

LES GAZ ET L'ATMOSPHERE

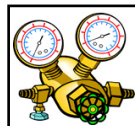


APERÇU DU REGROUPEMENT

Dans le présent regroupement, les élèves vont approfondir leur compréhension des propriétés des gaz en observant les interrelations entre la pression, le volume et la température d'un gaz. De plus, les élèves exploreront les gaz dans l'atmosphère et comment certains gaz libérés par l'activité humaine influencent la qualité de l'air. Des applications pratiques des gaz seront aussi étudiées.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

L'intention du regroupement présent n'est pas de simplement fournir les formules mathématiques des relations entre la pression, le volume et la température. On veut que les élèves approfondissent leur compréhension conceptuelle grâce aux représentations visuelles, numériques, graphiques et particulières. Le mode de représentation symbolique est présenté vers la fin du regroupement lorsque les élèves ont fait plusieurs observations et utilisé la théorie cinétique moléculaire afin d'expliquer les interrelations entre la pression, la température et le volume chez les gaz.

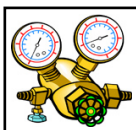


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en **blocs d'enseignement**. À souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de chimie. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Quoi qu'il en soit, les élèves doivent réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la chimie 11^e année.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la chimie 11^e année ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent s'enseigner pendant l'année scolaire.

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	La répartition des gaz dans l'atmosphère et la qualité de l'air	C11-2-01, C11-2-02, C11-0-R1, C11-0-R2, C11-0-R4, C11-0-R5, C11-0-S5	2,5 h
Bloc B	La pression	C11-2-03, C11-2-04, C11-0-C1, C11-0-C2	1 h
Bloc C	La relation entre la pression et le volume d'un gaz	C11-2-05, C11-0-S1, C11-0-S5, C11-0-S7, C11-0-S8, C11-0-S9	2 h
Bloc D	La relation entre la température et le volume d'un gaz	C11-2-06, C11-0-S7, C11-0-S8, C11-0-S9	2 h
Bloc E	La relation entre la pression et la température d'un gaz	C11-1-07, C11-0-S5, C11-0-S7	2 h
Bloc F	La résolution de problèmes	C11-2-08, C11-0-C1, C11-0-C2	1,5 h
Bloc G	Les applications des gaz	C11-2-09, C11-0-R1, C11-0-R3, C11-0-R5, C11-0-G1	2 h
<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>			1 à 2 h
Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement			14 à 15 h



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre des manuels scolaires du Manitoba (CMSM).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

CHANG, Raymond, et Luc PAPILLON. *Chimie fondamentale, 3^e édition – Chimie générale volume 1*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2009.

[R] CLANCY, Christina, et al. *Chimie 11 – STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill, 2011. (DREF 540 C518c 11, CMSM 97382)

[R] CLANCY, Christina, et al. *Chimie 11 – STSE – Manuel de l'élève*, Montréal, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill, 2011. (DREF 540 C518c 11, CMSM 97383)

[R] CLANCY, Christina, et al. *Chimie 12 STSE – Manuel de l'élève*, Montréal, TC Média Livre Inc., 2014. (CMSM 98878)

[R] EDWARDS, Lois, et al. *Chimie 12 STSE – Guide d'enseignement*, Montréal, TC Média Livres Inc., 2014. (CMSM 91609)

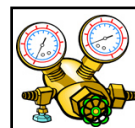
FLAMAND, Eddy et Jean-Luc ALLARD. *Chimie générale, 2^e édition*, Mont-Royal, Éd. Modulo, 2004. (DREF 541 F577c)

HAYNES, William M., éd. *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 95th Edition*, Boca Raton, CRC Press, 2014. [ressource qui contient beaucoup d'information et de données sur les propriétés des composés chimiques]

HILL, John W. et al. *Chimie générale*, Saint-Laurent, Éd. du Renouveau pédagogique, 2008. (DREF 541 H646c 2008)

[R] JENKINS, Frank, et al. *Chimie 11-12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2008. (DREF 540 J52ch, CMSM 96139)

[R] JENKINS, Frank, et al. *Chimie 11-12 – Manuel de l'élève*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2008. (DREF 540 J52ch, CMSM 97715)



- [R] MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE. *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : Une ressource didactique*, Winnipeg, Manitoba, Le Ministère, 2000. (DREF P.D. 507.12 E59, CMSM 93965) [stratégies de pédagogie différenciée]
- [R] MUSTOE, Frank, et al. *Chimie 11 – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill, 2002. (DREF 540 C518c 11, CMSM 91607)
- [R] MUSTOE, Frank, et al. *Chimie 11 – Manuel de l'élève*, Montréal, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill, 2002. (DREF 540 C518c 11)
- [R] MUSTOE, Frank et John IVANCO. *Chimie 12 – Guide d'enseignement*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2003. (DREF 540 C518c 12, CMSM 91609)
- [R] MUSTOE, Frank et John IVANCO. *Chimie 12 – Manuel de l'élève*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2003. (DREF 540 C518c 12, CMSM 91610)

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

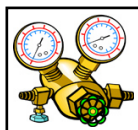
Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

- [R] *Québec Science*, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

- [R] *Science et vie junior*, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

- [R] *Science et vie*, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

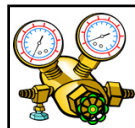


DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

- [R] JENKINS, Frank, et al. *Chimie 11-12 – Banque d'évaluation informatisée*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2008. (DREF 540 J52ch, CMSM 96140)
- [R] JENKINS, Frank, et al. *Chimie 11-12 – Banque d'images*, Montréal, Éd. Chenelière Éducation, 2008. (DREF 540 J52ch, CMSM 96141)

SITES WEB

- [R] *Accord in extremis*. <<http://www.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2009/12/19/001-Copenhague-samedi.shtml>> (consulté le 5 avril 2013). [reportage de Radio-Canada sur le sommet de Copenhague]
- Agence Science-Presse. <<http://www.sciencepresse.qc.ca/>> (consulté le 8 octobre 2014). [excellent répertoire des actualités scientifiques issues de nombreuses sources internationales; dossiers très informatifs]
- [R] *Agir sur les changements climatiques : Portail du système des Nations Unies*. <<http://www.un.org/fr/climatechange/>> (consulté le 5 avril 2013). [informations sur les changements climatiques]
- [R] *Air*. <<http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=Fr&n=14F71451-1>> (consulté le 5 avril 2013). [fournit des renseignements sur le smog, les précipitations acides, l'ozone troposphérique, les particules, les polluants organiques persistants et le mercure]
- L'atmosphère*. <<http://bv.alloprof.qc.ca/s1347.aspx>> (consulté le 5 avril 2013).
- Avogadro*. <<http://www.micromega-hatier.com/demo/avogadro.htm>> (consulté le 5 avril 2013). [animation sur la relation entre le volume, la température et la pression]
- [R] *La boîte à bidouilles – Le ludion*. <<http://www.carbone42.com/boite-a-bidouilles/c42-num2-lamanip-leludion.html>> (consulté le 5 avril 2013). [informations sur la construction et le fonctionnement d'un ludion]
- [R] *La chimie.net*. <<http://www.lachimie.net/>> (consulté le 5 avril 2013). [site avec beaucoup d'informations et d'exercices]
- [R] *Équation d'état d'un gaz parfait*. <http://www.walter-fendt.de/ph14f/gaslaw_f.htm> (consulté le 5 avril 2013). [animation sur la relation entre la pression et la température]
- États de la matière*. <<http://phet.colorado.edu/fr/simulation/states-of-matter>> (consulté le 5 avril 2013). [animation de la relation entre la chaleur, le volume et la pression]



[R] *Loi de Boyle-Mariotte.* <<http://www.narcoses.com/pages/cours/physique/boyle.cfm>> (consulté le 5 avril 2013). [animation de la relation entre la pression et le volume d'un gaz]

[R] *Les lois simples des gaz.* <http://webplus.cheneliere.ca/exemple/quantumchimie/QC_Ch2_2_4_3.pdf> (consulté le 5 avril 2013). [activité de laboratoire sur la relation entre la pression et la température]

[R] *Ludion.* <<http://www.wikidebrouillard.org/index.php/Ludion>> (consulté le 5 avril 2013). [informations sur la fabrication et le fonctionnement d'un ludion]

Pression – influence de la température. (consulté le 8 octobre 2014). [animation eduMedia sur la relation entre la pression et la température d'un gaz – accessible à partir du site de la DREF]

Pression – influence du volume. (consulté le 8 octobre 2014). [animation eduMedia sur la relation entre la pression et le volume d'un gaz – accessible à partir du site de la DREF]

[R] *Un projet d'accord à l'arraché.* <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2009/12/18/001-copenhague_vendredi.shtml> (consulté le 5 avril 2013). [reportage de Radio-Canada sur le sommet de Copenhague]

Propriétés d'un gaz parfait. <<http://phet.colorado.edu/fr/simulation/gas-properties>> (consulté le 5 avril 2013). [animation sur la relation entre la température, la pression et le volume]

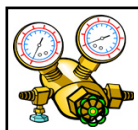
[R] *Santé publique et environnement.* <<http://www.who.int/phe/fr/index.html>> (consulté le 5 avril 2013). [fournit un point de départ pour faire des recherches sur les mesures mondiales]

La science amusante. <<http://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Catégorie:Chimie>> (consulté le 5 avril 2013). [site qui offre plusieurs démonstrations et activités de laboratoire, ainsi que des informations]

[R] *Sciences en ligne.* <<http://www.sciences-en-ligne.com/>> (consulté le 8 octobre 2014). [excellent magazine en ligne sur les actualités scientifiques; comprend un dictionnaire interactif pour les sciences, à l'intention du grand public]

[R] *Sources de pollution.* <<http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=Fr&n=F963E49C-1>> (avril 2013). [décrit divers polluants, les sources de pollution de l'air et ses effets, et fournit des prévisions sur la qualité de l'air]

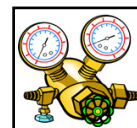
Vacuuming Students – An Illustration of Atmospheric Pressure. <<http://www.youtube.com/watch?v=qTlalf4gH5Q&feature=related>> (consulté le 5 avril 2013). [Vidéo démontrant la pression atmosphérique (site en anglais)]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE THÉMATIQUES

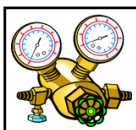
L'élève sera apte à :

- C11-2-01** reconnaître l'abondance des gaz répartis naturellement dans l'atmosphère et examiner l'évolution de leur répartition au cours des ères géologiques, entre autres l'oxygénation de l'atmosphère terrestre, le rôle du biote dans l'oxygénation, la teneur en CO₂;
RAG : D5, E3
- C11-2-02** étudier les mesures prises au Canada et dans le monde pour améliorer la qualité de l'air;
RAG : B5, D5, E2, E3
- C11-2-03** étudier l'histoire de la mesure de la pression,
par exemple l'apport de Galilée, de Torricelli, de von Gureicke, de Pascal, de Huygens, d'Avogadro, de Dalton;
RAG : A2, A4, B1, B2
- C11-2-04** décrire et comparer diverses unités servant à mesurer la pression, entre autres l'atmosphère (atm), les kilopascals (kPa), les millimètres de mercure (mmHg), les millibars (mb);
RAG : A5, B1, B2
- C11-2-05** mener une expérience pour établir la relation entre la pression et le volume d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques, entre autres l'apport historique de Robert Boyle;
RAG : A2, A4, C8
- C11-2-06** mener une expérience pour établir la relation entre le volume et la température d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques, entre autres l'apport historique de Charles, l'établissement du zéro absolu, l'échelle de température Kelvin;
RAG : A2, A4, C8
- C11-2-07** mener une expérience pour établir la relation entre la pression et la température d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques, entre autres l'apport historique de Gay-Lussac;
RAG : A2, A4, C8



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE THÉMATIQUES (suite)

- C11-2-08** au moyen d'une analyse dimensionnelle, résoudre des problèmes quantitatifs faisant intervenir les rapports entre la pression, la température et le volume d'un gaz,
entre autres, la représentation symbolique;
RAG : C3, D3
- C11-2-09** identifier diverses applications industrielles, environnementales et récréatives des gaz,
par exemple la plongée sous-marine, l'anesthésie, le coussin gonflable, le soudage à l'acétylène, les appareils au propane.
RAG : B1, B2, B4, C6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

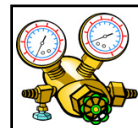
L'élève sera apte à :

Démonstration de la compréhension

- C11-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en chimie,
par exemple les analogies, les cadres de concepts, les organigrammes, les manipulatifs, les représentations particulières, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de tri et de prédiction, les cycles de mots;
RAG : D3
- C11-0-C2** démontrer une compréhension de concepts en chimie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, comparer, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, créer une analogie, utiliser des manipulatifs;
RAG : D3

Étude scientifique

- C11-0-S1** faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement,
entre autres la connaissance et l'emploi de mesures de sécurité, de règlements du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT), et de l'équipement d'urgence appropriés;
RAG : B3, B5, C1, C2
- C11-0-S2** énoncer une hypothèse ou une prédiction basée sur des données existantes ou sur des événements observés;
RAG : C2
- C11-0-S3** planifier une expérience afin de répondre à une question scientifique précise,
entre autres préciser le matériel nécessaire, déterminer les variables dépendantes, indépendantes et contrôlées, préciser les méthodes et les mesures de sécurité à suivre;
RAG : C1, C2
- C11-0-S4** sélectionner et employer l'équipement scientifique de façon appropriée et sécuritaire,
par exemple la verrerie jaugée, la balance, le thermomètre;
RAG : C1, C2

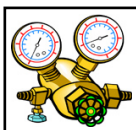


RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

- C11-0-S5** enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié,
*par exemple des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias,
des logiciels, des sondes;*
RAG : C2, C5
- C11-0-S6** estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant des unités du Système international
(SI) ou d'autres unités standard,
entre autres les conversions SI, les chiffres significatifs;
RAG : C2
- C11-0-S7** reconnaître des régularités et des tendances dans les données, en inférer et en
expliquer des relations;
RAG : C2, C5
- C11-0-S8** évaluer la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de
données,
entre autres les écarts dans les données, les sources d'erreur, le pourcentage
d'erreur;
RAG : C2, C5
- C11-0-S9** tirer une conclusion fondée sur l'analyse et l'interprétation des données,
entre autres expliquer les relations de cause à effet, déterminer d'autres
explications, appuyer ou rejeter une hypothèse ou une prédiction;
RAG : C2, C5, C8

Recherche et communication

- C11-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse,
entre autres imprimées, électroniques et humaines;
RAG : C2, C4, C6
- C11-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements,
*par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence,
l'objectivité, les préjugés;*
RAG : C2, C4, C5, C8
- C11-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

