans l'eau par un poids de 358 ½ grains mis dans l'autre plat de la balance. On la retira de l'eau & on l'appliqua à la Machine Pneumatique; en 5 minutes, l'air fut assez pompé; le mercure dans le tuyau d'épreuve étoit à environ 29 pouces ½ après avoir tourné le robinet ajusté à la bouteille [...] on la suspendit comme auparavant dans l'eau à un bras de la balance, elle ne pesait plus que 175 grains ½, qui étant otés de 358 ½ grains [...] donne pour la différence 183 grains; par conséquent cette différence est le poids de la quantité d'air pompé de la bouteille [...] on ouvrit le robinet sous l'eau; l'eau entra [...]. En examinant une seconde fois avec la balance cette bouteille, le poids se trouva être de 162432 grains, poids de la bouteille dont en faisant soustraction de 175 ½ grains, il restoit 161956 grains ½ pour le poids de la masse d'eau égale en volume à la quantité d'air épuisé. Ainsi le rapport des poids de deux volumes égaux d'air et d'eau, est connu être [...] comme 1 à 885.

Le contexte de la recherche chez Hauksbee est centré sur la machine pneumatique et les effets du vide, monde nouveau qui s'ouvre à diverses expérimentations concernant entre autres l'électricité, la lumière produite par le frottement des corps, la respiration des animaux.

Les valeurs données par les autres travaux seront du même ordre de grandeur: 938-1000 (Boyle, 1660), 606 à 1000 (Musschenbroek, 1751). Il est à noter que des manuels citeront jusque dans les années 1960 le rapport de la densité de l'air à l'eau.

D'autres travaux reposent par contre sur la compression de l'air. Dans la première journée des Discours de Galilée (Galilée, 1638), Salviati indique trois expériences concernant le poids de l'air: la première concerne la pesée d'une bouteille dans laquelle il a fait entrer de l'air à l'aide d'une seringue comparée à la pesée de la bouteille que l'on vient d'ouvrir. Elle a pour but de mettre en évidence la pesanteur de l'air de manière qualitative. Les deux autres procédures expérimentales décrites par Salviati permettent d'évaluer un rapport du poids de l'eau à celui de l'air: 400. Citons pour exemple la dernière procédure (première journée, p. 123-124):

aucune quantité d'air n'est ajoutée à celle qui s'y trouve naturellement contenue, mais on a introduit par force de l'eau sans jamais permettre à l'air de s'échapper, ce qui a pour effet de le comprimer, puisqu'il doit céder la place à l'eau. Après avoir introduit le plus d'eau possible (et l'on peut, sans effort excessif, remplir les trois quarts du flacon) on met le tout sur la balance, et on pèse avec un soin extrême; puis en tournant le flacon vers le haut, on ouvre la valve et on laisse sortir, dont s'échappera très précisément un volume égal au volume de l'eau. Cela fait, on remet sur la balance le flacon qui, en raison du départ de l'air, va se trouver allégé; retirant la partie du contrepoids devenue inutile, nous obtiendrons ainsi le poids d'un volume d'air égal au volume d'eau contenu dans le flacon.

Notons que Salviati travaille dans un mode de compression de l'air à l'aide d'une seringue et de ce fait, se trouve dans des situations proches de celles décrites en 2006. Le contexte scientifique est important: il s'agit ici de montrer que l'air est pesant («*gravité positive*») contre les arguments aristotéliens de propriété de *légèreté* de l'air. La controverse porte en fait sur la vision aristotélienne de la chute des corps (première journée, p. 106):

des mobiles de poids différents se meuvent dans le même milieu avec des vitesses inégales ayant entre elle-même proportion que les poids. [...] Les vitesses du même mobile dans différents milieux sont inversement proportionnelles à l'épaisseur ou à la densité de ces milieux

et l'existence du vide. Pour terminer, nous ne ferons qu'évoquer la pesanteur de l'air en lien avec l'expérience barométrique avec en particulier les textes fondateurs de Torricelli, Pascal, Boyle et Mariotte.

Conclusion

La présentation de cette étude de cas historique, qui concerne l'enseignement des sciences à l'Ecole Primaire, s'inscrit dans plusieurs cadres: celui d'une discussion et d'une compréhension historique du mode de genèse des savoirs à enseigner dans une institution scolaire donnée. Ce travail présente en outre une retombée intéressante: la constitution d'un corpus de textes primaires concernant à la fois l'histoire des sciences mais aussi l'histoire de l'enseignement scientifique permettant d'aider sur cette thématique à un travail d'ingénierie didactique concernant la formation des maîtres en épistémologie et histoire des sciences et des techniques (dans le cadre de recherche que nous développons sur cette thématique).

Bibliographie

BERT, P. (1887), *La première année d'enseignement scientifique (sciences naturelles et physiques): animaux, végétaux, pierres et terrains*, Paris, A. Colin.

BOYLE, R. (1660), *New experiments physico-mechanical, touching the spring of the air and its effects*, Oxford, T. Robinson.

BREMANT, A. (1894), *Les sciences physiques Physiques et Naturelles du certificat d'études, Pour les enfants de 10 à 13 ans*, 34^{ème} édition, Paris, A. Hatier.

BRISSON, M. J. (1781), *Dictionnaire raisonné de physique, tome 1*, Paris, Hôtel de Thou, voir l'article *Air*, 59-82.

BUISSON, F. (1887), *Dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire, 11ème partie, tome premier*, Paris, Hachette, voir l'article *Air*, 50-51.

GALILEE, G. (1995), *Discours concernant deux sciences nouvelles*, Paris, PUF (première édition en 1638).

