



L'enseignement de spécialité physique-chimie après les épreuves écrites

Finaliser la mise en œuvre des programmes en privilégiant des pratiques pédagogiques qui favorisent l'engagement des élèves et renforcent la pratique de l'oral

La **galerie d'exposition** est une situation d'apprentissage collaboratif illustrant une modalité de travail pouvant être mise en œuvre après mars. Les élèves sont répartis en îlots pour traiter autrement les chapitres restants du programme dans l'optique du Grand oral.

Objectifs

- Renforcer le sens du travail collectif des élèves en accentuant les pratiques collaboratives, en saisissant l'opportunité de la demande de sociabilité des élèves
- Favoriser des espaces et temps d'échanges autour d'objets communs disciplinaires.
- Développer les compétences de l'oral
- Développer l'esprit de synthèse, l'argumentaire et plus globalement travailler les niveaux supérieurs de la taxonomie de Bloom



Source : La taxonomie de Bloom révisée (2001) Lorin Anderson

Conditions facilitant la mise en œuvre

- Repenser l'aménagement des salles de cours pour adapter le lieu à la pratique pédagogique et ainsi pour permettre aux élèves d'apprendre et de s'exprimer autrement.
- L'usage de l'ENT et des outils numériques en général pour préparer l'avant- séance et l'après.

On est donc bien ici sur un questionnement de la **forme scolaire** dans ces 3 dimensions : le lieu d'apprentissage, le temps scolaire et les pratiques pédagogiques.

Exemple d'une salle aménagée pour un fonctionnement en îlots (tables regroupées ; de nombreux tableaux aux murs)

Une [vidéo de monsieur Vincent Boizet](#), enseignant au lycée Sévigné de Charleville-Mézières, académie de Reims, présente ces cours du troisième trimestre avec ses élèves de terminale spécialité physique chimie sous la forme d'une **galerie d'exposition**.



Méthode pédagogique utilisée - Galerie d'exposition

Déroulé : 4 phases de travail

Phase 1

Avant la séance, l'enseignant fournit aux élèves les supports (synthèse de cours, etc.) ; les élèves en prennent connaissance en amont et choisissent le(s) sujet(s) pour le(s)quel(s) ils ont le plus d'appétence. Ils communiquent leurs choix au professeur qui constitue les groupes (1^{re} distribution des élèves).

Phase 2

Pendant la séance, les élèves sont répartis en îlots et chaque groupe produit pendant une heure une synthèse du chapitre qui sera notée sur un des tableaux de la salle.

Phase 3

Pendant la séance, les groupes sont brassés (2^e distribution des élèves) et se déplacent ensuite de tableau en tableau. Devant chacun d'eux, l'élève qui a contribué à la rédaction de la synthèse présente aux autres élèves la notion étudiée.

Phase 4

Après la séance, tous les tableaux sont communiqués à l'ensemble des élèves et un feed-back est réalisé par l'enseignant.

Exemples avec 6 chapitres restant à traiter pour la spécialité physique chimie de la voie générale :

- A. Modélisation microscopique des transformations chimiques
- B. Évolution temporelle d'une transformation nucléaire
- C. Transformations chimiques forcées
- D. Modélisation de l'écoulement d'un fluide
- E. Effet Doppler
- F. Effet photoélectrique et enjeux énergétiques

Organisation des groupes d'élèves : 6 chapitres donc 6 groupes de 4 ou 5 élèves

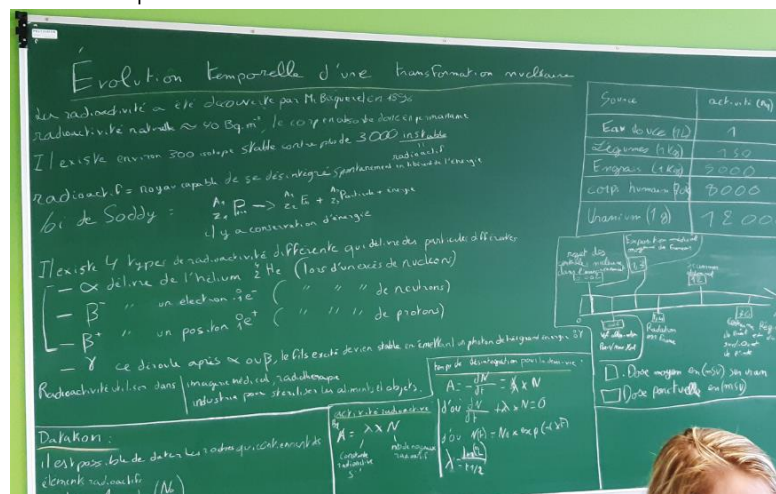
1 ^{RE} distribution	2 ^E distribution
AAAA	ABCDEF
BBBB	ABCDEF
CCCC	ABCDEF
DDDD	ABCDEF
EEEE	Ainsi chaque élève présente une fois la synthèse qu'il a réalisée en groupe lors de la 1 ^{re} distribution
FFFF	