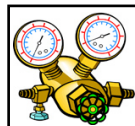
- C11-0-R4** comparer les perspectives et les interprétations proposées par les médias avec celles d'autres sources;
RAG : C2, C4, C5, C8
- C11-0-R5** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public-cible, de l'objectif et du contexte;
RAG : C5, C6

Travail en groupe

- C11-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe;
RAG : C2, C4, C7
- C11-0-G2** susciter et clarifier des questions, des idées et des points de vue divers lors d'une discussion, et y réagir;
RAG : C2, C4, C7
- C11-0-G3** évaluer les processus individuels et collectifs employés;
RAG : C2, C4, C7

Prise de décisions

- C11-0-D1** identifier et explorer un enjeu STSE courant,
par exemple clarifier ce qu'est l'enjeu, identifier différents points de vue ou intervenants, faire une recherche sur l'information/les données existantes;
RAG : C4, C8
- C11-0-D2** évaluer les implications d'options possibles ou de positions possibles reliées à un enjeu,
par exemple les conséquences positives et négatives d'une décision, les forces et faiblesses d'une position;
RAG : B1, C4, C5, C6, C7
- C11-0-D3** reconnaître que les décisions peuvent refléter certaines valeurs, et tenir compte de ses propres valeurs et de celles des autres en prenant une décision,
par exemple être en harmonie avec la nature, générer de la richesse, privilégier la liberté individuelle;
RAG : C4, C5



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

C11-0-D4 recommander une option ou identifier sa position en justifiant cette décision;
RAG : C4

C11-0-D5 évaluer le processus utilisé par soi-même ou d'autres pour parvenir à une décision;
RAG : C4, C5

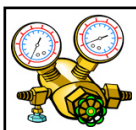
Attitudes

C11-0-A1 faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique en chimie ou d'examiner un enjeu STSE;
RAG : C2, C4, C5

C11-0-A2 valoriser le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision, la persévérance et l'ouverture d'esprit en tant qu'états d'esprits scientifiques et technologiques;
RAG : C2, C3, C4, C5

C11-0-A3 manifester un intérêt soutenu et plus éclairé pour la chimie et pour les carrières et les enjeux liés à la chimie.
RAG : B4

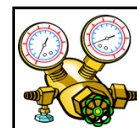
C11-0-A4 se sensibiliser à l'équilibre qui doit exister entre les besoins humains et un environnement durable, et le démontrer par ses actes.
RAG : B4, B5



Bloc A : La répartition des gaz dans l'atmosphère et la qualité de l'air

L'élève sera apte à :

- C11-2-01** reconnaître l'abondance des gaz répartis naturellement dans l'atmosphère et examiner l'évolution de leur répartition au cours des ères géologiques, entre autres l'oxygénation de l'atmosphère terrestre, le rôle du biote dans l'oxygénation, la teneur en CO₂;
RAG : D5, E3
- C11-2-02** étudier les mesures prises au Canada et dans le monde pour améliorer la qualité de l'air;
RAG : B5, D5, E2, E3
- C11-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres, imprimées, électroniques et humaines;
RAG : C2, C4, C6
- C11-0-R2** évaluer l'information obtenue afin de déterminer l'utilité des renseignements, *par exemple l'exactitude scientifique, la fiabilité, le degré d'actualité, la pertinence, l'objectivité, les préjugés*;
RAG : C2, C4, C5, C8
- C11-0-R4** comparer les perspectives et les interprétations proposées par les médias avec celles d'autres sources;
RAG : C2, C4, C5, C8
- C11-0-R5** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objectif et du contexte;
RAG : C5, C6
- C11-0-S5** enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, *par exemple des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias, des logiciels, des sondes*.
RAG : C2, C5



Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Activer les connaissances antérieures des élèves sur la composition de l'atmosphère à l'aide d'un cadre de concept.

OU

Inviter les élèves à discuter des questions suivantes :

- *C'est quoi la pollution atmosphérique?*
- *Comment mesure-t-on la qualité de l'air?*
- *La pollution atmosphérique est-elle un problème dans votre communauté?*

En sciences 10^e, les élèves ont étudié la composition et l'organisation de l'hydrosphère et de l'atmosphère (S2-4-01) ainsi que le cycle du carbone, de l'azote et de l'oxygène (S2-1-01). Les élèves ont aussi étudié le changement climatique, ses conséquences possibles et le rôle de l'activité humaine dans ce changement.

On croit généralement qu'avant l'apparition de la vie sur la Terre, la composition de l'atmosphère différait grandement de celle d'aujourd'hui. Il y a des milliards d'années, l'atmosphère était surtout formée d'ammoniac, de méthane et d'eau. On croit qu'il existait très peu d'oxygène libre. Les rayons ultraviolets du soleil ont pénétré l'atmosphère relativement dense et ont amorcé des réactions chimiques qui ont fini par engendrer la vie sur la Terre.

Selon la plupart des modèles sur l'origine de la vie, environ un milliard d'années après la création des premiers organismes primitifs, des algues bleu-vert sont apparues sur la Terre. Elles ont converti le dioxyde de carbone et l'eau en oxygène libre et en glucose par le biais du processus bien connu de la photosynthèse. Ces agents de photosynthèse ont aussi aidé à lier l'hydrogène de l'atmosphère en carbonates et en eau.

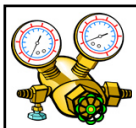
Il y avait une autre source d'oxygène importante : la photodécomposition de la vapeur d'eau par la lumière ultraviolette. À mesure que la quantité d'oxygène libre a augmenté, une couche d'ozone a commencé à se former et à filtrer les rayons ultraviolets, ce qui a été propice au développement d'espèces plus complexes. À mesure que de plus en plus de carbone était extrait de l'atmosphère, les premières formes de vie ont fourni une source de nourriture qui a favorisé l'évolution. En mourant et en se décomposant, elles ont déposé d'immenses quantités de minéraux fossilisés, tout en créant une couche de terre qui a accru la fertilité de la planète. D'après une estimation, la quantité de carbone atmosphérique extraite de cette manière aurait atteint 10^{13} tonnes.

En quête

Cadre de concept - l'atmosphère terrestre

Proposer aux élèves d'effectuer une recherche portant sur l'abondance des gaz dans l'atmosphère et leur évolution (voir *Chimie 11 STSE*, p. 564-565). Les inviter à partager l'information recueillie en complétant un cadre sommaire de concept (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26).

La majorité des manuels de chimie contiennent une liste des composants de l'atmosphère, mais peu parlent effectivement de la façon dont la composition a évolué au cours de l'histoire de la Terre (ères géologiques).



Activité – construction d'un graphique

Inviter les élèves à construire un graphique pour illustrer les niveaux de dioxyde de carbone à partir du tableau qui suit.

Tableau : Concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et changements de température (anomalie) au cours de la période 1840 – 2000*

Année	Concentration de CO ₂ (parties par million en volume, ppmv**)	Anomalie de température (°C supérieur/inférieur à la normale)
1840	280	-0,40
1955	310	-0,05
1960	312	0,00
1965	316	-0,10
1970	320	-0,08
1975	327	-0,08
1980	335	-0,08
1985	345	+0,10
1990	352	+0,15
1995	355	+0,25
2000	360	+0,28

** 300 ppmv équivaut à 300 molécules de CO₂/1 000 000 de molécules d'air sec ou 0,03 %

*Source des données : Environnement Canada, © 2001. <http://www.ec.gc.ca>.

Recherche – initiatives sur l'amélioration de la qualité de l'air

Proposer aux élèves de faire une recherche afin de trouver des renseignements sur les initiatives actuellement envisagées par le Canada et d'autres pays du monde. Les inviter à partager l'information recueillie selon la méthode de leur choix (p. ex., exposé oral, brochure informative, affiche).

On peut se renseigner sur les mesures et les initiatives mondiales en faisant des recherches avec les thèmes « Initiative sur la pureté de l'air de la Banque mondiale », le « Protocole de Kyoto », « Sommet de Copenhague », « Accord de Copenhague » et « Sommet de Cancún 2010 ».

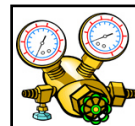
Il existe plusieurs sites Web détaillant les mesures que le Canada et d'autres pays ont prises pour enrayer ou atténuer les effets du réchauffement de la planète.

Air : <http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=Fr&n=14F71451-1>

Le site fournit des renseignements sur le smog, les précipitations acides, l'ozone troposphérique, les particules, les polluants organiques persistants et le mercure.

<http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=Fr&n=F963E49C-1>

Le site décrit divers polluants, les sources de pollution et les effets de la pollution et il fournit des prévisions sur la qualité de l'air.



Le **Protocole de Kyoto** a davantage mis en lumière le rôle possible des forêts dans les changements climatiques : y contribuent-elles ou aident-elles à les atténuer? Les écosystèmes forestiers, y compris la biomasse présente à la surface du sol et sous elle, sont de vastes « entrepôts » de carbone. Les forêts qui croissent extraient le CO₂ de l'atmosphère et devraient donc aider à réduire l'ampleur des changements climatiques.

En fin

<http://www.who.int/phe/fr/index.html>

Le site fournit un point de départ à quiconque veut faire des recherches sur les mesures mondiales. C'est le site de l'Organisation mondiale de la santé.

Sommet de Copenhague : <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2009/12/19/001-Copenhague-samedi.shtml>

Sommet de Copenhague : http://www.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2009/12/18/001-copenhague_vendredi.shtml

Agir sur les changements climatiques : Portail du système des Nations Unies. <http://www.un.org/fr/climatechange/>

1

Le changement climatique, la qualité de l'air, le Protocole de Kyoto, le sommet de Copenhague, le sommet de Cancún et les tendances de la pollution dans le monde sont tous des sujets d'actualité. Inviter les élèves à réfléchir à leur position sur ces questions et de se préparer à la présenter en classe. Il serait aussi possible de faire un jeu de rôle où chaque élève ou groupe d'élèves représente un pays au sommet de Copenhague ou au sommet de Cancún.

2

La matière abordée dans le présent résultat d'apprentissage, tout comme dans le premier, concerne le mode de vie personnel des élèves. Les inviter à réfléchir aux causes de la mauvaise qualité de l'air et aux difficultés que pose la mise en œuvre des règlements mondiaux.

Stratégies d'évaluation suggérées

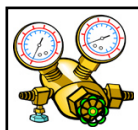
1

Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves pour leur recherche sur les initiatives d'amélioration de la qualité de l'air. Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation et devraient être semblables, peu importe le type de présentation choisi par les élèves.

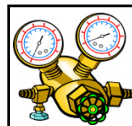
2

Voici quelques questions auxquelles les élèves pourraient répondre après avoir étudié la matière propre au présent résultat d'apprentissage :

- *Quels sont certains des polluants atmosphériques qui nous préoccupent le plus?*
- *Pourquoi ces polluants nous préoccupent-ils tant?*



- *Quelles preuves y a-t-il que le danger est bien réel?*
- *Que fait le gouvernement du Canada pour surveiller la qualité de l'air?*
- *Comment et où mesure-t-on la qualité de l'air au Canada?*
- *Qu'est-ce que l'Accord de Kyoto?*
- *Quels gouvernements n'ont pas encore signé l'Accord de Kyoto?*
- *Quelles raisons un gouvernement pourrait-il invoquer pour ne pas signer l'Accord?*
- *Qu'est-ce que la conférence de Copenhague de 2009 du climat?*
- *Quel a été l'accord final à la suite des négociations?*
- *Qu'est-ce que le sommet de Cancún sur le climat?*



Bloc B : La pression

L'élève sera apte à :

- C11-2-03** étudier l'histoire de la mesure de la pression,
par exemple l'apport de Galilée, de Torricelli, de von Gureicke, de Pascal, de Huygens, d'Avogadro, de Dalton;
RAG : A2, A4, B1, B2
- C11-2-04** décrire et comparer diverses unités servant à mesurer la pression,
entre autres le nombre d'atmosphères (atm), de kilopascals (kPa), de millimètres de mercure (mmHg) et de millibars (mbar);
RAG : A5, B1, B2
- C11-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension des concepts en chimie,
par exemple les analogies, les cadres de concepts, les organigrammes, les manipulatifs, les représentations particulières, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de tri et de prédiction, les cycles de mots;
RAG : D3
- C11-0-C2** démontrer une compréhension de concepts en chimie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, comparer, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, créer une analogie, utiliser des manipulatifs.
RAG : D3

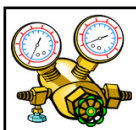
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Événement inattendu - Peut-on emballer un élève sous vide?

On peut utiliser un gros aspirateur d'atelier et un grand sac à ordures résistant pour faire la démonstration de ce qu'est la pression d'air. Demander à un petit élève de se glisser dans le sac et de s'asseoir par terre. Faire un col avec le sac autour de son cou et insérer dans le sac l'accessoire à nettoyer les garnitures de meuble. S'assurer que l'élève peut respirer sans difficulté! Demander aux autres élèves de protéger l'extrémité de l'accessoire pour que le sac ne soit pas aspiré dans le tuyau. Un vide assez fort sera créé pour immobiliser l'élève. Il risque de tomber. Plusieurs exemples de cette démonstration peuvent être visionnés au site YouTube, par exemple : <http://www.youtube.com/watch?v=qTlalf4gH5Q&feature=related> (site en anglais).

Les élèves savent peut-être ce qu'est un baromètre, parce qu'ils ont étudié la pression barométrique en 10^e année.



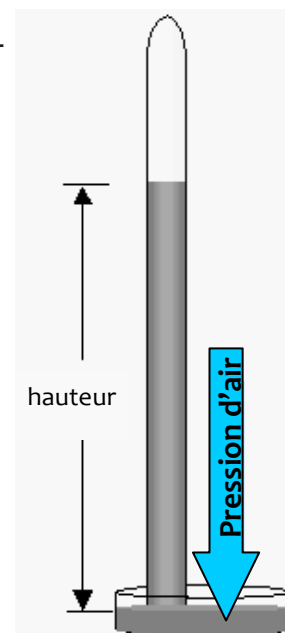
En quête

Activité – ligne de temps

🕒 L'annexe 1 présente une activité qui permet aux élèves de mieux situer dans le temps la contribution des scientifiques suivants :

Galilée (1564-1642) a mis au point la pompe aspirante. Il s'est servi de l'air pour faire monter de l'eau souterraine dans une colonne, un peu comme on peut le faire avec une seringue. Il cherchait à savoir pourquoi il ne pouvait faire monter l'eau au-delà d'un certain niveau limite (environ 11 mètres).

