

Une expérience de physique en seconde de lycée : son apport pour l'approche individuelle des concepts de pression et de compressibilité de l'air

Par **Claude LUC**

MC IUFM Académie Reims Champagne Ardenne 51100 Reims,
UMR STEF LIREST ENS 94230 Cachan
claude.luc@reims.iufm.fr

1. Introduction.

Notre préoccupation a été double :

- recueillir les réactions des élèves mis individuellement devant des faits expérimentaux (ce qui les surprend, ce qu'ils déclarent accepter) ;
- saisir dans les raisonnements interprétatifs des élèves la place qu'occupent deux concepts : la pression de l'air et sa compressibilité et l'évolution de cette place entre l'avant et l'après connaissance des résultats expérimentaux.

2. L'expérience proposée aux élèves.

L'expérience support de notre analyse est celle de l'immersion verticale d'un verre cylindrique retourné dans un aquarium contenant de l'eau. Afin de cerner comment les élèves lisent et interprètent la situation expérimentale et son évolution, cette immersion se fait en trois étapes. Le verre est d'abord demi-immergé¹, puis il est complètement immergé en haut de l'aquarium², enfin il est complètement immergé au fond de l'aquarium³.

Nous avons retenu cette situation expérimentale car elle permet indirectement (par le seul questionnement sur les niveaux de l'eau) d'atteindre la place que les élèves réservent dans leurs interprétations à la présence de l'air, à sa pression au repos, et à sa compressibilité ;

Quand on réalise l'expérience avec un verre cylindrique de 20 cm de hauteur et un aquarium de 1 m de profondeur, les niveaux d'eau à l'intérieur du verre pour les situations 1, 2, 3 sont respectivement 6mm, 9 mm et 12 mm.

3. Les questions de recherche et la méthodologie.

3.1. Les questions de recherche associées aux expériences d'immersion.

- ❑ Quelles sont les prévisions des élèves ? Comment les justifient-ils ?
- ❑ Quelles sont les réactions des élèves ? Qu'est-ce qui les surprend ? Qu'acceptent-ils ? Y a-t-il des différences selon les catégories prévisionnelles ?
- ❑ Y a-t-il entre les interprétations avant et après expérience une place plus conséquente accordée par les élèves à la pression et à la compressibilité de l'air et pour quels élèves ?

3.2. Le questionnaire.

¹ Dans la suite du texte nous appellerons la situation de demi-immersion du verre : situation 1 ou expérience 1.

² Dans la suite du texte nous appellerons cette situation du verre situation 2 ou expérience 2.

³ Idem : situation 3 ou expérience 3.

Nous avons élaboré un questionnaire écrit comportant deux parties distinctes : une partie présentation de la situation expérimentale avec recueil des prévisions et justifications, et une deuxième partie rapportant sous forme de schémas annotés les résultats expérimentaux avec demande de réactions et de justifications. L'expérience n'a donc pas été faite devant les élèves, mais rapportée par écrit.

3.3. La passation du questionnaire.

Le questionnaire a été proposé, avant enseignement, à un échantillon de 105 élèves (quatre classes de seconde) d'un lycée périurbain de Reims.

4. Les niveaux d'eau prévus, et leurs justifications.

4.1. Les niveaux d'eau prévus pour les trois situations expérimentales d'immersion.

Nous avons identifié, cinq catégories de prévisions (A, B, C, D, E). Les élèves dont les réponses sont de type A⁴ (0,0,0), ne prévoient aucune entrée d'eau dans le verre, quelle que soit sa hauteur d'immersion. Les élèves B (0,ε, ε⁺), ne prévoient aucune entrée d'eau quand le verre est en 1, puis une faible entrée d'eau (ε) quand le verre est en 2, et une entrée un peu plus importante (ε⁺) quand le verre est en 3. Les élèves C (ε, 1/2, 1), prévoient une faible entrée d'eau (ε) quand le verre est en 1, puis le verre à moitié rempli (1/2) quand il est en 2, enfin le verre rempli (1) quand il est en 3. Les élèves D (1/2, 1, 1), prévoient que le verre est à moitié rempli en 1, et entièrement rempli en 2 et 3.