Exemples de synthèses réalisées par les élèves

- Modélisation microscopique des transformations chimiques



- Évolution temporelle d'une transformation nucléaire



- Transformations chimiques forcées

Transformation chimique forcée

1 Piles

Anode \rightarrow Oxidation \rightarrow Cathode

Red \rightarrow Oxidation \rightarrow Red

Transformation forcée

$Q = I \times \Delta t$

$Q = n_e \times F$

Schéma accumulateur:

NRJ chimique $\xrightarrow{\text{décharge}}$ NRJ élec $\xrightarrow{\text{charge}}$ NRJ chimique

① : Générateur courant continu

Reaction d'oxydation dans les organismes chlorophylliens

Photosynthèse

$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{E}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

électrolyse de l'eau

$$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$$

électrolyse \leftarrow

$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{HO}^- (\text{aq})$$

Mots-clés

Galerie d'exposition – collaboration – Grand oral – Physique Chimie – Îlots – Aménagement de l'espace classe

Annexe – Fiches activités élèves

Activité n° 1 : transformations chimiques forcées

1. Électrolyse

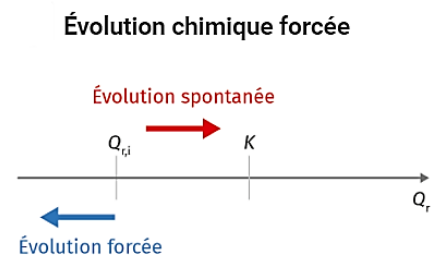
1.1 Principe général

Une **transformation d'oxydoréduction spontanée** a lieu dans un sens bien déterminé entre l'oxydant d'un couple et le réducteur d'un autre couple. Le système chimique se rapprochant de son état d'équilibre, cette transformation ne peut pas s'inverser naturellement.

Si un **générateur de courant continu** est branché correctement, il **peut inverser les transformations** ayant lieu dans le système, permettant ainsi la conversion d'énergie électrique en énergie chimique. Cette technique est appelée **électrolyse**.

1.2 Transformation chimique forcée

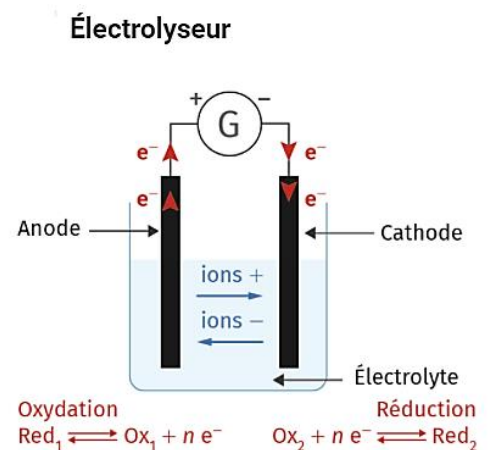
Principe : Pour inverser une transformation d'oxydoréduction, il faut imposer le changement de sens du transfert d'électrons entre les espèces des 2 couples. Cette inversion du sens de la transformation est rendue possible grâce à un générateur.



1.3 Constitution d'un électrolyseur

Définition : Un électrolyseur comporte deux électrodes, un électrolyte ionique et un générateur de courant continu qui impose le sens de circulation des électrons.

Description : L'électrode reliée à la borne positive du générateur **capte les électrons** libérés à la surface de l'électrode : une **oxydation** a donc lieu à l'**anode**. Pour l'électrode reliée à la borne négative, celle-ci **libère les électrons** à sa surface : une **réduction** se déroule à la **cathode**.