Evangelista Torricelli (1608-1647) a créé le premier baromètre en 1643. Il a poursuivi le travail de Galilée en montrant que la pression atmosphérique était ce qui limitait le niveau jusqu'auquel la pompe de Galilée pouvait aspirer l'eau. Il a inventé un tube à mercure (dont une extrémité est fermée) placé dans un plateau de mercure au niveau de la mer. La hauteur de la colonne de mercure dans le tube (exprimée en mmHg) est égale à la pression atmosphérique agissant sur le mercure dans le plateau.

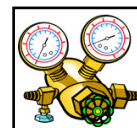


Entre 1643 et 1645, Otto von Guericke (1602-1686) a fabriqué une pompe qui pouvait créer un vide si puissant que 16 chevaux tirant ensemble sur les deux moitiés d'une sphère de métal n'arrivaient pas à les séparer. Otto von Guericke en a déduit que les deux hémisphères étaient retenus ensemble par la force mécanique de la pression atmosphérique, plutôt que par le vide. Note : expliquer aux élèves que le vide n'« aspire » pas les deux hémisphères pour les coller ensemble; c'est la force de l'atmosphère qui les pousse l'un contre l'autre. On peut reproduire cette démonstration en forçant l'un contre l'autre deux débouchoirs à ventouse, puis en demandant aux élèves d'essayer de les séparer.

En 1648, Blaise Pascal (1623-1662) s'est servi du « baromètre de Torricelli » en gravissant une montagne du sud de la France et en en descendant. Il a constaté que la pression atmosphérique augmentait à mesure qu'il descendait de la montagne. Plus tard, on a donné le nom de « pascal » à l'unité de mesure de la pression dans le SI.

En 1661, Christiaan Huygens (1625-1695) a mis au point le manomètre pour étudier les forces élastiques dans les gaz.

En 1801, John Dalton (1766-1844) a déclaré que, dans un mélange gazeux, la pression totale est égale à la somme de la pression de chacun des gaz, comme s'il était seul dans un contenant. La pression exercée par chaque gaz est appelée « pression partielle ».



En 1808, Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) a découvert la loi des volumes qui se combinent. Il a constaté, par exemple, que deux volumes d'hydrogène combinés à un volume d'oxygène forment deux volumes d'eau. Il était aussi un passionné des montgolfières, ce qui l'aidera à conclure qu'il y a une relation directe entre la pression et la température d'un gaz.

En se fondant sur les expériences menées par Gay-Lussac trois ans plus tôt, Amadeo Avogadro (1776-1856) a publié en 1811 ce qui est connu comme l'hypothèse d'Avogadro. Cette hypothèse indiquait qu'un échantillon de n'importe quel gaz à une même température et pression contiendrait le même nombre de particules. Malheureusement, puisqu'il ne fit pas d'expériences pour vérifier cette hypothèse, cette dernière fut ignorée pour environ 50 ans.

Il n'est pas nécessaire de présenter la mole ni les relations entre la pression, le volume et la température à ce point.

Enseignement direct – les unités de mesure de pression

Présenter aux élèves les différentes unités servant à mesurer la pression (voir *Chimie 11*, p. 424-428, *Chimie 11 STSE*, p. 507-509 ou *Chimie 11-12*, p. 148-149). Le millibar est une unité que les météorologues emploient pour mesurer la pression atmosphérique. Un bar est égal à la pression atmosphérique standard, soit 1 atm.

L'unité « atmosphère » (atm) est égale à la valeur de la pression atmosphérique standard au niveau de la mer. Une atmosphère est égale à 760 mmHg, ou à 101,325 kPa, deux atmosphères à deux fois la pression atmosphérique standard, et ainsi de suite.

Il n'est pas nécessaire de demander aux élèves de passer d'une unité à l'autre à ce point. On pourra le faire en cherchant la solution aux divers problèmes.

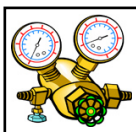
Aujourd'hui, on n'utilise pas couramment l'unité « mm de mercure » en dehors du laboratoire; toutefois, beaucoup de baromètres anéroïdes utilisés dans les résidences affichent les mm de mercure aussi bien qu'une autre unité telle que le kilopascal.

Les manuels présentent souvent une discussion sur la pression comme étant la force exercée par unité de surface. Ils prennent l'exemple de la pression appliquée par les souliers à talons hauts, comparativement à celle exercée par les souliers à talons ordinaires.

En fin

1

Placer un petit montant d'eau au fond d'une cannette en aluminium (15 à 20 mL). Inviter les élèves à visualiser la nature des particules dans la cannette et à l'extérieur de la cannette. Faire chauffer la cannette à l'aide d'une plaque chauffante jusqu'à ce que l'eau soit en ébullition pour environ 20 secondes. On devrait observer de la vapeur qui s'échappe de l'ouverture au haut de la cannette. Inviter à nouveau les élèves à visualiser les particules dans la cannette et à l'extérieur de la cannette. Leur demander d'observer ce qui se passe lorsqu'on chauffe l'eau



(elle se met à bouillir) et ce qui s'échappe de la cannette (on peut voir de la vapeur d'eau qui s'échappe). Inviter les élèves à prédire ce qui se déroulerait si l'on inversait la cannette pour la plonger dans de l'eau froide. S'assurer que les élèves répondent en fonction du changement de comportement des particules à cause des conditions changeantes (voir *Chimie 11*, p. 427).

À l'aide de pinces, inverser rapidement la cannette et la plonger dans un récipient d'eau froide. La cannette devrait s'écraser. Inviter les élèves à décrire ce qui s'est passé (la cannette s'est écrasée) et d'expliquer leurs observations à l'aide de représentations particulières.

Lorsqu'on fait chauffer l'eau, la température augmente et les particules d'eau passent à l'état gazeux plus rapidement. Lorsque l'eau est en ébullition, toute l'énergie est utilisée pour que les particules passent de l'état liquide à l'état gazeux. La pression de vapeur est égale à la pression atmosphérique et les particules de vapeur peuvent s'échapper de la cannette. Lorsque la cannette est inversée dans l'eau froide, les particules de vapeur perdent de l'énergie et se rapprochent, créant ainsi une diminution rapide de pression dans la cannette. La pression atmosphérique à l'extérieur de la cannette est donc beaucoup plus élevée que la pression dans la cannette, ce qui cause son écrasement.

2

Inviter les élèves à discuter des questions suivantes :

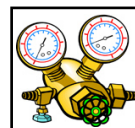
- *Les plongeurs autonomes utilisant de l'air comprimé doivent bien veiller à ne pas retenir leur souffle quand ils remontent à la surface après avoir été en eau profonde, car ils risqueraient de mettre leur vie en péril en endommageant leur système respiratoire. Pourquoi?*
- *Jusqu'à quelle profondeur record un être humain a-t-il réussi à plonger sans bonbonne? Comment une personne peut-elle plonger ainsi en apnée sans endommager son système respiratoire?*
- *Quel autre nom pourrait-on donner à l'aspirateur?*

Stratégies d'évaluation suggérées

1

Élaborer des critères d'évaluation en collaboration avec les élèves et leur demander d'évaluer les lignes de temps de leurs compagnons de classe. On peut évaluer les travaux en se fondant sur des critères tels que :

- le titre et la présentation de l'affiche sont attrayants;
- les scientifiques sont situés dans le bon ordre chronologique;
- les dates et les âges sont tous exacts;
- ce qui a rendu tel ou tel scientifique célèbre par rapport aux gaz est indiqué;
- un « renseignement intéressant » au sujet de tel ou tel scientifique est inclus.



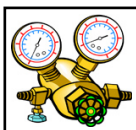
2

Voici quelques questions auxquelles les élèves devraient pouvoir répondre après avoir fini d'étudier la matière propre au présent résultat d'apprentissage :

- Parmi les scientifiques dont nous avons parlé dans cette partie du cours, lequel, selon toi, a apporté la plus grande contribution à la compréhension des gaz? Explique ton choix.
- Pourquoi l'eau salée exerce-t-elle une plus forte pression sur un plongeur que l'eau douce?
- Dans la vie de tous les jours, quelles unités de pression emploie-t-on le plus souvent?
- Quelle différence y a-t-il entre un baromètre et un manomètre?
- Quelle différence y a-t-il entre un baromètre anéroïde et un baromètre au mercure? Lequel est le plus précis? Explique pourquoi.
- Enrichissement : Comment mesure-t-on la poussée (hydrostatique) de l'air?

3

Inviter les élèves à consolider leur compréhension des unités de mesure de pression en développant un schéma conceptuel.



Bloc C : La relation entre la pression et le volume d'un gaz

L'élève sera apte à :

- C11-2-05** mener une expérience pour établir la relation entre la pression et le volume d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques, entre autres l'apport historique de Robert Boyle;
RAG : A2, A4, C8
- C11-0-S5** enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, *par exemple des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias, des logiciels, des sondes*;
RAG : C2, C5
- C11-0-S7** reconnaître des régularités et des tendances dans les données, en inférer et en expliquer des relations;
RAG : C2, C5
- C11-0-S8** évaluer la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données, entre autres les écarts dans les données, les sources d'erreur, le pourcentage d'erreur;
RAG : C2, C5
- C11-0-S9** tirer une conclusion fondée sur l'analyse et l'interprétation des données, entre autres expliquer les relations de cause à effet, déterminer d'autres explications, appuyer ou rejeter une hypothèse ou une prédiction.
RAG : C2, C5, C8

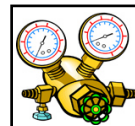
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Événement inattendu – l'oiseau buveur

Un appareil appelé « l'oiseau buveur » est très utile pour amorcer la partie du présent regroupement portant sur les lois des gaz. L'appareil permet de démontrer plusieurs propriétés et lois physiques. Placer l'oiseau dans la salle de classe et poser des questions aux élèves sur son fonctionnement (voir @ l'annexe 2). Des renseignements pour l'enseignant sont fournis à @ l'annexe 3. Ne donner

L'intention du présent résultat d'apprentissage et des trois autres qui le suivent n'est pas de simplement fournir les formules mathématiques des relations. On veut que les élèves développent les relations grâce aux représentations visuelles, numériques, graphiques, symboliques et particulières.



l'explication qu'à la fin du présent regroupement. Une fois que les élèves auront abordé la matière propre aux autres résultats d'apprentissage, la plupart d'entre eux pourront donner leur propre explication sur ce qui se passe. On peut se procurer un oiseau buveur chez des distributeurs de matériel scientifique.

OU

Événement inattendu – la pompe à vide

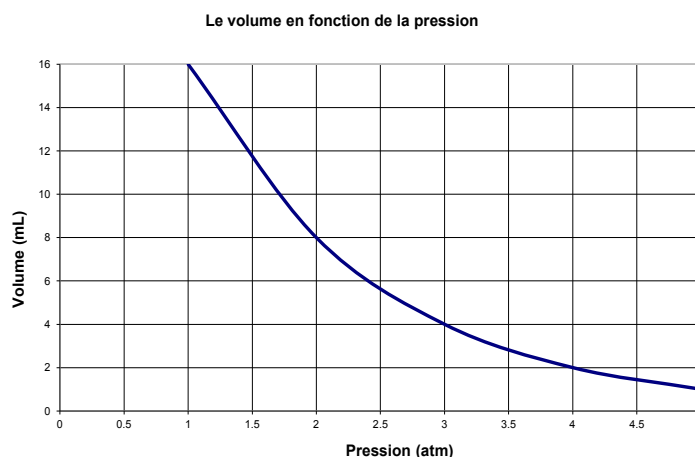
Pour cet événement, il faut une pompe à vide manuelle ou électrique. Lorsqu'on s'en sert, s'assurer qu'elle contient assez d'huile et qu'un tube de séchage est fixé au mécanisme de succion. Mettre des guimauves dans la chambre et inviter les élèves à prédire ce qui va arriver aux guimauves lorsqu'on allume la pompe afin de retirer l'air de la chambre. Allumer la pompe. Les guimauves devraient se dilater considérablement. Inviter les élèves à expliquer leurs observations à l'aide de la théorie particulaire de la matière. Une fois la démonstration terminée, laisser l'air entrer dans la chambre AVANT d'éteindre la pompe, sinon l'huile risque de se vider en dehors de la pompe.

En quête

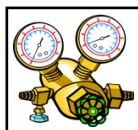
Activité de laboratoire – relation entre la pression et le volume d'un gaz

Proposer aux élèves d'examiner la relation entre le volume et la pression d'un gaz en réalisant une expérience (voir *Chimie 11*, p. 430, *Chimie 11 STSE*, p. 528-529 ou *Chimie 11-12*, p. 177). Les données devraient être reportées sur un graphique, et les élèves définissent la relation. Les élèves devraient observer une relation inversement proportionnelle (voir le graphique).

L'activité avec les seringues et les masses ne donne pas toujours de résultats concluants. Les seringues ont en général une courte durée de vie à cause de l'usure excessive et elles finissent par donner de piètres résultats. Les seringues sont bouchées et retenues en place avec de petits blocs de bois. Quand on place les livres sur la seringue, le piston s'enfonce, et l'on peut lire la valeur du volume en fonction de la pression exercée par les livres. Inviter les élèves à écrire un rapport d'expérience (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28, 11.29, 11.38 et 11.39).



Les élèves pourraient avoir de la difficulté à comprendre les relations inverses. ① L'annexe 4 présente des renseignements sur les relations de proportionnalité y inclut la relation inversement proportionnelle découverte par Robert Boyle.



Cette activité de laboratoire pourrait aussi être réalisée à l'aide d'une animation en ligne, par exemple *Loi de Boyle-Mariotte* (<http://www.narcoses.com/pages/cours/physique/boyle.cfm>). Inviter les élèves à tracer un graphique du volume en fonction de la pression afin de déterminer la relation entre ces variables.

Enseignement direct – l'expérience de Robert Boyle

Expliquer aux élèves que c'est Robert Boyle (1627-1691) qui a découvert cette relation inverse entre le volume et la pression d'un gaz à température constante en 1662. Il s'est servi d'un tube de verre en forme de « J », dont une extrémité était scellée, pour mesurer la hauteur de l'air emprisonné par du mercure versé dans le tube par son extrémité ouverte (voir *Chimie 11 STSE*, p. 511). Après l'ajout d'autre mercure, le volume d'air a diminué. Cela a aidé Boyle à déduire la relation entre la pression et le volume. Avec Robert Hooke, il a construit une pompe à air pour ces expériences.

Résolution de problèmes – relation entre la pression et le volume

Inviter les élèves à résoudre des problèmes en utilisant la relation entre la pression et le volume.

Exemple

Trois litres de gaz subissent une pression initiale d'une atmosphère. Quelle sera la pression nécessaire pour que le volume passe à 0,5 litre?

Il faut premièrement se poser la question « Qu'arrivera-t-il au volume? » Le volume va diminuer. Puisqu'il s'agit d'une relation inversement proportionnelle, on sait que la pression devra augmenter. Ceci aidera à déterminer le ratio à utiliser pour résoudre le problème.