Les élèves E (autres) ont imaginé que dans le verre retourné, l'air occupe la partie inférieure et l'eau occupe la partie supérieure, ou ont envisagé une entrée conséquente de l'eau en situation 1 suivie d'une diminution partielle ou totale du volume d'eau dans le verre lorsque la profondeur d'immersion s'accroît.

	Catégorie A 0,0,0	Catégorie B 0,ε, ε ⁺	Catégorie C ε, 1/2, 1	Catégorie D 1/2, 1, 1	Catégorie E autres
Nombre d'élèves	35	11	9	37	13

Tableau 1

Nous avons constaté que seuls deux élèves ont fait de justes prévisions. Nous avons aussi constaté que se détachent deux ensembles de réponses d'égale importance numérique dont les prévisions (en termes de quantité d'eau dans le verre) sont opposées : les réponses A qui ne prévoient aucune entrée d'eau dans le verre, quelle que soit sa hauteur d'immersion et les réponses D pour lesquelles le verre en 1 est à moitié rempli, et entièrement rempli en 2 et 3.

4.2. Les catégories de justifications recensées

Lorsque le verre est en position 1, un tiers des élèves de notre échantillon passe sous silence la présence d'air dans le verre pour justifier le niveau d'eau. Pour ceux qui prennent en compte la présence de l'air, seuls 12 élèves font appel à sa propriété pressante. L'argument majoritaire est celui d'un air occupant l'espace et empêchant l'eau d'entrer.

⁴ Nous appellerons élèves A les élèves dont les prévisions sont de type A et idem pour B, C, D, E.

Pour les justifications de l'accroissement de la montée de l'eau dans le verre, lors de l'accroissement de son immersion, l'interprétation attendue et complète (accroissement de la pression de l'eau sur l'air et compressibilité de l'air) n'est donnée que par trois élèves. On évoque le plus souvent que l'air est chassé ou que le verre est plus enfoncé.

Ainsi donc, avant la présentation des expériences, seuls deux élèves font des prévisions justes, et aucun élève justifie l'ensemble des trois niveaux par la pression de l'air et sa compressibilité, concepts interprétatifs attendus.

5. La réaction des élèves devant les résultats des expériences.

5.1. Les réactions des élèves devant les niveaux de l'eau en situation 1 (6mm).

Nous constatons que les élèves se disent majoritairement surpris par le niveau d'eau de l'expérience 1 (62 %). Les élèves les plus surpris sont ceux qui ont fait les plus fortes prévisions de niveau d'eau.

Le niveau réel de l'eau à l'intérieur du verre demi-immérgé a du mal à être accepté par les élèves. Cela se traduit dans leurs commentaires :

- par le rappel de leur prévision personnelle ;
- par le refus ou la marginalisation du résultat de l'expérience (DAO) : *“normalement il devrait y avoir de l'eau”*, (ECJ) : *“l'eau ne rentre pas totalement dans le verre”* ;
- par un autre constat (DBA) : *“Il n'y a pas d'eau dans le verre”* .

En résumé, l'expérience 1 surprend les élèves. Elle surprend plutôt ceux qui ont fait de fortes prévisions.

5.2. Les réactions des élèves devant la présentation des niveaux d'eau dans les situations 2 et 3 d'immersion totale du verre dans l'aquarium (9mm et 12 mm).

Les élèves se disent autant surpris par la présentation des niveaux d'eau 2 et 3 que par celle du niveau 1. Ce qui les étonne le plus, ce n'est pas les différences entre les niveaux 1 2 et 3 mais le niveau réel de l'eau, jugé trop élevé pour ceux qui ont fait de faibles prévisions, et trop bas pour les autres.

5.3. Les élèves qui déclarent accepter le niveau d'eau des trois situations.

Seuls 11 élèves de l'échantillon déclarent accepter le niveau d'eau des trois situations. Ce sont les élèves dont les prévisions sont proches des faits réels.

Cette non acceptation majoritaire des faits expérimentaux témoigne de la fuite des élèves devant un conflit cognitif entre représentation et information donnée ou perçue. Plé [7, p. 214] a fait un constat similaire avec des élèves de CM₂ mis devant la même situation expérimentale. Bart [1, (pp. 67-68)] souligne que dans tout rapport au savoir, il y a une part affective telle qu'il peut y avoir refus de la réalité : *“...si une information va à l'encontre des idées reçues qu'on a sur un sujet, il se peut qu'on l'ignore simplement parce qu'on ne veut pas se remettre en cause, par orgueil, par paresse intellectuelle.. ou par refus du saut épistémologique sur lequel Bachelard a attiré notre attention. Toute notre sensibilité fonctionne comme une grille qui peut refuser ou déformer l'information que les sens transmettent”*.