2. Bilan de matière

2.1 Charge électrique et intensité du courant

Durant une électrolyse, le système est traversé par une charge électrique Q , exprimée en coulomb (C), égale à :

$$Q = I \times \Delta t$$

Q : charge électrique (en coulomb C)

I : intensité délivrée par le générateur (en ampère A)

Δt : durée de l'électrolyse (en s)

2.2 Charge électrique et quantité d'électrons

La charge électrique Q est aussi égale à :

$$Q = n_e \times F$$

Q : charge électrique (C) n_e : quantité d'électrons échangés (mol)

F : constante de Faraday égale à $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

2.3 Quantité de matière des produits formés

Point de méthode : Ce sont les coefficients stœchiométriques des équations des réactions électrochimiques aux électrodes qui permettent de faire le lien entre la quantité de matière de produit n_{produit} et la quantité d'électrons échangés n_e .

2.4 Application

On étudie un électrolyseur constitué d'une anode en zinc et d'une cathode constituée d'un objet en fer baignant dans une solution contenant des ions $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$. On souhaite recouvrir l'objet en fer (sensible à la corrosion) par une couche protectrice de zinc.

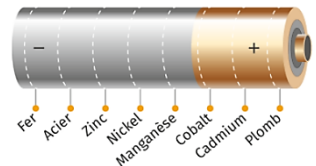
Établir l'expression de la quantité de $\text{Zn}(\text{s})$ déposé sur le fer en fonction de l'intensité du courant et de la durée Δt de l'électrolyse.

3. Stockage et conversion d'énergie

3.1 Piles

Description : Lorsqu'elle débite un courant électrique, une pile, qu'elle soit saline, alcaline ou au lithium, **convertit l'énergie chimique en énergie électrique** grâce à une **transformation spontanée d'oxydoréduction**.

Composition d'une pile



Remarque : En raison de leur taille, les piles **stockent peu d'énergie chimique** et fournissent donc une énergie électrique limitée. Elles contiennent des électrolytes et électrodes polluants (nickel, cadmium, etc.) qui en font des déchets dangereux pour l'environnement.

3.2. Accumulateurs

Description : Les accumulateurs (souvent appelés piles rechargeables par abus de langage) sont des systèmes électrochimiques rechargeables. Lors de la décharge, une transformation d'oxydoréduction spontanée se produit et, lors de la recharge, la transformation inverse forcée permet de reformer les réactifs.

Schéma d'un accumulateur

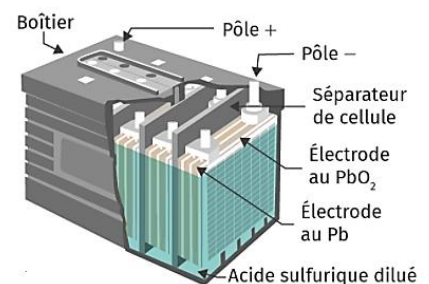
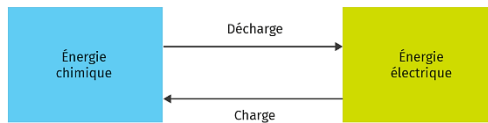


Schéma de principe :



Vocabulaire :

Batterie : ensemble constitué de plusieurs accumulateurs en série. Ainsi, les batteries au plomb de voiture 12 V sont composées en général de 6 accumulateurs de 2 V en série.

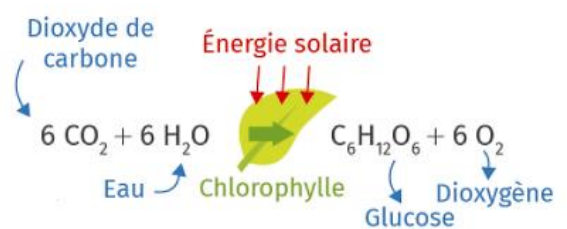
4. Une réaction d'oxydoréduction forcée dans les organismes chlorophylliens

<https://assets.ils.fr/pages/16412196/svtt21numphotosynthese-damien.mp4>

Certaines réactions d'oxydoréduction sont forcées par un facteur extérieur, différent du courant électrique.

Dans le cas des végétaux chlorophylliens, la photosynthèse est réalisée grâce aux photons de la lumière visible.

Équation de la photosynthèse



Ainsi, la plante convertit du dioxyde de carbone, CO_2 , en présence d'eau, H_2O , en matière organique qui forme une réserve d'énergie chimique.