Deux ratios peuvent entraîner l'annulation des unités :

$$\frac{3 \text{ L}}{0,5 \text{ L}} \quad \text{ou} \quad \frac{0,5 \text{ L}}{3 \text{ L}}$$

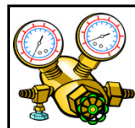
Pour ce présent résultat d'apprentissage, il est préférable de résoudre des problèmes en utilisant les rapports entre les données plutôt que la loi de Boyle, afin de bien développer une compréhension conceptuelle de la relation. Le mode de représentation symbolique sera présenté au résultat d'apprentissage C11-2-08.

D'après les résultats expérimentaux que les élèves auraient obtenus en laboratoire, $V \propto 1/P$; si le volume diminue, la pression doit avoir augmenté. Dans l'exemple, la pression doit avoir crû pour que le volume diminue. Par conséquent, nous devons multiplier par le ratio qui donnerait une réponse plus grande que la pression initiale d'une atmosphère (1 atm). De toute évidence, le premier ratio est le bon. Donc :

$$\frac{3 \text{ L}}{0,5 \text{ L}} \times 1 \text{ atm} = 6 \text{ atm}$$

Après chaque problème, les élèves doivent vérifier leur prédiction en recourant à la logique et à la relation inverse expérimentale.

En fin



1

Proposer aux élèves d'utiliser le dessin d'une seringue ou d'une pompe à bicyclette remplie de points pour représenter les particules. Les inviter à montrer à quoi les particules ressembleraient avant et après l'application de la pression. Si le volume est moindre, les particules, dont le nombre n'a pas changé, seront plus près les unes des autres. Il convient de faire le lien entre cette situation et la théorie cinétique des molécules. Inviter les élèves à employer un cadre de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.20-11.22) pour illustrer leur analyse.

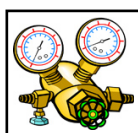
2

Non seulement un ludion illustre le fonctionnement de la loi de Boyle, mais encore c'est un moyen pour les élèves de faire preuve d'ingéniosité et de créativité. La conception du ludion peut être très simple ou très complexe. Les élèves peuvent s'amuser dans le cours de sciences en fabriquant des ludions et en les mettant à l'essai. Voir *Ludion* <http://www.wikidebrouillard.org/index.php/Ludion>, *La boîte à bidouilles – Le ludion* <http://www.carbone42.com/boite-a-bidouilles/c42-num2-lamanip-leludion.html> ou *Chimie 11 STSE*, p. 510 pour des informations sur la construction et le fonctionnement des ludions.

Si l'on remplit d'eau partiellement la poire de caoutchouc d'un compte-gouttes de verre, il se transforme en ludion quand on le met dans une bouteille d'eau gazeuse de 2 L en plastique, elle-même remplie d'eau. On ajuste la flottabilité du « ludion » jusqu'à ce qu'il se maintienne à peine à flot. Quand on comprime la bouteille, la pression dans la poire augmente, la densité du ludion est augmentée, et celui-ci descend.

De la même manière, on peut faire des ludions avec de gros bâtonnets de bois. On en règle la flottabilité en coupant une partie du bois jusqu'à ce que le bâtonnet se maintienne à peine en surface.

Stratégies d'évaluation suggérées



1

Proposer aux élèves de résoudre des problèmes quantitatifs concernant la pression et le volume, en utilisant l'analyse dimensionnelle. Ils devraient alors recourir à la logique pour établir quel ratio leur procurera la bonne réponse.

2

Se référer aux @ annexes 10 et 11 du regroupement 1 pour évaluer les habiletés de laboratoire des élèves.

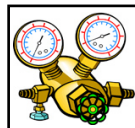
3

Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide d'une grille d'évaluation (voir @ l'annexe 5). Porter une attention particulière à l'emploi des modes de représentation ainsi qu'à l'analyse des relations entre les variables.

4

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes :

- *Lorsqu'un gaz est comprimé, qu'arrive-t-il à l'espace occupé par les molécules?*
- *Lorsqu'un gaz est comprimé, qu'est-ce qui arrive au taux de collisions entre les molécules?*
- *Quelle est la relation entre la pression et le volume d'un gaz?*
- *On place 100 mL de gaz dans une seringue. Quel sera le volume si :*
 - *la pression est doublée?*
 - *la pression est triplée*
 - *la pression est réduite de moitié?*



Bloc D : La relation entre la température et le volume d'un gaz

L'élève sera apte à :

- C11-2-06** mener une expérience pour établir la relation entre le volume et la température d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques, entre autres l'apport historique de Charles, l'établissement du zéro absolu, l'échelle de température Kelvin;
RAG : A2, A4, C8
- C11-0-S7** reconnaître des régularités et des tendances dans les données, en inférer et en expliquer des relations;
RAG : C2, C5
- C11-0-S8** évaluer la fiabilité et l'exactitude des données et des méthodes de collecte de données, entre autres, les écarts dans les données, les sources d'erreur, le pourcentage d'erreur;
RAG : C2, C5
- C11-0-S9** tirer une conclusion fondée sur l'analyse et l'interprétation des données, entre autres expliquer les relations de cause à effet, déterminer d'autres explications, appuyer ou rejeter une hypothèse ou une prédiction.
RAG : C2, C5, C8

Stratégies d'enseignement suggérées

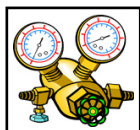
En tête

Présenter la démonstration décrite à ⑥ l'annexe 6 et inviter les élèves à expliquer leurs observations.

OU

Fixer le bec d'un ballon à la bouche d'une fiole d'Erlenmeyer contenant de l'eau à la température ambiante. Inviter les élèves à prédire ce qui va arriver lorsqu'on place la fiole sur une plaque chauffante. Placer la fiole sur une plaque chauffante, et le ballon se remplit à mesure que l'air présent dans la fiole se dilate. Si l'on refroidit la fiole, le ballon est aspiré dans la fiole. Inviter les élèves à expliquer leurs observations.

OU

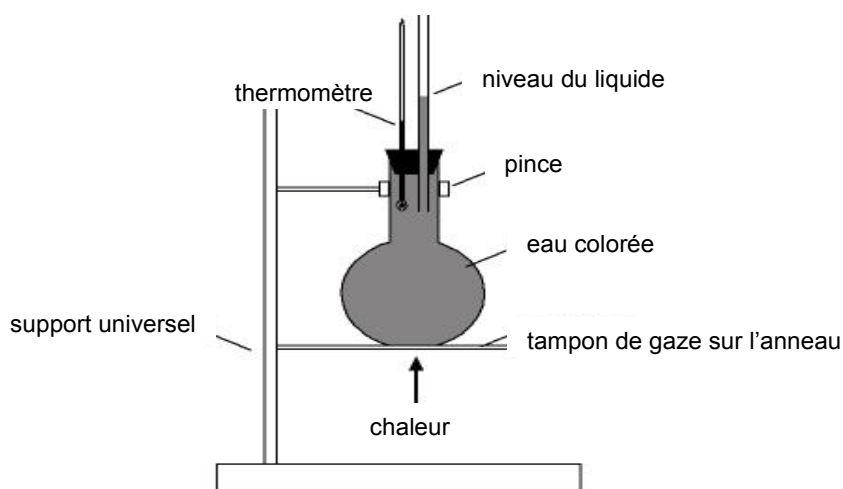


Verser environ 20 mL d'eau dans une cannette d'eau gazeuse vide de 255 mL. Placer la cannette sur une plaque chauffante. Quand l'eau bout, renverser promptement la cannette dans un récipient peu profond d'eau glacée, en utilisant des pinces à bécquer (voir *Chimie 11*, p. 427 ou la section « En fin » du bloc B pour des explications plus détaillées).

En quête

Démonstration – la relation entre la température et le volume d'un gaz

Insérer un thermomètre et un tube de verre de 20 cm dans un bouchon à deux trous (voir le diagramme). Ensuite, bien ajuster le bouchon dans le bec d'un ballon à fond plat ou rond rempli d'une eau colorée. Le ballon est rempli au maximum et, quand on insère le bouchon, le liquide monte dans le tube de verre. Inviter les élèves à prendre note de la température et à marquer le niveau atteint par le liquide. Placer ensuite le ballon dans un bain-marie ou la chauffer lentement avec un brûleur Bunsen, et laisser le système s'équilibrer.



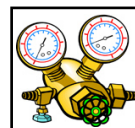
Inviter les élèves à noter les changements de volume à diverses températures, et à utiliser ces données pour dessiner un graphique du volume en fonction de la température. Un mélange d'acétone et de glace sèche engendrera une température d'environ -78°C . En prolongeant l'axe des « x », les élèves peuvent, par extrapolation, trouver la température approximative (zéro absolu) à laquelle le volume est réduit à zéro.

Activité de laboratoire – la relation entre le volume et la température d'un gaz

Proposer aux élèves d'examiner la relation entre la température et le volume d'un gaz en réalisant une expérience (voir @ l'annexe 7, *Chimie 11*, p. 438, *Chimie 11 STSE*, p. 530-531 ou *Chimie 11-12*, p. 178).

Saviez-vous que...?

Depuis l'origine de la civilisation, tous les boulangers connaissent la relation entre la température et la pression. Toutefois, la relation mathématique précise de $V \propto P$ n'a pas été décrite avant 1699 quand le physicien français Guillaume Amontons l'a découverte. L'expérience a été répétée beaucoup plus tard par Jacques Charles, en 1787, et beaucoup, beaucoup plus tard, par Joseph Gay-Lussac, en 1802.



Enseignement direct – l'histoire de l'étude de la relation entre la température et le volume

Vu la popularité des montgolfières à son époque, le Français Jacques Charles (1746-1823) a étudié les taux de dilatation de différents gaz en fonction des changements de température (voir *Chimie 11 STSE*, p. 516-519). Quel que fût le gaz étudié, il a constaté que le volume changeait de $1/273$ chaque fois que la température variait d'un degré Celsius. Quand la température était augmentée de $273\text{ }^{\circ}\text{C}$, le volume original était multiplié par $546/273$; autrement dit, il doublait.

Cependant, Charles n'a pas publié ses constatations, contrairement à Gay-Lussac. La relation est le plus souvent appelée « loi de Charles » dans la sphère d'influence britannique, et « loi de Gay-Lussac » du côté français, mais jamais l'expression « loi d'Amontons » n'a été employée pour la décrire!

Soixante et un ans plus tard, William Thomson (qui devint Lord Kelvin) a reconnu l'importance de la valeur 273 et a créé l'échelle Kelvin dans laquelle $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ représente la plus basse température possible : le zéro absolu. À la lumière de cette observation, on sait que la valeur « x » de n'importe quel gaz dans un graphique établissant la relation entre la température et le volume serait toujours de $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Les élèves peuvent utiliser le graphique (Loi de Charles) de la présente page et, par extrapolation, trouver une valeur raisonnable pour le zéro absolu, c'est-à-dire la température à laquelle le volume sera nul!

Saviez-vous que...?

Guillaume Amontons (1663-1705) a mis au point le thermomètre à air qui fonctionnait d'après l'augmentation du volume d'un gaz due à la température, plutôt que d'après l'accroissement du volume d'un liquide.

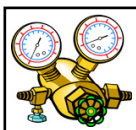
Lord Kelvin (1824-1907) a par ailleurs déduit qu'à cette température, tout mouvement moléculaire cesserait et que l'énergie cinétique serait nulle, tout comme, hypothétiquement, le volume d'un gaz. Le zéro absolu est en fait égal à $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cette échelle présente l'avantage de ne comporter aucune valeur négative. Examinons maintenant la loi de Charles en convertissant les degrés en Kelvin, et utilisons le même argument axé sur les ratios que celui employé pour résoudre des problèmes relatifs à la loi de Boyle.

$$\text{Kelvin} = \text{Celsius} + 273 \quad \text{OU} \quad K = ^{\circ}\text{C} + 273$$

	Échelle Kelvin	Échelle centigrade
Zéro absolu	0 K	$-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$
Point de congélation de l'eau	273,15 K	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Point d'ébullition de l'eau	373,15 K	$100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Résolution de problèmes – relation entre la température et le volume d'un gaz

Inviter les élèves à résoudre des problèmes en utilisant la relation entre la température et le volume d'un gaz.



Exemples de problèmes

1. Si la température de 6 litres de gaz est de 25 °C et qu'on la porte à 227 °C, calcule le volume que le gaz occupe alors.

Il faut premièrement convertir les températures en Kelvin.

$$25,0\text{ °C} + 273 = 298\text{ K}$$

$$227\text{ °C} + 273 = 500\text{ K}$$

Il n'y a que deux ratios pouvant entraîner l'annulation des unités :

$$\frac{298\text{ K}}{500\text{ K}} \text{ ou } \frac{500\text{ K}}{298\text{ K}}$$

Selon les résultats expérimentaux obtenus par les élèves, $V \propto T$ (en K); par conséquent, le volume doit augmenter, étant donné que la température monte. La multiplication du deuxième ratio par le volume original (6 L) entraînera une augmentation; donc, le deuxième ratio est celui que nous devons utiliser.

$$6,00\text{ L} \times \frac{500\text{ K}}{298\text{ K}} = 10,1\text{ L}$$

2. Si le volume d'un gaz à -73,0 °C est doublé et atteint 48,0 L, calcule la température finale en degré Celsius.

Il faut premièrement convertir la température initiale en Kelvin.

$$-73,0\text{ °C} + 273 = 200\text{ K}$$

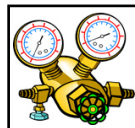
Les ratios possibles pour résoudre le problème sont les suivants :

$$\frac{48,0\text{ L}}{24,0\text{ L}} \text{ ou } \frac{24,0\text{ L}}{48,0\text{ L}}$$

Comme le volume a doublé, la température a dû augmenter, et le ratio qui accroît les valeurs de la température, quand on les multiplie par ce ratio, est le premier. Donc :

$$200\text{ K} \times \frac{48,0\text{ L}}{24,0\text{ L}} = 400\text{ K}$$

$$400\text{ K} - 273 = 127\text{ °C}$$



En fin

Les textes sur la vie des quatre scientifiques les plus réputés sont fascinants à lire et à étudier. Proposer aux élèves de faire des recherches sur Internet au sujet des scientifiques suivants : Guillaume Amontons, Jacques Alexander César Charles, Joseph Louis Gay-Lussac, William Thomson (Lord Kelvin).

Cette recherche peut prendre des formes variées et les élèves devraient avoir la liberté de choisir la forme qu'ils préfèrent pour partager leur compréhension, par exemple :

- les lettres écrites à quelqu'un d'autre revendiquant la découverte;
- un débat entre des scientifiques revendiquant la découverte;
- une affiche ou une brochure;
- une courte présentation PowerPoint;
- un compte rendu écrit.

