

DIFFICULTÉS CONCEPTUELLES POUR DES RAISONNEMENTS JUSTES AVEC LES NOTIONS DE GAZ ET DE PRESSION

Par Paul Avanzi, enseignant et coauteur de plusieurs ouvrages pour l'enseignement de la physique et la chimie.

(Cet article est disponible sur le site «www.plonger-en-securite.com»)

Présentation

Face à des élèves plongeurs ou des lycéens, l'enseignant qui donne pour la première fois un cours sur les gaz est tenté de poser au tableau noir ou sur le rétroprojecteur les lois de base, telle la définition de la pression (force par unité de surface) ou la loi des gaz parfaits, puis de développer le cours en donnant une méthode générale d'application de ces lois.

Appliquées avec rigueur (on peut s'entraîner à cela), elles permettent de calculer avec précision la réponse des exercices proposés dans le cadre du cours, voire de passer des examens sous la forme traditionnelle que nous connaissons bien.

Un tel examen, même réussi brillamment, ne garantit aucunement que l'élève (on utilise maintenant le terme plus général d'apprenant) se soit forgé une image mentale (un concept) lui permettant de se représenter la réalité et de faire des raisonnements qualitatifs (sans calculs) avec une approximation suffisante pour éviter les fautes grossières comme la confusion entre la force et la pression.

On peut ajouter qu'une représentation mentale a de bien meilleures chances d'être mémorisée à long terme qu'une formule, surtout si on n'a pas compris la réalité à laquelle elle se rapporte.

Une bonne représentation mentale de ces concepts est un facteur important pour la sécurité du plongeur. Cet article propose un commentaire didactique et un extrait de 5 pages du livre **PLONGER EN SÉCURITÉ**.

Faire un état de la situation

Il est utile et très instructif de commencer un cours de physique en demandant aux apprenants d'expliquer de la manière la plus concrète possible comment ils se représentent les notions qui seront développées.

Dans le cas qui nous intéresse, on constate que la représentation de la matière sous forme discontinue (grains de matière) et d'un gaz sous la forme de vide parcouru par de rares grains de matière est parfois remplacée par d'autres représentations, souvent fausses et parfois farfelues. Je conseille dans ce cas d'insister et de faire preuve de patience car la réticence des apprenants à prendre la parole est moins due à l'absence de représentations personnelles qu'à la timidité pour les exprimer.

Ne pas nier les difficultés

On est tenté de rassurer en affirmant que ces notions ne sont pas si compliquées et qu'en appliquant docilement les formules tout ira pour le mieux (c'est parfois vrai, au moins pour passer les examens...). Une telle attitude risque d'enfermer l'apprenant dans sa conviction qu'il est nul puisque des notions si faciles lui paraissent si difficiles!

Au contraire, en affirmant d'entrée que ces représentations de la matière sont difficiles et peu naturelles, que les scientifiques ont mis des siècles à les élaborer et qu'il est compréhensible d'éprouver des difficultés à se les approprier, vous stimulerez leur curiosité et les aiderez à faire l'effort nécessaire pour surmonter ces obstacles conceptuels.

Des comparaisons comme celles proposées à la page 109 (voir ci-après) peuvent les aider, même si on doit garder à l'esprit que de telles comparaisons ont leurs limites (la dispersion des spectateurs à la sortie d'un cirque se fait sur un plan tandis que les grains de matière d'un gaz se dispersent dans l'espace; la trajectoire de ces spectateurs n'est pas rectiligne et les forces de cohésion entre particules ne sont pas représentées...).

Approche qualitative des phénomènes, puis des problèmes

Pour vérifier si chacun s'est forgé une bonne représentation de la structure de la matière, une méthode efficace consiste à reformuler ce qu'on observe concrètement dans notre quotidien en termes de grains de matière, de forces de cohésion et d'espace occupé. On peut aussi résoudre la plupart des problèmes simples en donnant des solutions correctes, même si elles sont approximatives.

Exemples (*attention, certains sont difficiles à expliquer correctement!*)

- L'eau bout lorsqu'on la chauffe.
- L'eau bout à une température plus basse en haute montagne qu'au bord de la mer.
- L'eau bout à une température plus élevée dans une marmite à vapeur que dans une casserole ouverte
- La température d'une bouteille de plongée qu'on remplit s'élève de plusieurs degrés.
- La température d'une bouteille de plongée qu'on vide baisse de plusieurs degrés.
- Le gaz d'un briquet sort à pression constante mais il est sous forme liquide dans le réservoir.
- Les courants de convection.
- Le vent.
- Pourquoi la pression de l'air dans un pneu ne double-t-elle pas lorsque la température du pneu passe de 20°C à 40 °C ?