Activité n° 2 : modélisation de l'écoulement d'un fluide

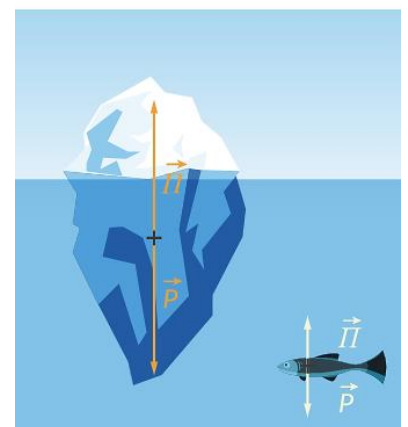
1. Poussée d'Archimède

1.1 Définition

La poussée d'Archimède est la résultante des forces de pression exercées par un fluide au repos sur un corps immergé dans ce fluide. Pour un fluide à l'équilibre dans un champ de pesanteur uniforme, il n'y a pas de mouvement.

En se plaçant dans un référentiel galiléen et en considérant comme système un volume fini V de fluide, pas nécessairement homogène, dont on choisit la forme et la position, les forces s'exerçant sur le volume V sont :

- le poids \vec{P} ;
- la résultante des forces de pression $\vec{\Pi}$.



D'après la première loi de Newton : $\vec{O} = \vec{P} + \vec{\Pi}$

Pour tout objet qui occupe le volume V , quelle que soit sa nature, en l'absence de mouvement, la pression dans le fluide est la même que lorsque l'objet est remplacé par un fluide.

La résultante des forces de pression sur un corps dans un fluide s'écrit donc :

$$\vec{\Pi} = -\vec{P}_{\text{fluide déplacé}}$$

Dans le cas où le corps est intégralement immergé dans un fluide de masse volumique uniforme :

$$\vec{\Pi} = -\rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times \vec{g}$$

1.2 Application

On étudie deux situations représentées dans le document ci-dessus. Tout d'abord, un poisson de volume $V = 500 \text{ cm}^3$ immergé dans de l'eau de mer de masse volumique égale à $\rho = 1,05 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Puis un iceberg de volume $V = 1 \times 10^8 \text{ m}^3$, dont la proportion de volume sous la surface de l'eau est égale à 90 % et la proportion du volume sur la surface de l'eau est égale à 10 %.

Calculer les valeurs des poussées d'Archimède dans les deux situations. Pour l'iceberg, comparer l'action de l'air et l'action de l'eau.

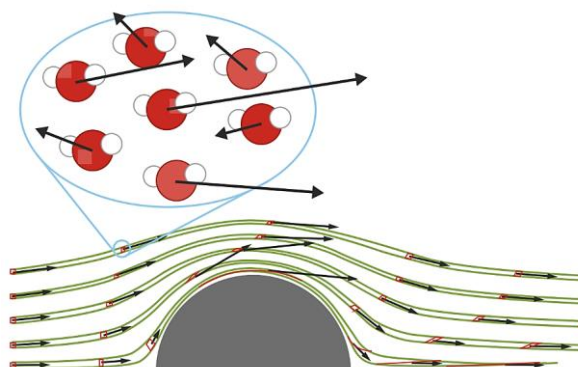
2. Écoulements de fluides

2.1 Modèle de la particule de fluide

Définition : Le fluide est modélisé simplement par un grand nombre de petits volumes appelés **particules de fluide**.

Les particules fluides en rouge peuvent être très déformées durant leur passage dans l'écoulement. Les tubes de courant (en vert) se comportent comme des tuyaux qui entourent les particules fluides. Le vecteur vitesse de chaque particule fluide est représenté en noir.

Propriété : La vitesse d'un petit volume de fluide est la vitesse moyenne des entités qui le composent. Une particule de fluide compte un nombre important d'entités microscopiques. Les particules de fluide sont petites devant les échelles de l'écoulement.



2.1. Mouvement du fluide

Remarque : Bien qu'un fluide soit beaucoup plus complexe qu'un solide ou un point matériel, son étude se fait de la même manière : en se plaçant dans un référentiel galiléen et en commençant toujours par définir un système d'étude, ici une particule de fluide.

Définition : Le mouvement du fluide est décrit par un champ de vitesse, qui est l'ensemble des vecteurs vitesse de toutes les particules du fluide.