Stratégies d'évaluation suggérées

1

Proposer aux élèves de résoudre des problèmes quantitatifs concernant la température et le volume d'un gaz, en utilisant l'analyse dimensionnelle. Ils devraient alors recourir à la logique pour établir quel ratio leur procurera la bonne réponse.

2

Se référer aux annexes ⑩ 10 et 11 du regroupement 1 pour évaluer les habiletés de laboratoire des élèves.

3

Inviter les élèves à compléter un rapport de laboratoire (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28 et 11.29).

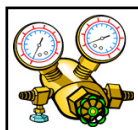
4

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes :

- *Lorsqu'on augmente la température d'un gaz, qu'est-ce qui arrive à l'énergie cinétique des molécules? Lorsqu'on diminue la température?*
- *Qu'est-ce qui arrive à l'espace occupé par les molécules?*
- *Quelle est la relation entre la température et le volume d'un gaz?*

5

Élaborer des critères d'évaluation avec les élèves pour leur recherche de la section « En fin ». Les critères devraient porter aussi bien sur le contenu que sur les éléments de la présentation et devraient être semblables, peu importe le type de présentation choisi par les élèves.



Bloc E : La relation entre la pression et la température d'un gaz

L'élève sera apte à :

- C11-2-07** mener une expérience pour établir la relation entre la pression et la température d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques, entre autres, l'apport historique de Gay-Lussac;
RAG : A2, A4, C8
- C11-0-S5** enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, par exemple des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias, des logiciels, des sondes;
RAG : C2, C5
- C11-0-S7** reconnaître des régularités et des tendances dans les données, en inférer et en expliquer des relations.
RAG : C2, C5

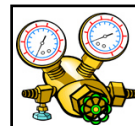
Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Inviter les élèves à prédire la relation entre la pression et la température à l'aide de leurs connaissances de la théorie cinétique moléculaire. Les questions suivantes peuvent servir à guider les élèves :

- Lorsqu'on augmente la température d'un gaz, qu'arrive-t-il à l'énergie cinétique des molécules? Lorsqu'on fait refroidir un gaz?
- Lorsqu'on augmente la température d'un gaz, qu'arrive-t-il au nombre de collisions entre les molécules de gaz? Lorsqu'on fait refroidir un gaz?
- Qu'arrive-t-il à l'espace occupé par les molécules de gaz lorsqu'on augmente la température d'un gaz? Lorsqu'on fait refroidir un gaz?
- Explique la relation entre la pression et la température d'un gaz si le volume est constant.

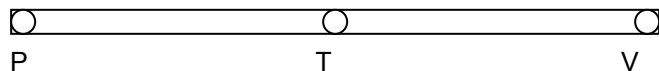
Afin de présenter les lois sur les gaz, l'enseignant adoptera généralement une démarche séquentielle et progressive. La prochaine loi découle du travail antérieur fait par Charles et Boyle. Rappelez-vous que, dans le cadre du résultat d'apprentissage C11-1-02, nous avons employé la théorie cinétique des molécules pour expliquer les propriétés des gaz. Une augmentation de la température d'un gaz accroît l'énergie cinétique de celui-ci et, par conséquent, la fréquence des collisions intermoléculaires. Il n'est donc pas surprenant de s'attendre à ce qu'une hausse de température entraîne une augmentation de la pression d'un gaz si le volume est constant. Joseph Gay-Lussac a étudié cette relation et a constaté l'existence d'un rapport direct entre la température Kelvin et la pression du gaz : $P \propto \Delta T$ (en K).



En quête

Modèle des relations entre la pression, la température et le volume

Si les élèves n'ont pas encore visualisé la relation entre la pression, le volume et la température, montrez-leur l'aide visuelle suivante :



On pratique trois trous dans un morceau de bois (voir ci-dessus) et l'on inscrit les lettres P, T et V vis-à-vis des trous. Si la pression P est constante et ne varie pas, à mesure que T diminue, le volume V fait de même (autrement dit, $T \propto V$). Si la température T est constante et ne varie pas, le morceau de bois agit comme une bascule et montre la relation inverse mise en évidence par Boyle, $P \propto 1/V$. De même, si le volume V est constant, $P \propto T$.

Expérience/Démonstration - la relation entre la pression et la température

Ici encore, on recommande de faire une expérience pour faire voir la relation entre la température et la pression, ou, à tout le moins, de procéder à une démonstration pendant laquelle les élèves réuniront des données et tireront leurs propres conclusions.

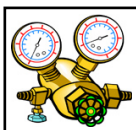
- *Appareil à démonstration du zéro absolu.* La plupart des magasins de fournitures scientifiques vendent un appareil expressément conçu pour démontrer la relation entre la pression et la température. C'est un appareil à démonstration du zéro absolu. Il s'agit d'une boule de métal reliée à un manomètre et à une soupape servant à ajouter de l'air. Avec une pompe, ajouter un certain montant d'air dans l'ampoule. Ce volume demeurera constant pendant l'activité.

Inviter les élèves à noter la température de la pièce et à noter la valeur de la pression sur le manomètre relié à la boule de métal. Plonger l'appareil dans des liquides à température différente et inviter les élèves à noter la température et la pression indiquée sur le manomètre.

Proposer aux élèves de tracer un graphique de la pression en fonction de la température et de déterminer la relation entre la pression et la température d'un gaz.

On peut trouver une animation de la relation entre la pression et la température au site *Équation d'état d'un gaz parfait* http://www.walter-fendt.de/ph14f/gaslaw_f.htm.

Si les élèves utilisent l'appareil correctement, ils peuvent obtenir une valeur expérimentale raisonnablement bonne pour illustrer la relation de Gay-Lussac.



On peut trouver une description détaillée de ce genre de laboratoire au site *Les lois simples des gaz* http://webplus.cheneliere.ca/exemple/quantumchimie/QC_Ch2_2_4_3.pdf.

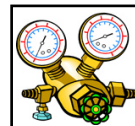
- *Démonstration : Eudiomètre.* Inverser un eudiomètre rempli d'eau aux deux tiers dans un cylindre gradué d'un litre rempli d'eau. En abaissant et en soulevant le tube dans le cylindre, on peut voir le volume d'air dans le tube varier tandis que la charge hydrostatique change. On peut aussi faire de cette expérience une démonstration quantitative en mesurant le volume et en calculant la pression d'eau et la pression atmosphérique. La pression dans le tube serait égale à la pression atmosphérique quand les niveaux d'eau seraient alignés l'un par rapport à l'autre. Afin de simplifier les calculs, on peut ne pas tenir compte de la contribution partielle à la pression attribuable à la vapeur d'eau. La prendre en compte constituerait un enrichissement du cours. La loi des pressions partielles (loi de Dalton) n'est pas abordée dans le présent cours.
- *Démonstration : bonbonne de plongée.* Une autre façon d'illustrer cette loi consisterait à utiliser une bonbonne de plongée où la pression est à 50 % de son maximum et qui est reliée à un détendeur et à un manomètre. Les élèves peuvent mesurer la pression initiale à une température inférieure à la température ambiante (p. ex., dans un endroit frais de l'école), puis au fur et à mesure que la température monte pour dépasser le niveau de la température ambiante (p. ex., dans un bain chaud). Les élèves reportent ensuite les résultats sur un graphique pour montrer la relation de Gay-Lussac.

Inviter un employé d'un magasin local d'articles de plongée ou un plongeur à venir à l'école vous aider à faire cette démonstration. Les manomètres nord-américains indiquent la pression en livres par pouce carré (lb/po²). L'enseignant ou les élèves peuvent facilement convertir les résultats en kPa ou en atmosphères.

$$1500 \text{ lb/po}^2 \times \frac{6,89476 \text{ kPa}}{\text{lb/po}^2} = 10\,342 \text{ kPa}$$

$$1500 \text{ lb/po}^2 \times \frac{0,0680460 \text{ atm}}{\text{lb/po}^2} = 102,1 \text{ atm}$$

Même s'il y a des mécanismes de protection contre l'accumulation d'une pression excessive dans la bonbonne, on recommande d'en utiliser une où la pression ne dépasse pas la moitié du maximum autorisé. Il y a un bouchon anti-pression d'éclatement dans la soupape de la bonbonne; il se déforme et laisse le gaz s'échapper si la pression dépasse un certain maximum fixé d'avance. Autre facteur de sécurité : chaque bonbonne certifiée doit avoir subi avec succès une épreuve hydrostatique (tous les cinq ans) attestant qu'elle peut résister aux 5/3 de la pression maximale.



Résolution de problèmes

Inviter les élèves à résoudre des problèmes en utilisant la relation entre la pression et la température, $P \propto T$ (en K).

Exemple

On constate que le volume d'un échantillon de gaz est de 12 L à 0,0 °C. Calcule la pression qui s'exerce à 128 °C si le volume est constant.

Solution :

Valeurs initiales : 101,3 kPa 0,0 °C
Valeurs finales : ? 128 °C
0,0 °C = 273 K et 128 °C = 401 K

Deux ratios peuvent nous donner la bonne unité dans la réponse.

$$\frac{273 \text{ K}}{401 \text{ K}} \quad \text{ou} \quad \frac{401 \text{ K}}{273 \text{ K}}$$

Selon la théorie cinétique des molécules, l'augmentation de la température d'un gaz accroît l'énergie cinétique de celui-ci et, donc, la fréquence des collisions intermoléculaires. Il s'ensuit qu'une hausse de température devrait causer un accroissement de la pression du gaz dont le volume est constant. Si $P \propto T$ (en K), alors le deuxième ratio devrait entraîner une augmentation de la pression pour obtenir la bonne réponse au problème.

$$101,3 \text{ kPa} \times \frac{401 \text{ K}}{273 \text{ K}} = 149 \text{ kPa}$$

En fin

Proposer aux élèves d'utiliser le dessin d'un appareil à démonstration du zéro absolu rempli de points pour représenter les particules. Les inviter à montrer à quoi les particules ressembleraient avec une augmentation et une diminution de température. Il convient de faire le lien entre cette situation et la théorie cinétique des molécules. Inviter les élèves à employer un cadre de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.20-11.22) pour illustrer leur analyse.

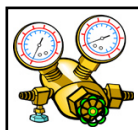
Stratégies d'évaluation suggérées

1

Proposer aux élèves de résoudre des problèmes quantitatifs concernant la pression et la température, en utilisant l'analyse dimensionnelle. Ils devraient alors recourir à la logique pour établir quel ratio leur procurera la bonne réponse.

2

Se référer aux annexes ⑩ et ⑪ du regroupement 1 pour évaluer les habiletés de laboratoire des élèves.



Bloc F : La résolution de problèmes

L'élève sera apte à :

- C11-2-08** au moyen d'une analyse dimensionnelle, résoudre des problèmes quantitatifs faisant intervenir les rapports entre la pression, la température et le volume d'un gaz,
entre autres, la représentation symbolique;
RAG : C3, D3
- C11-0-C1** utiliser des stratégies et des habiletés appropriées pour développer une compréhension de concepts en chimie,
par exemple, les analogies, les cadres de concepts, les organigrammes, les manipulatifs, les représentations particulières, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de tri et de prédiction, les cycles de mots;
RAG : D3
- C11-0-C2** démontrer une compréhension des concepts en chimie,
par exemple utiliser un vocabulaire scientifique approprié, expliquer un concept à une autre personne, comparer, appliquer ses connaissances à une nouvelle situation ou à un nouveau contexte, créer une analogie, utiliser des manipulatifs.
RAG : D3

Stratégies d'enseignement suggérées

En tête

Inviter les élèves à résumer les rapports qu'ils ont étudiés entre le volume et la pression, le volume et la température, et la pression et la température.

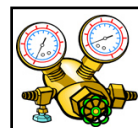
En quête

Résolution de problèmes – méthode des ratios

Inviter les élèves à utiliser la méthode des ratios pour résoudre des problèmes avec les trois variables.

Jusqu'ici, les élèves ont appris que :

$$V \propto 1/P, V \propto T \text{ (en K)}, P \propto T \text{ (en K)}$$



Exemples de problèmes

1. Si un gaz occupe un volume de 25,0 L à 25,0 °C et à une pression de 1,25 atm, quel sera le volume à 128 °C et à une pression de 0,750 atm?

25,0 L à 298 K et 1,25 atm
? L à 401 K et 0,750 atm

Solution :

Il y a deux jeux de ratios possibles pour trouver les unités correctes dans la réponse.

En fonction de V et de P :

a) $\frac{1,25 \text{ atm}}{0,750 \text{ atm}}$ ou b) $\frac{0,750 \text{ atm}}{1,25 \text{ atm}}$

Les élèves devraient pouvoir résoudre des problèmes sur les lois des gaz en se servant de la méthode des ratios et de l'analyse dimensionnelle.

Il y a proportion inverse : à mesure que la pression P baisse, le volume V augmente; donc, il faut utiliser le ratio (a).

En fonction de V et de T :

a) $\frac{401 \text{ K}}{298 \text{ K}}$ ou b) $\frac{298 \text{ K}}{401 \text{ K}}$

Il y a proportion directe : si T augmente, V croît aussi; donc, il faut utiliser le ratio (a).

$$25,0 \text{ L} \times \frac{1,25 \text{ atm}}{0,750 \text{ atm}} \times \frac{401 \text{ K}}{298 \text{ K}} = 56,1 \text{ L}$$

les unités atm et K s'annulent, ce qui donne la réponse en litres.

2. Le volume d'un gaz à 325 kPa et à 58,0 °C est de 125 L. Quelle doit être la température en degrés Celsius pour que le volume passe à 22,4 L, à une pression de 101,3 kPa?

Solution :

58,0 °C devient 331 K.

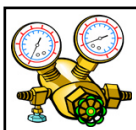
125 L à 325 kPa et à 331 K.

22,4 L à 101,3 kPa et à ? K.

331 K x ratio des volumes x ratio des pressions = réponse.

Puisque $V \propto T$ (en K); si V diminue, alors T doit diminuer, et le ratio serait :

$$331 \text{ K} \times \frac{22,4 \text{ L}}{125 \text{ L}}$$



Puisque $P \propto T$ (en K); si P diminue, alors T diminue aussi, et le ratio serait :

$$331 \text{ K} \times \frac{22,4 \text{ L}}{125 \text{ L}} \times \frac{101,3 \text{ kPa}}{325 \text{ kPa}} = 18,5 \text{ K ou } -254 \text{ °C}$$

Résolution de problèmes – relations symboliques

- Loi de Boyle : $P_1 V_1 = P_2 V_2$
- Loi de Charles : $V_1/T_1 = V_2/T_2$
- Loi de Gay-Lussac : $P_1/T_1 = P_2/T_2$

La pression et le volume sont directement proportionnels à la température et inversement proportionnels entre eux. Nous pouvons donc en déduire la « loi combinée des gaz » :

$$P_1 V_1/T_1 = P_2 V_2/T_2.$$

Avec l'équation $P_1 V_1/T_1 = P_2 V_2/T_2$, on peut résoudre des problèmes faisant intervenir la pression, le volume et la température.