6. L'évolution des raisonnements élèves entre les justifications des prévisions et celles des schémas rapportant les expériences.

6.1. Les résultats de l'analyse.

Nous avons recensé, pour chacune des catégories de prévisions, et globalement, le nombre d'élèves qui, ont justifié le niveau d'eau 1 par l'action pressante de l'air **et qui ont conjointement justifié** les différences entre les niveaux 1,2,3 par sa compressibilité (raisonnements avec pression **et** compressibilité **avant expérience**). Nous avons procédé à la même démarche de recensement des justifications des niveaux d'eau indiqués sur les schémas rapportant les résultats de l'expérience (raisonnements avec pression **et** compressibilité **après expérience**).

	Elèves A	Elèves B	Elèves C	Elèves D	Elèves E	Total
Nombre d'élèves utilisant la pression de l'air pour justifier le niveau 1, et sa compressibilité pour justifier les différences entre les niveaux prévus 1, 2, 3 (prévisions avant expériences)	0	0	0	0	0	0
Nombre d'élèves utilisant la pression ⁵ de l'air pour justifier le niveau 1, et sa compressibilité ⁶ pour justifier les différences entre les niveaux 1, 2, 3 rapportés par les schémas des expériences faites (après les expériences).	4	1	0	0	1	6

Tableau 2

Nous sommes amenés à constater, qu'après la présentation des résultats des expériences aux élèves, un petit nombre d'entre eux se met à utiliser conjointement la pression de l'air et sa compressibilité afin d'interpréter l'ensemble des niveaux expérimentaux. Mais le nombre d'élèves dont ce raisonnement progresse se limite à quelques unités et il s'agit d'élèves A.

De plus, parmi ces quelques élèves, deux seulement ont déclaré accepter le niveau d'eau dans les trois positions du verre.

L'expérience rapportée sous forme de schémas, à un élève seul, (sans préparation ni exploitation collective) semble avoir un effet modeste sur l'évolution (entre l'avant et l'après expérience) de son raisonnement interprétatif. Elle ne semble induire des changements d'interprétation qu'auprès de quelques élèves dont les prévisions semblent peu entrer en conflit cognitif avec faits réels constatés.

Conclusion.

Les conclusions que nous nous proposons de tirer aux termes de cette étude, s'appuient sur les réponses individuelles d'un échantillon de 105 élèves de seconde, avant enseignement. Les

⁵ Avec des formulations telles que l'air repousse/pousse l'eau, l'air fait pression sur l'eau, la pression de l'air est plus grande/ plus faible que celle de l'eau.

⁶ Avec des expressions telles que l'eau tasse de plus en plus les molécules, la distance entre les atomes diminue, l'air est comprimé/comprimé, les molécules sont de plus en plus serrées.

expériences n'ont pas été faites devant les élèves⁷. Elles leur ont été rapportées sous forme écrite.

Tout d'abord, très massivement les prévisions des élèves sont fausses. Parmi les cinq grandes catégories de prévision recensées, deux s'en détachent numériquement : les élèves qui pensent que l'eau ne rentre pas dans le verre quelle que soit la hauteur de son immersion, et ceux qui pensent au remplissage complet du verre lors de son immersion totale.

Les justifications attendues (la pression de l'air et à sa compressibilité) des niveaux de l'eau prévus sont très minoritaires. D'ailleurs, aucun élève n'utilise conjointement les deux propriétés des gaz pour justifier l'ensemble des prévisions. Pour la majorité des élèves, c'est l'air prisonnier qui empêche l'eau de monter davantage dans le verre, et c'est l'air chassé du verre qui justifient les différences de niveau liées à la plus grande immersion.

Les élèves sont très fortement surpris par les résultats que les schémas rapportent. Les plus nombreux à être étonnés sont ceux qui ont fait de fortes prévisions des niveaux d'eau dans le verre. Dans leurs commentaires, les élèves rappellent leur point de vue prévisionnel ; ils relativisent les résultats rapportés, voire les refusent. Ainsi, dans notre échantillon de 105 élèves, 11 élèves seulement déclarent accepter dans les résultats rapportés, les niveaux d'eau propres aux trois positions du verre. Massivement, les réactions des élèves de l'échantillon mettent en lumière un conflit cognitif entre le prévu et le réel que les schémas des expériences leur rapportent.