Conclusion

Lorsqu'on aborde des notions de sciences naturelles en général et de physique en particulier, il est utile de commencer par faire un état de la situation des représentations personnelles des apprenants.

Certains concepts sont difficiles à appréhender et il faut en être conscient. Citons par exemple les notions de taille d'un atome ou d'une molécule, de gaz, de force, de pression et de température.

Cet état de la situation permet de mesurer les difficultés à surmonter afin que chacun se forge une représentation suffisamment correcte pour raisonner "juste" et de manière autonome dans des situations simples qui comportent des phénomènes concrets de la vie courante.

Même si elle n'est que rarement évaluée dans les examens traditionnels, cette compétence pour aborder les phénomènes de manière qualitative est un facteur de sécurité important car elle permet une meilleure intégration de la théorie dans l'exercice de la plongée.

LES ÉTATS DE LA MATIÈRE

Les substances qui nous entourent sont constituées de « grains de matière », qu'on peut considérer comme indestructibles en physique élémentaire. Ce sont des atomes isolés ou des molécules, les molécules étant des atomes soudés en paquets par des liaisons chimiques. Ces grains peuvent se présenter sous trois formes qui correspondent aux trois principaux états de la matière : l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux.

Dans une matière à l'état solide, les grains de matière sont proches et ne changent pas de place les uns par rapport aux autres – un peu comme des spectateurs assis à leur place au cirque.

Un solide a une forme propre (il n'en change pas spontanément), on peut le tenir dans un tissu, il est formé de morceaux visibles à l'œil nu, à la loupe ou au microscope.

Un solide est incompressible, il a un volume défini. Il faut de l'énergie pour fragmenter un solide.

Dans une matière à l'état liquide, les grains de matière sont proches mais de manière irrégulière; ils peuvent changer de place les uns par rapport aux autres, on dit que la matière liquide peut s'écouler – un peu comme des spectateurs qui sortent de la tente du cirque à la fin du spectacle.

Les grains de matière sont les uns contre les autres; la cohésion entre eux existe encore (ils ont tendance à rester ensemble) mais les forces qui les maintenaient à leur place ont disparu.

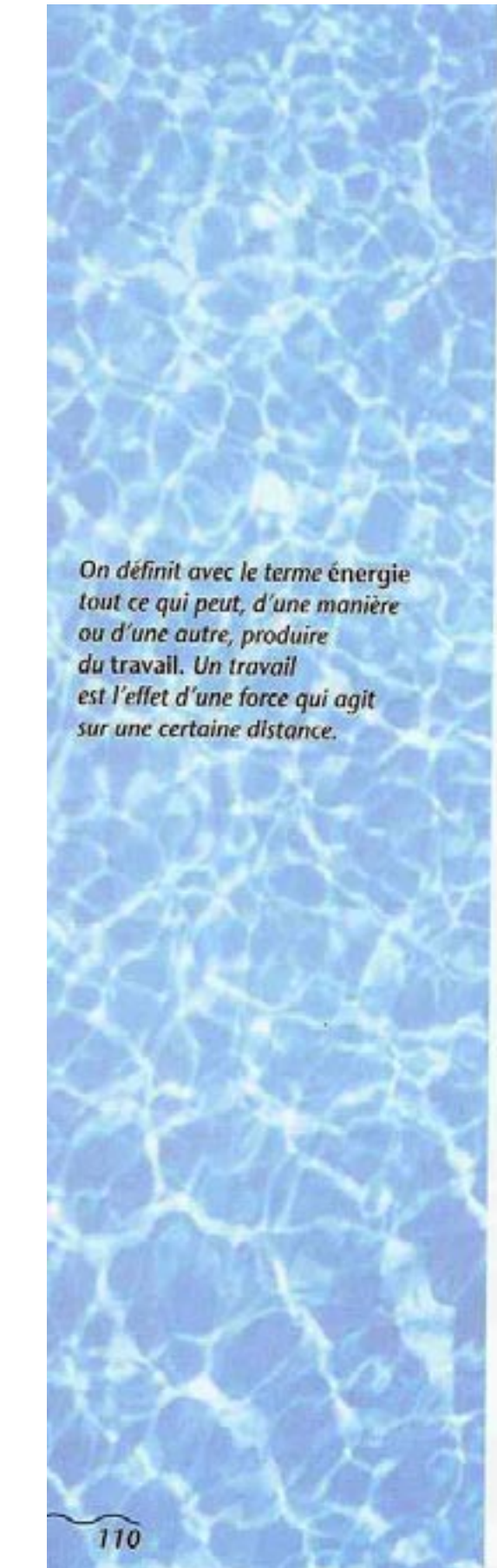
Un liquide n'a pas de forme propre (il en change spontanément), on ne peut pas le tenir dans un tissu car il passe à travers. Il est formé de morceaux invisibles, même au microscope.