Voici une méthode pour expliquer cette relation combinée :

$$(P_1 V_1) \times (V_1/T_1) \times (P_1/T_1) = (P_2 V_2) \times (V_2/T_2) \times (P_2/T_2)$$

On multiplie les termes de chaque membre :

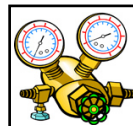
$$\frac{P_1^2 V_1^2}{T_1^2} = \frac{P_2^2 V_2^2}{T_2^2}$$

En extrayant la racine carrée de part et d'autre :

$$\sqrt{\frac{P_1^2 V_1^2}{T_1^2}} = \sqrt{\frac{P_2^2 V_2^2}{T_2^2}}$$

On obtient :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$



Exemple

Les plongeurs de récupération utilisent souvent des parachutes ou sacs ascensionnels pour faire remonter des objets à la surface. Ils doivent, avant de plonger, évaluer les forces en présence pour garantir leur sécurité pendant l'opération de récupération. Un sac ascensionnel contient 145 L d'air au fond d'un lac, à une température de 5,20 °C; la pression est de 6,00 atm. Quand le sac est libéré, il remonte à la surface où la pression est 1 atm et la température, de 16,0 °C. Calcule le volume que le gaz occupera à la surface du lac. Si le volume maximum possible du sac est de 750 L, celui-ci éclatera-t-il à la surface?

Solution :

145 L à 278,2 K et 6,00 atm

V_2 à 289 K et 1,00 atm

Calcul de V_2 d'abord :

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

$$V_2 = 904 \text{ L}$$

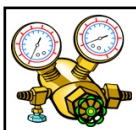
Le nouveau volume de 904 L dépasse la capacité maximale du sac ascensionnel qui éclatera donc, de sorte que l'objet redescendra au fond du lac.

En fin

Inviter les élèves à illustrer leur compréhension des lois des gaz à l'aide du procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10).

Stratégie d'évaluation suggérée

Proposer aux élèves de résoudre des problèmes quantitatifs concernant la pression, la température et le volume.



Bloc G : Les applications des gaz

L'élève sera apte à :

- C11-2-09** identifier diverses applications industrielles, environnementales et récréatives des gaz,
par exemple la plongée sous marine, l'anesthésie, le coussin gonflable, le soudage à l'acétylène, les appareils au propane;
RAG : B1, B2, B4, C6
- C11-0-R1** tirer des informations d'une variété de sources et en faire la synthèse, entre autres imprimées, électroniques et humaines;
RAG : C2, C4, C6
- C11-0-R3** citer ou noter des références bibliographiques selon les pratiques acceptées;
RAG : C2, C6
- C11-0-R5** communiquer l'information sous diverses formes en fonction du public cible, de l'objectif et du contexte;
RAG : C5, C6
- C11-0-G1** collaborer avec les autres afin d'assumer les responsabilités et d'atteindre les objectifs d'un groupe.
RAG : C2, C4, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

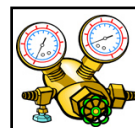
En tête

Inviter les élèves à faire un remue-méninges sur diverses applications des gaz.

En quête

Recherche

Proposer aux élèves de faire des recherches sur diverses applications industrielles, environnementales et récréatives des gaz. ¶ L'annexe 8 présente des renseignements pour l'enseignant pour certaines applications. Leur demander de partager l'information recueillie selon la méthode de leur choix (p. ex. exposé oral, brochure informative, compte rendu, affiche). Voici des applications possibles à explorer :



- Scaphandre autonome
- Anesthésie
- Coussins gonflables
- Soudage à l'acétylène
- Appareils ménagers au propane

En fin

Inviter les élèves à passer en revue la matière apprise au cours du présent module à l'aide d'un jeu (voir @ l'annexe 9).

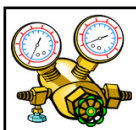
Stratégies d'enseignement suggérées

1

Déterminer des critères d'évaluation avec les élèves pour leur recherche. Les critères devraient inclure des éléments touchant le contenu et la présentation (voir @ l'annexe 10 pour un exemple de grille d'évaluation).

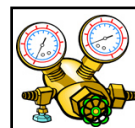
2

Inviter les élèves à évaluer leur travail de groupe à l'aide de @ l'annexe 11.



LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Ligne de temps – Mesure de la pression.....	2.46
ANNEXE 2 : L'oiseau buveur – Questions pour les élèves.....	2.47
ANNEXE 3 : L'oiseau buveur – Renseignements pour l'enseignant.....	2.48
ANNEXE 4 : Les relations de proportionnalité et la loi de Boyle – Renseignements pour l'enseignant	2.50
ANNEXE 5 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience.....	2.54
ANNEXE 6 : La pièce qui danse	2.55
ANNEXE 7 : Expérience – La relation entre la température et le volume d'un gaz.....	2.59
ANNEXE 8 : Applications des gaz.....	2.61
ANNEXE 9 : Jeu de récapitulation.....	2.64
ANNEXE 10 : Applications des gaz dans la vie de tous les jours – Grille d'évaluation.....	2.67
ANNEXE 11 : Évaluation – Processus de collaboration	2.68



ANNEXE 1 : Ligne de temps – Mesure de la pression

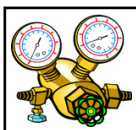
Situez le long d'un axe chronologique les scientifiques suivants qui ont aidé à formuler, au sujet de la mesure de la pression, les concepts que nous utilisons aujourd'hui :

Galilée
Torricelli
Von Guericke
Pascal
Huygens
Avogadro
Dalton

Utilisez du papier pour affiches et des marqueurs pour tracer l'axe chronologique, de manière qu'on puisse le voir facilement, une fois mis en montre. Afin de constituer l'axe chronologique, utilisez les dates des découvertes importantes sur les gaz, et non les dates de naissance ou de décès des scientifiques. Donnez à votre graphique un titre attrayant et soyez originaux dans la façon de présenter les renseignements sur l'affiche. Rappelez-vous qu'il s'agit d'un travail collectif; répartissez donc les tâches et soyez attentifs aux suggestions de chaque membre du groupe.

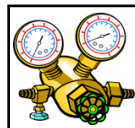
Renseignements nécessaires :

- ✓ le nom complet du scientifique;
- ✓ ses dates de naissance et de décès;
- ✓ ce qui l'a rendu célèbre;
- ✓ son âge quand il a fait la découverte qui l'a rendu célèbre (un âge approximatif suffit, si les détails historiques sont obscurs);
- ✓ un autre renseignement intéressant au sujet de ce scientifique.



ANNEXE 2 : L'oiseau buveur – Questions pour les élèves

1. Observe l'oiseau attentivement et décris autant de propriétés physiques que possible.
2. Combien d'états de la matière vois-tu dans le système?
3. Dessine un cycle de l'oiseau buveur.
4. Qu'est-ce qui fait que le liquide monte dans le cou pendant un cycle?
5. Pourquoi l'oiseau se dresse-t-il?
6. À quoi sert la tête « duveteuse »?
7. À quoi sert l'eau versée sur la tête?
8. L'oiseau continuera-t-il à boire si l'on enlève la tasse?
9. Quelle est la source d'énergie de l'oiseau?
10. Quel genre d'énergie l'oiseau utilise-t-il?
11. Quel est le récepteur d'énergie?
12. Décris la séquence énergétique.
13. Comment expliquerais-tu le fonctionnement de l'oiseau?
14. Combien de fois l'oiseau mouille-t-il son bec pendant une minute?
15. Comment une brise influencerait-elle sur le nombre de fois où l'oiseau mouille son bec chaque minute?
16. Comment la lumière directe ou indirecte du soleil produirait-elle le nombre le plus élevé de fois par minute où l'oiseau mouille son bec?
17. Comment l'humidité relative influencerait-elle sur le nombre de fois par minute où l'oiseau mouillerait son bec?
18. Énumère les variables qui, selon toi, influeraient sur ce nombre.
19. Comment planifierais-tu une expérience pour établir quelles variables produiraient le nombre le plus élevé de fois par minute où l'oiseau mouillerait son bec?
20. Que dois-tu faire pour que l'oiseau continue sans arrêt à mouiller son bec?
21. Dans quelles conditions l'oiseau cesserait-il de fonctionner?
22. Décris l'environnement nécessaire pour que l'oiseau continue de fonctionner à son maximum.



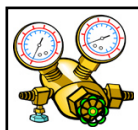
ANNEXE 3 : L'oiseau buveur – Renseignements pour l'enseignant

La tête, le cou et le corps de l'oiseau buveur sont des compartiments vides dont on a évacué l'air; ceux-ci contiennent un liquide volatil et sa vapeur (système à deux phases). Le liquide se caractérise par une faible chaleur de vaporisation, une densité élevée et une forte pression; son point d'ébullition s'approche de la température ambiante normale. Quand la tête est sèche, la température est uniforme dans tout l'oiseau, et la pression de vapeur dans le compartiment supérieur est égale à celle présente dans le compartiment inférieur. L'oiseau est dans un état d'équilibre statique (en d'autres mots, le système ne fonctionne pas).

Quand la tête est mouillée, la pression de vapeur dans les deux compartiments susmentionnés n'est plus égale. L'eau qui est à la surface de la tête commence à s'évaporer, ce qui refroidit la tête. Ce processus d'évaporation réduit la chaleur du compartiment supérieur (l'air environnant absorbe aussi de la chaleur, mais cela n'influe pas sur le fonctionnement de l'oiseau). Par conséquent, la température à l'intérieur du compartiment supérieur baisse. Ce refroidissement réduit la pression de vapeur dans la tête, de sorte que la pression du gaz dans le compartiment inférieur devient plus grande que celle dans le compartiment supérieur. Cette différence de pression pousse le liquide dans le tube et jusque dans la tête. En résumé, quand le bec se mouille : 1) la pression dans le compartiment supérieur diminue; 2) on observe un gradient de pression entre les deux compartiments; 3) la colonne de liquide monte.

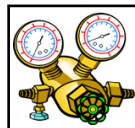
Pendant que se poursuit l'évaporation de l'eau sur la tête de l'oiseau, la pression dans le compartiment supérieur continue de baisser, et la colonne de liquide, de monter. La tête devient lourde et s'incline, mais sa descente cesse avant qu'elle atteigne l'horizontale, car le liquide dans le bout inférieur du tube atteint un niveau plus élevé que celui présent dans le compartiment inférieur. Par conséquent, la montée du liquide dans la colonne est arrêtée par l'inclinaison de l'oiseau, quand le centre de gravité, qui s'élève tandis que la colonne monte, se déplace en dehors de son axe. À ce moment-là, la colonne de liquide se brise, et un contact s'établit entre les deux compartiments. Sous l'effet de la gravité, le liquide stocké dans le compartiment supérieur retourne dans la cloche inférieure, tandis que, simultanément, le gaz présent dans le compartiment inférieur monte en bulles dans la tête. La pression de vapeur et la température deviennent de nouveau uniformes dans tout l'oiseau, qui reprend ainsi sa position verticale originale. Le cycle se répète, car l'évaporation de l'eau sur la tête se poursuit; l'oiseau continue de s'incliner tant qu'existe une différence de température suffisante entre les compartiments supérieur et inférieur.

D'après la description qui précède, l'oiseau buveur est en fait un moteur thermique qui convertit la chaleur de vaporisation en travail, par le biais d'un mouvement de rotation. Le « carburant » dans ce cas-ci est de l'eau qui subit une transformation chimique. Comme d'autres moteurs thermiques, cette machine exécute le travail en raison de la différence de température entre la source de chaleur et le puits thermique. Dans ce cas, toutefois, la source est la température ambiante, et la température du puits (l'eau sur le bec) est inférieure.



ANNEXE 3 : L'oiseau buveur – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Comme nous vivons à une ère où l'on se soucie de l'énergie, il convient de rappeler aux élèves de ne pas oublier cette distinction entre la puissance et l'énergie. L'oiseau buveur illustre une relation très intéressante entre la puissance et l'énergie. L'efficacité grandit d'une façon linéaire à mesure que la hauteur de la colonne augmente; si la hauteur de la colonne de liquide est multipliée par deux, l'efficacité énergétique double. En ce qui concerne la puissance, toutefois, l'efficacité ne change pas. Il en est ainsi parce que le temps que l'eau prend pour atteindre la hauteur maximale double lui aussi, étant donné que le taux d'évaporation est constant. Quand la hauteur de la colonne a doublé, le rendement énergétique et le temps qu'il faut pour compléter un cycle doublent, et la puissance demeure constante.



ANNEXE 4 : Les relations de proportionnalité et la loi de Boyle – Renseignements pour l'enseignant

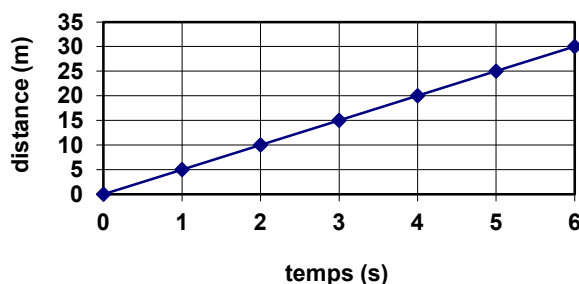
Lorsqu'on analyse des données recueillies lors d'une expérience, on essaie de découvrir des régularités (patrons) dans les données. Ces régularités nous aident à identifier les relations mathématiques qui existent entre les variables, nous permettant ainsi d'établir des formules qui nous aideront à faire des prédictions. On utilise l'expression de *proportionnalité* pour exprimer le fait qu'une grandeur varie en fonction d'une autre. La plupart des proportionnalités sont assez simples, soit directement ou inversement proportionnelles. Une proportionnalité directe serait observée par exemple pour un objet qui se déplace à vitesse uniforme. Le tableau qui suit contient des données pour représenter cette situation :

Temps (s)	0	1	2	3	4	5	6
Distance (m)	0	5	10	15	20	25	30

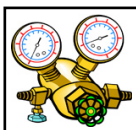
D'après ce tableau, si l'on double le temps, la distance double aussi. Si l'on multiplie le temps par 3, la distance est aussi multipliée par 3. La relation mathématique qui représente cette relation est « $d \propto t$ ».