Vocabulaire :

- La ligne de courant correspond aux trajectoires suivies par les particules de fluide. Si le mouvement du fluide n'est pas trop compliqué, il reste confiné dans des tubes de courant, c'est-à-dire des ensembles de lignes de courant qui se déforment au sein de l'écoulement. L'exemple le plus simple de tube de courant est le contour d'un tuyau, que le fluide ne peut jamais traverser.
- Un fluide incompressible est un fluide, c'est-à-dire un liquide ou un gaz, dont la masse volumique ρ est uniforme et constante.
- Écoulement permanent est un écoulement où le vecteur vitesse v est indépendant du temps, mais peut varier avec la position. On parle également d'écoulement stationnaire.

2.2 Conservation du débit volumique (ou débit en volume)

Pour caractériser les écoulements, on introduit une nouvelle grandeur, le **débit volumique** D_v :

$$D_v = \frac{dV}{dt}$$

D_v : débit volumique ($m^3 \cdot s^{-1}$)
 V : volume d'eau écoulée (m^3)
 t : temps (s)

Propriété : La masse d'une particule de fluide reste constante au cours du temps. Pour un écoulement incompressible, le volume d'une particule de fluide reste constant même si elle se déforme.

Il existe alors une relation entre le débit volumique D_v et la surface S traversée :

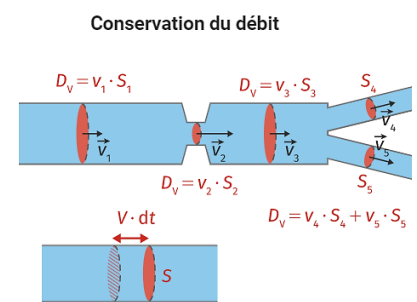
$$D_v = v \cdot S$$

D_v : débit volumique ($m^3 \cdot s^{-1}$)
 v : vitesse d'écoulement ($m \cdot s^{-1}$)
 S : surface traversée par l'écoulement (m^2)

Propriété : Si l'écoulement est aussi permanent, il y a conservation du débit volumique. Le long d'un tube de courant, le débit volumique est constant et uniforme :

$$D_v = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2$$

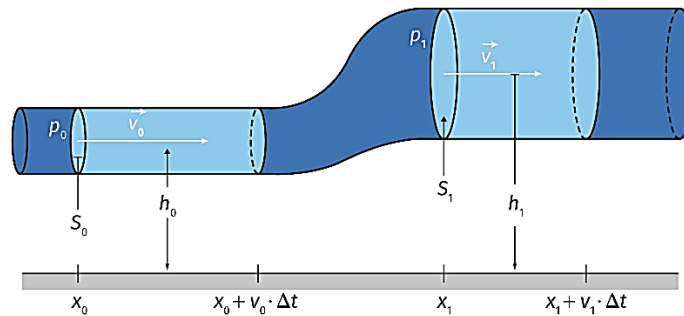
Remarque : Cette loi de conservation est très utile pour calculer des vitesses en différents points d'un écoulement.



3. Dynamique des fluides incompressibles

3.1 Relation de Bernoulli (voir AE)

En l'absence de forces de frottement et dans l'hypothèse du fluide parfait, l'énergie mécanique d'une particule de fluide est constante au cours de son déplacement.



En prenant en compte son énergie cinétique, son énergie potentielle de pesanteur et l'énergie potentielle liée aux forces de pression, Bernoulli a démontré, pour un écoulement permanent et incompressible :

$$\rho \cdot \frac{v_0^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_0 + p_0 = \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 + p_1$$

ρ : masse volumique du fluide ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

v_0 et v_1 : vitesses d'écoulement ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

g : intensité de pesanteur ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)

h_0 et h_1 : hauteurs des points de mesure (m)

p_0 et p_1 : pressions aux points de mesure (Pa)

Remarques importantes :

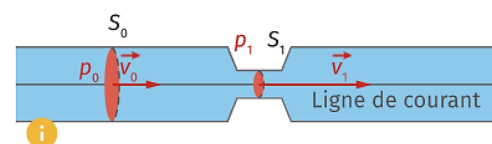
- Le terme $\rho \cdot \frac{v^2}{2}$ représente l'énergie cinétique du fluide par unité de volume.
- Le terme $\rho \cdot g \cdot h$ représente l'énergie potentielle de pesanteur par unité de volume.
- La pression p est également homogène à une énergie par unité de volume.