Voyons maintenant ce qu'il en est des raisonnements interprétatifs des élèves et de leur éventuelle évolution entre l'avant et l'après expérience. Analysée à la lumière de l'utilisation par les élèves des concepts de pression et de compressibilité de l'air, la connaissance des résultats expérimentaux semble avoir peu incité les élèves à modifier les interprétations avancées lors de leurs prévisions. En effet, après expérience⁸, seuls six élèves sur les 105 de l'échantillon (dont d'ailleurs les prévisions sont les plus voisines de la réalité) ont utilisé conjointement les concepts de pression et de compressibilité de l'air pour interpréter les résultats des trois situations expérimentales proposées. L'expérience semble peu propice à faire évoluer les raisonnements interprétatifs d'un élève pour qui le conflit cognitif entre prévu et réel est trop conséquent.

L'élève seul, confronté aux résultats d'une expérience qu'un écrit lui rapporte, et donc privé de toute interaction avec le matériel expérimental, avec ses pairs et avec un professeur, semblerait avoir du mal à accepter les faits dans la mesure où il ne les n'attend pas. Pour justifier les résultats expérimentaux qui lui sont rapportés, il semblerait rester attaché aux justifications de ses prévisions. Peut-être en serait-il autrement si l'expérience avait été vue ou faite par l'élève, s'il y avait de multiples expériences, s'il s'agissait d'autres expériences visant d'autres concepts moins difficiles à appréhender⁹ (Séré&Tiberghien, 1989) s'il y avait débat et confrontation de points de vue ?

Bibliographie

[1] Bart, Britt Mary. *Le savoir en construction*. Retz, 2002.

[2] Chomat, Alain & Larcher, Claudine & Méheut, Martine. Modèle particulière et activités de modélisation en classe de quatrième. In : *Aster*, INRP, 1988, n° 7. Modèles et modélisation. pp. 143-183.

⁷ Ni faites par eux

⁸ Il faut cependant rappeler qu'avant expérience, aucun élève n'a utilisé conjointement les deux concepts pour interpréter leurs prévisions.

⁹ Les travaux de ces chercheurs ont montré que pour beaucoup d'élèves en début de collège, malgré l'enseignement, un gaz au repos, détendu, ou froid, n'exerce pas de pression.

- [3] Chomat, Alain & Larcher, Claudine & Méheut, Martine. A la recherche d'une stratégie pédagogique pour modéliser la matière dans ses différents états. In : *Revue Française de Pédagogie*, 1990, n° 93. pp. 51-61.
- [4] Chomat, Alain & Larcher, Claudine. Modélisation de la matière en cycle central du collège. Construction de modèles par la production et la discussion de dessins, en référence à des observations communes. In : *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 2000, n° 94. pp. 1341-1366.
- [5] Luc, Claude. L'eau, l'air le verre une expérience à prévoir, à faire, à expliquer. In : *Actes Colloque franco-belge de Treignes*, IUFM Reims, novembre 2001.
- [6] Luc, Claude. " Un verre, de l'eau, de l'air : une situation pour prévoir des faits, réagir en observant la réalité, interpréter l'observé." In : *J.L. Martinand, A. Giordan, D. Raichvarg , Actes des 24^{èmes} Journées Internationales sur la Communication l'Éducation et la Culture Scientifiques et Industrielles*. Chamonix mars 2002. pp. 475-480, DIRES.
- [7] Plé, Elisabeth. Transformation de la matière à l'école élémentaire : des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles. In : *Aster, INRP*, 1997, n° 24. pp. 203-229.
- [8] Séré, Marie-Geneviève & Tiberghien Andrée. La formation des concepts décrivant les états de la matière au collège. In : *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1989, n° 716. pp.911-929.

Remerciements.

Nous tenons à remercier l'Administration et tous les Professeurs de Physique-Chimie du Lycée Arago et du lycée Chagall de Reims qui nous ont permis d'accéder à leurs classes ainsi que les 105 élèves qui ont répondu aux questionnaires.