Il est parfois difficile d'identifier des relations de proportionnalité avec seulement des données dans un tableau. Heureusement, le mode de représentation graphique nous donne une image de cette relation. Pour le tableau ci-dessus, la représentation graphique serait :

La distance en fonction du temps

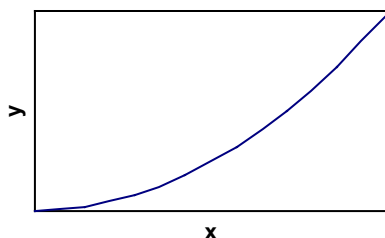


Il s'agit ici d'une relation linéaire ($y \propto x$). Quand on a un graphique avec une droite qui passe par l'origine, il s'agit toujours d'une relation linéaire.

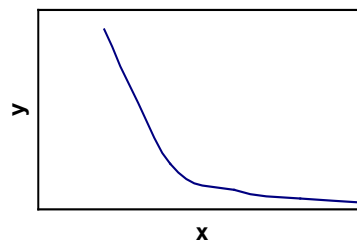


ANNEXE 4 : Les relations de proportionnalité et la loi de Boyle – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Cependant, les relations ne sont pas toujours linéaires. Voici d'autres diagrammes dont la forme nous indique



relation exponentielle $y \propto x^n$
 y est directement proportionnel à x à la puissance de n

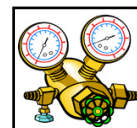
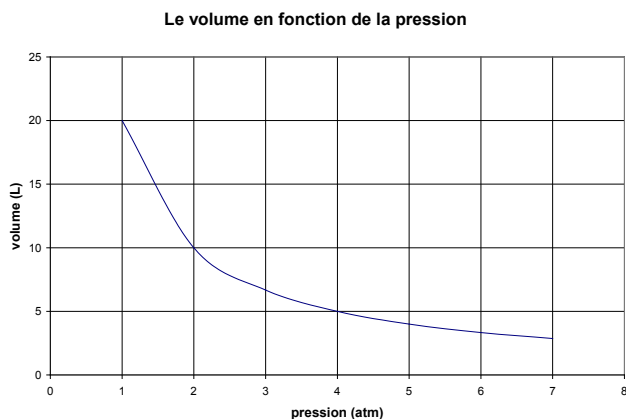


relation inverse (inversement proportionnelle) $y \propto 1/x^n$
 y est inversement proportionnel à x à la puissance de n

La forme de la courbe nous donne la relation générale de proportionnalité, sans pour autant connaître la valeur de « n ». Pour déterminer l'équation mathématique représentant cette relation, on peut redresser la courbe du graphique en attribuant une valeur arbitraire à « n » et en tracer le graphique résultant. Si la courbe résultante est une droite, la valeur de « n » a correctement été identifiée. Il s'agit d'une méthode par tâtonnement, mais pour les relations étudiées en chimie et en physique au secondaire, la valeur de n est habituellement 1 ou 2.

Examinons le redressement d'une courbe à l'aide de données recueillies pour l'expérience du volume en fonction de la pression. À partir du tableau de résultats ci-dessous, un graphique du volume d'un gaz en fonction de la pression a été tracé.

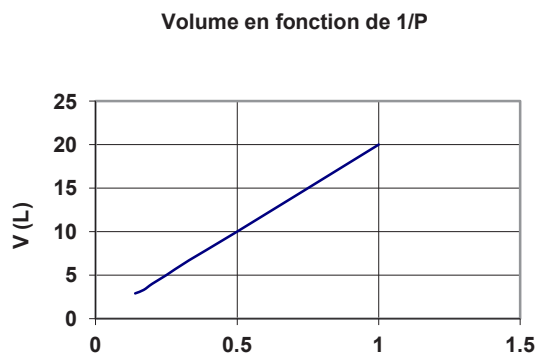
Pression (atm)	Volume (L)
1	20
2	10
3	6,7
4	5,0
5	4,0
6	3,3
7	2,9



ANNEXE 4 : Les relations de proportionnalité et la loi de Boyle – Renseignements pour l'enseignant (suite)

La forme de la courbe indique qu'il s'agit d'une relation inverse, c'est-à-dire que si la pression du gaz augmente, son volume diminue ($V \propto \frac{1}{P}$). Si nous donnons une valeur de 1 à « n » voici le tableau de données et le graphique qui vont en résulter.

P (atm)	1/P (atm ⁻¹)	V (L)
1	1	20
2	0,5	10
3	0,33	6,7
4	0,25	5
5	0,2	4
6	0,17	3,3
7	0,14	2,9



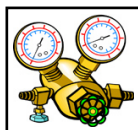
La courbe résultante est une droite donc on peut conclure que la relation inversement proportionnelle est la suivante :

$$V \propto \frac{1}{P}$$

Une fois qu'on a identifié la relation de proportionnalité, on peut la transformer en équation mathématique. Pour ce présent résultat d'apprentissage, les élèves vont résoudre des problèmes en utilisant les rapports entre les données plutôt qu'au moyen de l'équation mathématique (mode de représentation symbolique) représentant la loi de Boyle. Celle-ci sera introduite au RAS C11-2-08). On remplace le symbole de proportionnalité ($\propto$) par un signe d'égalité (=) et un coefficient de proportionnalité constant qu'on définit habituellement par la lettre k . Pour une relation directe, $y \propto x$ deviendrait $y = kx$. Pour notre relation inversement proportionnelle,

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ deviendrait } V = k \frac{1}{P}$$

On détermine habituellement la valeur numérique du coefficient de proportionnalité en calculant la pente de la droite (représentée par la lettre m en mathématique). Pour le graphique du volume en fonction de $\frac{1}{P}$, la pente de la droite (différence des ordonnées/différence des abscisses) va nous fournir la valeur numérique de k .



ANNEXE 4 : Les relations de proportionnalité et la loi de Boyle – Renseignements pour l'enseignant (suite)

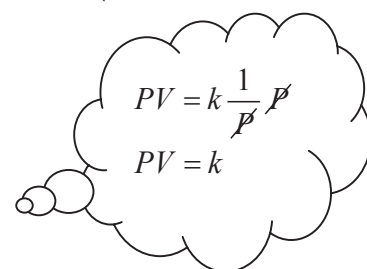
$$\begin{aligned}
 k &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\
 k &= \frac{20L - 4L}{1 \frac{1}{\text{atm}} - 0,2 \frac{1}{\text{atm}}} \\
 &= \frac{16L}{0,8 \frac{1}{\text{atm}}} \\
 &= 20 L / \frac{1}{\text{atm}} \\
 &= 20 \text{ atm} \cdot L
 \end{aligned}$$

C'est Robert Boyle (1627-1691) qui a découvert la relation inverse entre le volume et la pression d'un gaz à température constante en 1662. Il s'est servi d'un tube de verre en forme de « J », dont une extrémité était scellée, pour mesurer la hauteur de l'air emprisonné par du mercure versé dans le tube par son extrémité ouverte. Après l'ajout d'autre mercure, le volume d'air a diminué. Cela a aidé Boyle à déduire la relation entre la pression et le volume. Avec Robert Hooke, il a construit une pompe à air pour ces expériences.

Robert Boyle a aussi exprimé cette relation inverse en forme d'équation, afin d'étudier un même gaz dans deux ensembles de conditions différentes (état initial et état final).

L'équation représentant la relation est : $V = k \frac{1}{P}$. On peut isoler la constante de proportionnalité (k), ce qui nous donne $PV = k$

Donc, pour un échantillon de gaz, le produit de la pression et du volume de n'importe quel ensemble de données donne toujours la même valeur de constante.



Puisque le produit de la pression et du volume donne une même constante pour les deux états, on peut dire que :

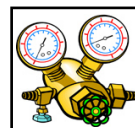
$$P_1 V_1 = k = P_2 V_2$$

ou

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ (loi de Boyle)}$$

Saviez-vous que ...?

Edme Mariotte (France) a découvert la corrélation entre le volume et la pression, indépendamment de l'Irlandais Robert Boyle. En Australie et dans les Antilles, on parle plutôt de la loi de Mariotte et non de Boyle! Plusieurs textes nomment maintenant cette loi la loi de Boyle-Mariotte.



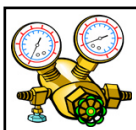
ANNEXE 5 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience

Évaluation du rapport d'expérience

Titre de l'expérience: _____ Membres de l'équipe: _____

Critères	Points possibles*	Auto-évaluation	Évaluation par l'enseignant
<i>Formuler une question</i> la question mène à l'étude et l'objet est bien ciblé (comporte une relation de cause à effet)			
<i>Émettre une prédiction</i> - les variables dépendante et indépendante sont définies - la prédiction comporte une relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante			
<i>Élaborer le plan</i> - le matériel nécessaire est choisi - les variables à contrôler sont déterminées - les étapes sont énumérées et décrites clairement - les mesures de sécurité sont prises en compte - l'élimination des déchets est prévue - les éléments suivants sont modifiés au besoin et une justification est fournie : le matériel, les variables, les mesures de sécurité, la démarche			
<i>Réaliser le test, observer et consigner les observations</i> - l'expérience fait l'objet d'essais répétés - les données sont consignées en détail et avec les unités appropriées - les données sont consignées clairement, de façon structurée et dans un format approprié			
<i>Analyser et interpréter les résultats</i> - les diagrammes sont utilisés au besoin - les régularités, les tendances ou les écarts sont précisés - les forces et les faiblesses de la méthode et les sources d'erreur possibles sont décrites - toute modification au plan initial est décrite et justifiée			
<i>Tirer une conclusion</i> - la relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante est expliquée - d'autres explications sont élaborées - la prédiction s'est avérée juste ou inexacte			
Total des points			

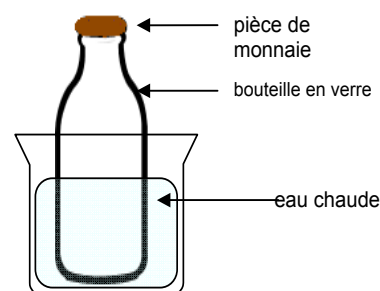
***Remarque :** L'enseignant ou les élèves de la classe attribuent des points selon les mérites particuliers de l'expérience.



ANNEXE 6 : La pièce qui danse*

Matériel

- une bouteille vide en verre.
- deux grands contenants d'eau transparents, en plastique de préférence pour une meilleure isolation thermique.
- une petite pièce de monnaie très légère telle qu'une pièce de dix cents. La masse des pièces de cinq et de 25 cents risque d'être trop importante.



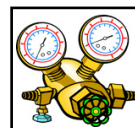
Consignes de sécurité

- Veiller à ce que l'eau utilisée pour l'expérience ne soit pas trop chaude. Il n'est pas nécessaire de la faire bouillir. L'eau chaude du robinet fait très bien l'affaire et présente beaucoup moins de risques pour les élèves.
- Il est beaucoup plus prudent d'utiliser un contenant en plastique plutôt qu'en verre. En effet, le plastique isole mieux contre la chaleur et réduit donc le risque de brûlures si un élève touche le contenant par accident.

Notons qu'il ne s'agit pas d'une démonstration de la loi de Boyle puisque la quantité de gaz contenue dans la bouteille ne reste pas constante pendant l'expérience. Il est probablement préférable d'utiliser cette démonstration comme une introduction, en mettant l'accent sur les changements particuliers et leur influence sur le volume et la pression des gaz.

Préparation

1. Remplir l'un des deux contenants d'eau chaude et l'autre d'eau froide.
2. Placer la bouteille sur une table, humecter le bord du goulot de la bouteille et placer la pièce de monnaie sur le goulot. Il est indispensable que le goulot de la bouteille soit suffisamment humide pour qu'un joint se forme entre la bouteille et la pièce de monnaie.
3. Demander aux élèves de faire quatre dessins représentant la bouteille avec la pièce de monnaie posée sur le goulot. Leur demander de dessiner un cercle au-dessus et au-dessous de la pièce de monnaie et souligner le fait que le but de cette démonstration est de voir ce qui arrive aux particules d'air dans quatre situations différentes. Inviter les élèves à écrire les mots « température de la pièce », « chaud », « froid », « chaud » sous les diagrammes. Demander aux élèves de prêter attention au fait que dans chaque cas, les températures devraient influencer sur les particules qui, à leur tour, devraient avoir des effets sur la pièce de monnaie.
4. Inviter les élèves à examiner la bouteille et à comparer l'air au-dessus et au-dessous de la pièce de monnaie, du point de vue de l'action des particules. Les élèves devraient être en mesure de voir les particules et de constater que leur action est la même au-dessus et au-dessous de la pièce de monnaie. Les particules sont très rapprochées, en mouvement, elles s'entrechoquent, elles heurtent la pièce de monnaie et elles exercent une pression sur celle-ci. La pression exercée par les particules devrait être la même au-dessus et au-dessous de la pièce de monnaie. Souligner le fait que les particules se déplacent dans TOUTES les directions et pas seulement vers le haut et vers le bas contre la pièce de monnaie.

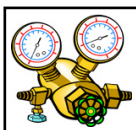


ANNEXE 6 : La pièce qui danse* (suite)

Les élèves ont tendance à penser que la pression atmosphérique est une force qui s'exerce uniquement vers le bas.

Démarche de démonstration

1. Expliquer la façon dont l'expérience va se dérouler.
2. Dire aux élèves que vous allez d'abord placer la bouteille dans l'eau chaude, puis, après un certain temps, dans l'eau froide, et enfin de nouveau dans l'eau chaude.
3. Demander aux élèves ce qui arrivera aux particules contenues dans la bouteille et quels effets cela aura sur la pièce de monnaie. Cette fois encore, ils devraient être en mesure de voir les particules. Les inviter à discuter de ces questions en petit groupe et à écrire leurs constatations sur leurs quatre dessins.
4. Lorsque vous plongerez la bouteille dans l'eau chaude, la pièce de monnaie posée sur le goulot commencera à vibrer. C'est pourquoi on parle de la « pièce qui danse ».
5. Demander aux élèves de se reporter aux diagrammes de la bouteille et aux cercles dessinés au-dessus et au-dessous de la pièce de monnaie. Montrez-leur que l'air contenu dans chaque bouteille est constitué de minuscules molécules de gaz divers, en dessinant des petits cercles dans les bouteilles.
6. Expliquer ensuite que l'eau chaude a chauffé l'air et a provoqué une expansion de l'air, parce que les molécules se déplacent plus rapidement, possèdent davantage d'énergie et s'entrechoquent plus fréquemment et avec plus d'énergie, ce qui accroît la pression qui s'exerce sur la pièce de monnaie à l'intérieur de la bouteille. Étant donné que l'on a chauffé l'air, celui-ci a commencé à se dilater et à s'échapper de la bouteille. Lorsqu'il a essayé de sortir de la bouteille, l'air a fait vibrer la pièce de monnaie en perçant le joint créé par l'humidification du goulot de la bouteille. S'il n'y avait pas de joint, l'air s'échapperait tout simplement par le goulot.
7. Pendant que l'air continue d'essayer de s'échapper et perce le joint, la pièce de monnaie continue de vibrer. Continuer de souligner la façon dont les particules réagissent.
8. Plonger ensuite la bouteille dans l'eau froide.
9. Les élèves devraient maintenant être mieux en mesure de prévoir ce qui va se passer à l'intérieur de la bouteille. De nouveau, leur demander d'observer et de comparer le mouvement des particules à l'intérieur et à l'extérieur de la bouteille. Ils devraient constater que l'air froid commence à se déplacer plus lentement et à se contracter parce que les particules ont moins d'énergie. Étant donné qu'une grande partie de l'air s'est échappé, il devrait y avoir moins de collisions contre la pièce de monnaie à l'intérieur de la bouteille, ce qui accroît la pression qui s'exerce à l'extérieur de la bouteille.
10. Retirer la bouteille de l'eau et la retourner lentement. La pièce de monnaie devrait rester en place en raison de la pression plus forte qui s'exerce à l'extérieur de la bouteille. De nouveau, demander aux élèves d'observer le déplacement des particules à l'intérieur et à l'extérieur de la bouteille, même lorsque celle-ci est retournée. Souligner le fait que les particules se déplacent dans TOUTES les directions.