3.2 Effet Venturi

Lorsqu'un fluide arrive dans une conduite qui se resserre ou lorsque le tube de courant d'un écoulement change de taille, la loi de Bernoulli permet de déterminer les propriétés de l'écoulement.

On suppose la conduite horizontale afin de négliger l'effet de la pesanteur ($h_0 = h_1$)

Effet Venturi



L'effet Venturi est mis à profit dans de nombreuses applications, pour mesurer des vitesses ou pour réaliser une trompe à vide, utilisée en chimie.

Le résultat principal est surprenant, car on pourrait s'attendre à une augmentation de la pression puisque l'on appuie sur le fluide pour le faire rentrer dans un rétrécissement du tube.

D'après la conservation du débit volumique $v_0 \cdot S_0 = v_1 \cdot S_1$ et avec la loi de Bernoulli :

$$\rho \cdot \frac{v_0^2}{2} + p_0 = \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + p_1$$

$$p_1 = p_0 + \rho \cdot \frac{v_0^2 - v_1^2}{2}$$

$$p_1 = p_0 + \rho \cdot \frac{v_0^2}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{S_0}{S_1}\right)^2\right)$$

En conclusion : Pour une conduite horizontale, lorsque la **section diminue**, la vitesse augmente et la **pression diminue**. C'est l'**effet Venturi**.

Tout ce chapitre peut être animé par de belles expériences, à revoir sur le site suivant : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/physique-animee-Bernoulli.xml>

Activité n° 3 : activité expérimentale

Conservation du débit volumique d'un fluide incompressible - Loi de Torricelli, un cas particulier de la relation de Bernoulli

Objectifs

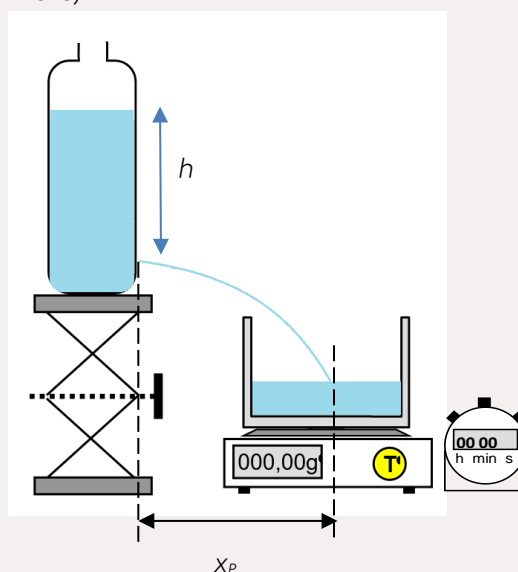
Exploiter et vérifier la **conservation du débit volumique** pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible.

Retrouver la conservation de l'énergie mécanique lors de l'écoulement d'un fluide incompressible, aboutissant à la loi de Torricelli qui est un cas particulier de la **relation de Bernoulli**.

Documents de travail

Doc 1. Principe de l'expérience

(voir aussi le dessin en annexe)



Doc 2. Conservation du débit

Le débit volumique D_v s'écrit : $D_v = \frac{dV}{dt} = v \cdot S$

D_v : débit volumique ($m^3 \cdot s^{-1}$)

V : volume d'eau écoulé (m^3)

t : temps (s)

v : vitesse d'écoulement du fluide ($m \cdot s^{-1}$)

S : surface traversée par le fluide (m^2)

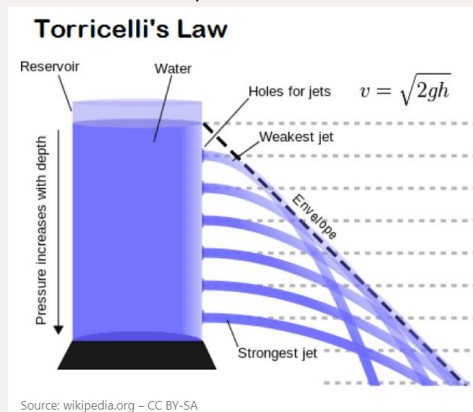
Le débit volumique se conserve dans un écoulement de fluide incompressible. Dès lors, on peut écrire : $v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2$

v_1 et v_2 : vitesses d'écoulement ($m \cdot s^{-1}$)