HAUKSBEE, F. (1754), *Expériences physico-mechaniques sur différents sujets*, traduit par M. de Bremond, Paris, Cavelier, 39-128 (traduction du texte de 1709).

HOEFER, F. (1851), *Dictionnaire de chimie et de physique*, Paris, Didot Frères, voir l'article *Air*, 17-20.

MUSSCHENBROEK, P. VAN (1751), *Essai de Physique*, Leyden, S. Luchtman.

REGNAULT, V. (1845), «Sur la détermination de la densité des gaz», *Annales de chimie et de physique*, troisième série, tome 14, 211-239.

VERDET, E. (1863), *Cours de physique professé à l'Ecole Polytechnique*, Paris, Imprimerie Impériale.

ANNEXE

2006

Source: <http://www.educnet.education.fr/meteo/eaubonne/>

Expérience n° 1 : l'air est pesant

Peser un ballon de football , bien gonflé, sur une balance numérique de précision (La masse volumique de l'air vaut 1,3 g/L) ; libérer un peu de son air (environ 1 L) dans une grande éprouvette graduée retournée sur une cuve à eau, puis peser à nouveau le ballon.

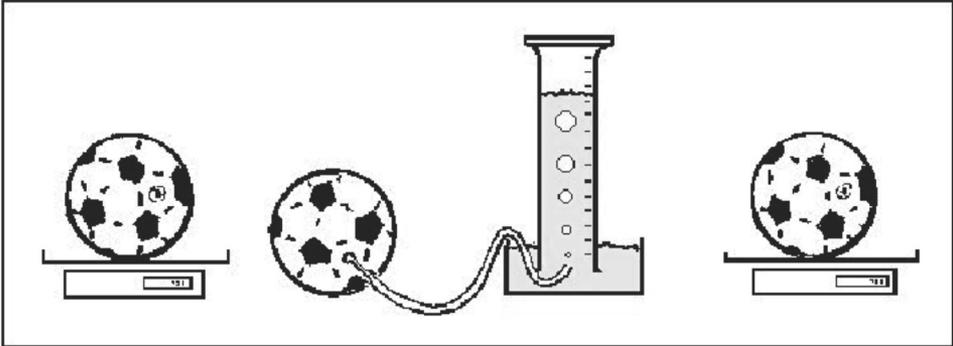


Fig. 1a.

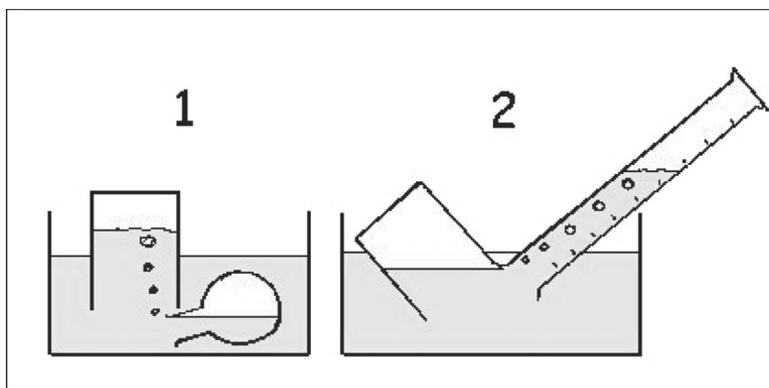


Fig. 1b.

1887

Source: (Bert, 1887)

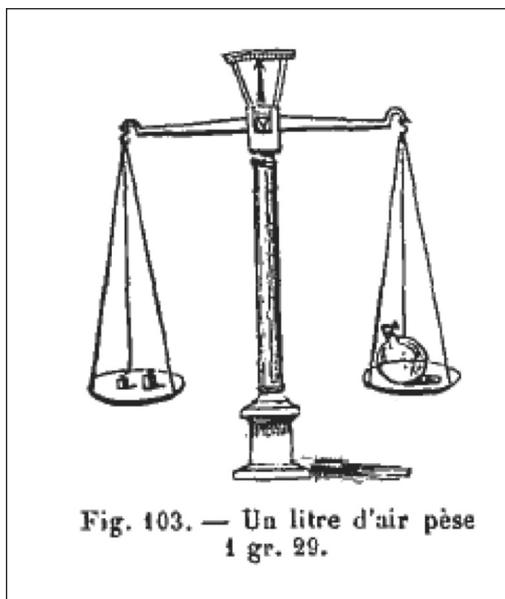


Fig. 2a.

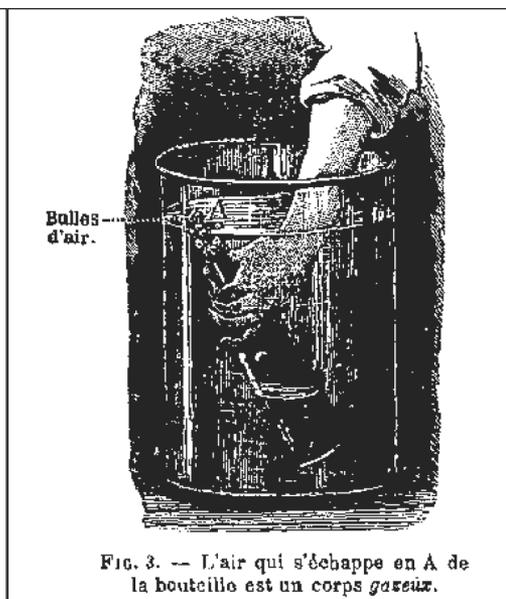


Fig. 2b.