Un liquide qui n'est pas soumis à des accélérations (qui n'est pas secoué ou remué, qu'on laisse tranquille...) a une surface plane.

Un liquide est incompressible, il a un volume défini. Il faut de l'énergie pour fragmenter un liquide, mais beaucoup moins que pour un solide.

Dans une matière à l'état gazeux, les grains de matière sont dispersés dans l'espace – un peu comme des spectateurs qui se dispersent en s'éloignant de l'emplacement du cirque.





On définit avec le terme énergie tout ce qui peut, d'une manière ou d'une autre, produire du travail. Un travail est l'effet d'une force qui agit sur une certaine distance.

Les grains de matière sont éloignés les uns des autres et se déplacent en ligne droite dans le vide jusqu'à ce qu'ils rencontrent un obstacle sur lequel ils rebondissent; les forces qui les maintenaient proches les uns des autres à l'état liquide ont disparu.

Un gaz n'a pas de forme propre, on ne peut pas le tenir dans un tissu car il passe à travers, il est formé de morceaux invisibles, même au microscope.

Un gaz n'a pas de contours bien définis; il occupe tout l'espace disponible.

Un gaz est compressible, son volume est variable.

Il ne faut aucune énergie pour fragmenter un gaz, il suffit de lui laisser de la place et il la remplit spontanément.

LE GAZ ET LA TEMPÉRATURE

Une balle de tennis qui arrive sur une raquette contient de l'énergie (*de l'élan*). Cette énergie déforme la balle et la raquette sur de très courtes distances (*c'est du travail*). Ces déformations étant élastiques, l'énergie est en grande partie restituée à la balle qui repart dans une autre direction, le reste se transforme en chaleur.

Une voiture qui arrive contre un mur contient de l'énergie (*de l'élan*). Cette énergie déforme la voiture sur une certaine distance (*c'est du travail*). Cette déformation est définitive car elle n'est pas élastique. L'énergie s'est transformée en chaleur.

Toutes les déformations non élastiques (*les physiciens parlent de déformations plastiques*) libèrent de la chaleur. Cette chaleur vient de l'énergie qu'il a fallu pour déformer les objets.

Une expérience facile à réaliser illustre ce phénomène: un fil de fer qu'on plie et déplie plusieurs fois de suite au même endroit devient très chaud, on peut même se brûler dans certains cas.

Une chambre contenant des balles qui rebondissent parfaitement (*sans perdre leur élan*) serait éternellement martelée par les impacts. Dans la vie courante, le rebond parfait n'existe pas et une partie de l'élan se transforme en chaleur. Les balles ralentissent à chaque rebond et finissent par s'arrêter. La température des balles et des murs de la chambre s'est élevée. Dans un solide, l'agitation des grains a une limite au-delà de laquelle ils se détachent les uns des autres; le solide se met alors à *fondre*, il se transforme en liquide.

Dans un liquide, l'agitation des grains a une limite au-delà de laquelle ils s'éloignent les uns des autres; le liquide se met alors à bouillir, il se transforme en gaz. Dans un gaz, les grains se déplacent dans le vide et leur vitesse est très grande. À température ambiante, leur vitesse dépasse 1 000 km/h.

Pour comprendre ce qu'est un gaz, reprenons notre dernier exemple.

Imaginons maintenant une boîte contenant de l'air. On peut la comparer à la chambre avec les balles. Chaque grain d'air qu'elle contient rebondit comme une balle sur les parois de la boîte.

Bien que solides, les parois de la boîte sont aussi formées de grains agités (même s'ils sont fortement liés entre eux); cette agitation est la température de la boîte.

Il n'est pas difficile d'imaginer que les grains d'air ne s'arrêteront jamais tant que les grains des parois seront agités.

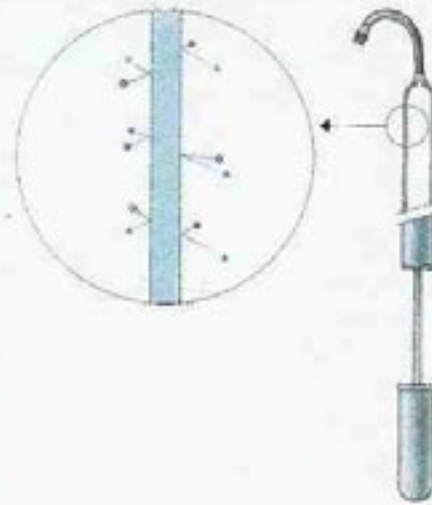
À 20 °C, les grains d'air sont gazeux (détachés les uns des autres) tandis que ceux de l'acier ou de la pierre sont encore solides (liés entre eux); les uns comme les autres ont cependant une agitation qui correspond à 20 °C.