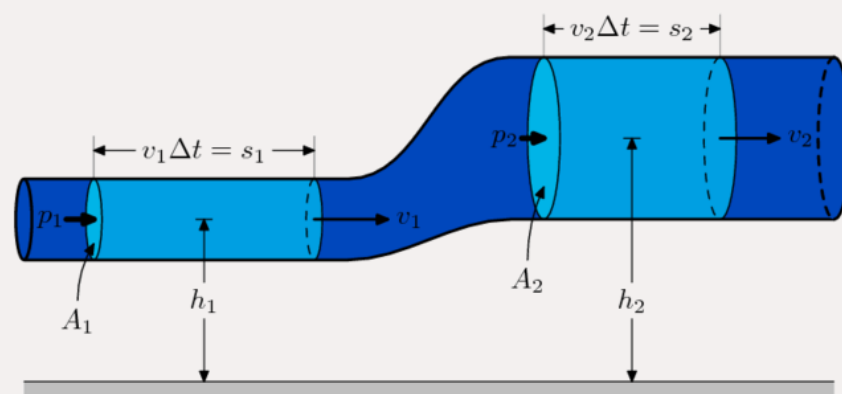
S_1 et S_2 : surfaces traversées (m^2)

Doc 4. Loi de Torricelli (1643)

La vitesse v du fluide s'écoulant par un orifice sous la force de gravité dans un réservoir est proportionnelle à la racine carrée de la distance verticale h entre la surface du liquide et le centre de l'orifice et à la racine carrée de deux fois l'accélération provoquée par la gravité ($g = 9,81 \text{ N/kg}$ près de la surface de la Terre).



Doc 5. Relation de Bernoulli (1738)



CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=222599>

En l'absence de forces de frottement et dans l'hypothèse du fluide parfait, l'énergie mécanique d'une particule fluide est constante au cours de son déplacement. En prenant en compte son énergie cinétique, son énergie potentielle de pesanteur et l'énergie potentielle liée aux forces de pression, Bernoulli a démontré, pour un écoulement permanent et incompressible :

$$\rho \cdot \frac{v_0^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_0 + p_0 = \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 + p_1$$

ρ : masse volumique du fluide ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
 v_0 et v_1 : vitesses d'écoulement ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
 g : intensité de pesanteur ($\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 h_0 et h_1 : hauteurs des points de mesure (m)
 p_0 et p_1 : pressions aux points de mesure (Pa)

Doc 6. Protocole

Le trou est d'abord obturé (en plaçant un doigt dessus). On relève la graduation initiale z_0 sur la tige au niveau du bord supérieur du tube.

Au moment où on libère le trou, on déclenche le chronomètre et on relève à intervalles de temps réguliers (toutes les 10 secondes) les grandeurs suivantes en fonction du temps :

- La position $z(t)$ de la tige pour en déduire la hauteur $h(t)$ d'eau présente au-dessus du trou ;
- La portée $x_P(t)$ du jet d'eau pour une certaine altitude négative $z_P = \dots$ sous le niveau du trou ;
- La masse d'eau $m(t)$ qui s'est écoulée.

Questions

- 1 Réaliser les mesures selon le protocole décrit en choisissant le trou le plus grand de diamètre $d_2 = 4,0$ mm.
Il faudra relever la position initiale h_0 de l'eau dans le tube par rapport à la position de ce trou.
- 2 Répéter les mesures selon le même protocole pour les 3 autres trous de diamètre 3,5 mm, 3,0 mm et 2,5 mm.
- 3 Exprimer le débit volumique D_{v1} du fluide en fonction de la dérivée $\frac{dh}{dt}$.
- 4 Exprimer le débit volumique D_{v2} du fluide en fonction de la dérivée $\frac{dm}{dt}$.
- 5 Vérifier la conservation du débit volumique.
- 6 En retrouvant l'équation de la trajectoire du jet d'eau, montrer que la vitesse d'éjection v_2 du jet est donnée par l'expression : $v_2 = x_P \cdot \sqrt{\frac{g}{-2 \cdot z_P}}$
- 7 Exprimer cette fois le débit volumique D_{v2} du fluide en fonction de v_2 . On le notera par exemple « $D_{v2\text{bis}}$ ».
Vérifier que la détermination de v_2 à partir de la mesure de la portée du jet est satisfaisante.
- 8 Vérifier la loi de Torricelli à partir des mesures réalisées.
- 9 En quoi la loi de Torricelli peut-elle être considérée comme un cas particulier de la relation de Bernoulli ?