À température ambiante, l'air reste gazeux et ne tombe pas sous forme de gouttes ou de morceaux; pour que cela arrive, il faudrait que la température (l'agitation des molécules de gaz) baisse énormément, c'est-à-dire qu'elle s'approche de -273 °C.

La température d'un corps – qu'il soit solide, liquide ou gazeux – est la mesure de l'agitation de ses grains de matière (molécules ou atomes). Plus les grains de matière d'un corps sont agités, plus sa température est élevée.



VOLUME, TEMPÉRATURE ET PRESSION D'UN GAZ



Essayons, avec le modèle que nous venons d'utiliser, de décrire l'intérieur d'une pompe à vélo.

- L'air dans la pompe est constitué de grains qui se déplacent à une certaine vitesse en ligne droite dans le vide jusqu'à ce qu'ils rebondissent contre un autre grain d'air ou contre un grain de la paroi de la pompe.
- La pompe est constituée d'un solide formé de grains maintenus à leur place par des forces de cohésion.
- L'extérieur de la pompe est « bombardé » de la même manière que l'intérieur (même température et même pression).

La température de l'air, à l'intérieur et à l'extérieur de la pompe, est la vitesse des grains d'air.

La pression de l'air, à l'intérieur et à l'extérieur de la pompe, est la combinaison du nombre des rebonds et de la vitesse des grains.

Tous ces chocs de part et d'autre de la paroi entretiennent mutuellement leur agitation – la température reste stable – et, globalement, la situation est équilibrée – les parois de la pompe sont poussées autant dans un sens que dans l'autre, autant vers l'intérieur que vers l'extérieur.

Que se passe-t-il si nous appuyons sur le piston de la pompe tout en empêchant l'air de sortir ?

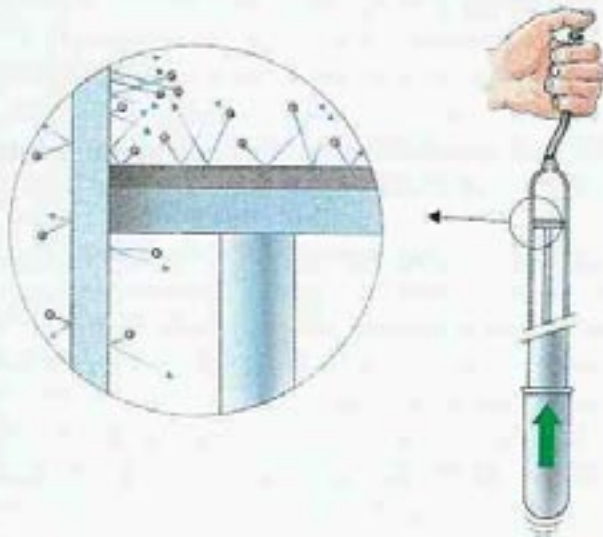
- Lorsqu'on appuie sur le piston, les grains d'air vont augmenter leur vitesse et se rapprocher les uns des autres.

- ☉ À l'intérieur de la pompe, la température de l'air (vitesse des grains d'air) augmente. Cela se répercute sur la paroi de la pompe. On remarque que « ça chauffe »!
- ☉ La pression de l'air a augmenté car les grains vont plus vite et ils sont plus serrés. À la longue, leur vitesse va retomber jusqu'au niveau de la température environnante mais ils continueront à être plus serrés qu'à l'extérieur: la pression va baisser un peu mais elle demeurera supérieure à celle de l'extérieur de la pompe. Cette pression crée une force qui repousse le piston; elle peut être considérable.
- ☉ On comprend facilement qu'il faudra serrer les grains d'air dans 2 fois moins d'espace pour qu'ils rebondissent en moyenne 2 fois plus sur les parois.

Deux fois moins de volume implique deux fois plus de pression... nous retrouverons souvent ce phénomène fondamental en plongée.

Conclusions

- ☉ Le volume, la température et la pression d'un gaz sont liés, on ne peut pas changer l'un sans modifier au moins un des deux autres.
- ☉ On peut prévoir ces changements avec le modèle des grains qui rebondissent.
- ☉ Un gaz comprimé contient de l'énergie comme un ressort comprimé.



Adresse

Paul Avanzi

Crêt-à-l'Aigle 8

1814 La Tour-de-Peilz, Suisse

Adresse électronique

« paul@plonger-en-securite.com »

Cet article est disponible sur le site «www.plonger-en-securite.com»