ANNEXE 6 : La pièce qui danse* (suite)

11. Cela montre les effets exercés par le refroidissement sur une substance gazeuse.
12. Enfin, plonger de nouveau la bouteille dans l'eau chaude. Les élèves devraient être en mesure d'observer la façon dont les particules réagissent et de prévoir que, sous l'effet du réchauffement de l'air dans la bouteille, les particules vont accumuler davantage d'énergie et exercer sur la pièce de monnaie une pression équivalente à l'intérieur et à l'extérieur de la bouteille, ce qui va percer le joint et permettre à la pièce de monnaie de se détacher facilement de la bouteille.

Quelques questions à discuter

1. Connaissance

Quels sont les effets de la température sur les molécules d'une substance gazeuse contenue dans un espace clos?

- Que se passe-t-il lorsque l'on chauffe les molécules?
- Que se passe-t-il lorsque l'on refroidit les molécules?

2. Compréhension

Une montgolfière s'élève dans les airs. Le pilote de la montgolfière remarque que le mécanisme d'air chaud ne fonctionne plus. Il lui faut cinq minutes pour effectuer la réparation. Qu'arrivera-t-il à la montgolfière pendant ces cinq minutes?

3. Application

Mathieu a lavé sa voiture une journée où il faisait très chaud, en utilisant un produit nettoyant contenu dans une bombe aérosol. Après son travail, il a laissé la bombe aérosol dans l'entrée du garage, en pleine chaleur, et celle-ci a explosé. Pourquoi cela s'est-il produit? Qu'est-ce que Mathieu aurait dû faire de la bombe aérosol après avoir fini de l'utiliser?

4. Analyse

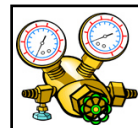
Comment le pilote de montgolfière mentionné à la question 2 détermine-t-il la hauteur à laquelle le ballon s'élève?

5. Synthèse

Donnez deux exemples dans lesquels l'expansion de molécules de gaz est bénéfique.
Donnez deux exemples dans lesquels la contraction de molécules de gaz est bénéfique.

6. Évaluation

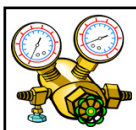
Pour chacun des exemples ci-dessous, indiquez si les molécules de gaz se déplaceront plus vite et se dilateront ou, au contraire, ralentiront et se contracteront.



ANNEXE 6 : La pièce qui danse* (suite)

- a) Un ballon est laissé dans l'arrière-cour en plein hiver.
- b) Un contenant de crème glacée à moitié rempli est sorti du congélateur et laissé sur le comptoir avec le couvercle fermé.
- c) Un homme laisse sa bicyclette dehors toute une nuit en plein froid. Le lendemain, il rentre la bicyclette dans sa maison et constate que les pneus sont moins gonflés.

*Centres for Research in Youth, Science Teaching and Learning, « The Dancing Coin C11-1-03, 2-05 », *Chemistry Teaching Resources*, <<http://umanitoba.ca/outreach/crystal/chemistry.html>> (Consulté le 7 novembre 2011).
Adaptation autorisée par l'Université du Manitoba.



ANNEXE 7 : Expérience – La relation entre la température et le volume d'un gaz

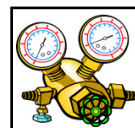
Cette expérience vise principalement à montrer la relation entre la température et le volume d'un gaz captif. Ici, nous utilisons de l'air contenu dans une seringue. Quand la température de la seringue change parce qu'on la met dans différents bains-marie, le volume du gaz captif varie aussi. Nous surveillerons l'évolution du volume en fonction des gradations de la seringue. Nous supposons que la pression sera constante tout au long de l'expérience. Nous prendrons note des paires de données température-volume pendant l'expérience, puis nous les analyserons. À partir des données et du graphique, vous devriez pouvoir établir le genre de relation mathématique qui existe entre la température et le volume du gaz captif. Cette relation a été découverte pour la première fois par Jacques Charles, vers 1790; on l'a connaît depuis sous le nom de « loi de Charles ».

Matériel

- seringue (60 cc)
- bouchon de caoutchouc modifié (taille : zéro)
- 5 béchers (1 litre)
- pince à éprouvette
- thermomètre et pince
- plaque chauffante
- glace
- support universel

Démarche

1. Prépare des bains-marie d'environ 0 °C, 20 °C (température ambiante), 50 °C (eau chaude du robinet), 80 °C et 95 °C. Dans chaque cas, mélange diverses quantités d'eau chauffée sur une plaque chauffante, d'eau froide et de glace, pour obtenir un volume de 800 mL dans un bécher d'un litre. Afin d'épargner du temps et d'utiliser moins de béchers, plusieurs groupes d'élèves peuvent employer le même jeu de bains-marie.
2. Remplis une seringue de 30 mL d'air et scelle la pointe de la seringue à l'aide d'un bouchon de caoutchouc modifié.
3. Installe le support universel avec des pinces pour tenir la seringue et des pinces pour tenir un thermomètre.
4. Place la seringue et le thermomètre dans le bain d'eau glacée et attendre environ 5 minutes pour que le système soit équilibré.
5. Pousse et tire délicatement le piston de la seringue afin de réduire le frottement entre le piston et les parois de la seringue.
6. Laisse reposer 30 secondes, puis note le volume et la température du gaz dans le tableau.
7. Répète les étapes 4 à 6 avec le bain-marie de 20 °C, 50 °C, 80 °C et 95 °C. Inscris la température et le volume du gaz dans le tableau.



ANNEXE 7 : Expérience – La relation entre la température et le volume d'un gaz (suite)

Résultats

Volume (cc)	Température (°C)	Température (K)

Avec les données relevées, trace un graphique montrant l'évolution du volume (cc) par rapport à la température (°C). Assure-toi de désigner les axes, d'inscrire un titre et d'utiliser les échelles et les unités qui conviennent.

Prolonge la courbe par extrapolation et trouve la température qu'il faudrait en théorie pour réduire le volume à 0 cc. On appelle cette température en degré Celsius « zéro absolu » sur l'échelle Kelvin.

Conclusion

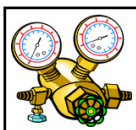
Rédige un énoncé sur la relation entre la température d'un gaz et son volume. Trouve la température nécessaire pour ramener le volume du gaz à 0 cc.

Analyse

1. Qu'est-ce qui arrive au piston lorsque la température augmente? Décris ce qui se déroule au niveau moléculaire pour expliquer tes observations.
2. Calcule l'erreur, en pourcentage, de ta valeur Celsius trouvée pour le zéro absolu :

$$\% \text{ erreur} = \frac{\text{résultat expérimental} + 273}{273} \times 100 \%$$

3. D'après le graphique tracé à la lumière de tes données, la température et le volume ont-ils une relation directe ou inverse l'un avec l'autre? Explique ta réponse.
4. Indique quelques sources d'erreur.



ANNEXE 8 : Applications des gaz

Les renseignements qui suivent servent d'introduction à certains exemples d'applications des gaz.

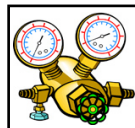
Appareil respiratoire autonome de plongée : Appareil que les plongeurs utilisent pour s'approvisionner en air et en d'autres gaz respirables à une température ambiante.

Les trois lois des gaz influent sur les plongeurs qui doivent prendre en considération tous les effets combinés quand ils planifient une plongée. Le détendeur moderne fournit l'air sur demande à la pression ambiante; cela signifie, par exemple, qu'à 99 pieds (30 m) et à quatre atmosphères, le détendeur règle la pression de la bonbonne à 4,0 atm. Quand un plongeur remonte à la surface, les gaz présents dans son corps se dilatent et, si une exhalation suffisante n'a pas lieu, des bulles d'air risquent d'être poussées dans les tissus et dans le sang, ce qui peut avoir des conséquences mortelles. Le plongeur moderne porte aussi un correcteur de lestage, qui a deux rôles principaux. Il maintient en place la bonbonne d'air comprimé et les détendeurs de deuxième stade. Il règle aussi la flottabilité du plongeur quand il descend en profondeur ou qu'il remonte à la surface. Il est capital que le plongeur apprenne à régulariser d'une façon sûre et précise la quantité d'air dans son correcteur de lestage; or, c'est là quelque chose de très difficile à apprendre. Si trop d'air est ajouté, le plongeur risque d'accélérer sa remontée, tandis que l'air dans le correcteur se dilate en même temps que la pression diminue. S'il ne peut exhaler assez vite à ce moment-là ou que le gaz dissous dans son sang ne peut s'échapper assez rapidement, il risque de subir des dommages physiques. Les mêmes commentaires valent pour la descente. L'insuffisance d'air dans le correcteur de lestage ou un poids trop lourd dans la ceinture de lest peuvent provoquer une descente trop rapide pour que l'organisme ait le temps de s'adapter, d'où les risques de blessures. Une fois que le plongeur a trouvé le niveau de flottabilité nulle, il peut apporter de petits ajustements en régularisant la quantité d'air résiduel dans le système respiratoire.

Anesthésie : Utilisation de drogues (en l'occurrence, administrées par inhalation) qui entraînent la perte de conscience ou de la sensation de douleur.

Coussins gonflables : Système de retenue supplémentaire installé dans les véhicules. Le coussin ralentit la vitesse du passager jusqu'à l'arrêt complet en lui évitant toute blessure ou presque. Le système de gonflement du coussin fait réagir l'azoture de sodium (NaN_3) avec le nitrate de potassium (KNO_3) pour engendrer un souffle rapide d'azote gazeux.

Dirigeables : À une certaine époque, les dirigeables tels que le fameux Hindenburg étaient remplis de gaz hydrogène inflammable. Aujourd'hui, ces aérostats sont remplis d'hélium qui est inerte et plus sûr, mais plus lourd que l'hydrogène, vu sa masse atomique plus grande. On se sert aussi de l'hélium dans les ballons-sondes météorologiques, lesquels diffèrent grandement des montgolfières utilisées à des fins récréatives.



ANNEXE 8 : Applications des gaz (suite)

Soudage à l'acétylène : (Soudage au gaz oxygéné, ou oxygaz). L'expression « soudage au gaz oxygéné » (oxygaz) désigne un groupe de procédés de soudage qui produisent la coalescence en chauffant la matière avec une flamme ou des flammes d'oxygaz.

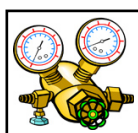
Il y a quatre procédés distincts dans ce groupe et dans deux cas (le **soudage oxyacétylénique** et le **soudage à l'oxyhydrogène**), la classification est fondée sur le gaz utilisé. La chaleur de la flamme est créée par la réaction chimique ou la combustion des gaz. Dans le troisième procédé, celui du **soudage aéro-acétylénique**, on se sert d'air plutôt que d'oxygène, et dans le quatrième cas, soit celui du **soudage au gaz par pression**, on applique une pression en plus de la chaleur issue de la combustion des gaz. Dans ce dernier cas, l'oxygaz est d'habitude de l'acétylène.

Appareils ménagers au propane : Le propane sert souvent de combustible dans les systèmes de chauffage ménagers; on l'utilise aussi ailleurs dans la maison et à l'extérieur à diverses fins, y compris le chauffage, la cuisson, le séchage des vêtements, le chauffage de la piscine ou du sauna, l'alimentation des foyers et des grils, etc.

Le propane est utilisé dans les appareils ménagers, notamment dans le réfrigérateur au propane qui équipe de nombreux véhicules de plaisance. C'est un appareil intéressant, car il ne comporte aucune pièce mobile et utilise la chaleur issue de la combustion du propane pour produire le froid dans le réfrigérateur!

Voici comment le cycle fonctionne :

1. De la chaleur est appliquée au générateur; elle provient de la combustion de propane, de kérosène ou d'un autre combustible.
2. Une solution d'ammoniac et d'eau se trouve dans le générateur. La chaleur élève la température de la solution jusqu'au point d'ébullition de l'ammoniac.
3. La solution en ébullition se rend jusqu'au séparateur, où l'eau se sépare du gaz ammoniac.
4. Le gaz ammoniac se propage vers le haut jusqu'au condensateur. Celui-ci est composé d'un serpentin et de pales métalliques grâce auxquels le gaz perd sa chaleur et se condense en un liquide.
5. L'ammoniac liquide se rend jusqu'à l'évaporateur, où il se mélange au gaz hydrogène et s'évapore, ce qui engendre des températures froides dans le réfrigérateur.
6. Le gaz ammoniac et le gaz hydrogène se propagent jusqu'à l'absorbeur. Là, l'eau qui a été recueillie dans le séparateur se mélange aux deux gaz.
7. L'ammoniac forme une solution avec l'eau et libère le gaz hydrogène qui retourne à l'évaporateur. La solution d'ammoniac et d'eau circule vers le générateur pour répéter le cycle.

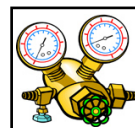


ANNEXE 8 : Applications des gaz (suite)

Caissons hyperbares (Caissons de décompression) : Les caissons hyperbares sont utilisés depuis les années 1940. Au début, la Marine s'en servait pour soigner les plongeurs qui souffraient du mal de décompression (maladie des caissons). La personne devant être traitée était mise dans le caisson, et la pression y était augmentée pour équivaloir à de nombreuses atmosphères. Cette méthode permettait de « recomprimer » les micro bulles dans le sang et les tissus et d'atténuer les symptômes de la maladie. Souvent, il faut de nombreuses sessions, tout dépendant de la gravité de l'exposition initiale à la pression.

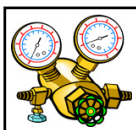
Il existe deux caissons à Winnipeg. Ils sont tous deux installés dans le Centre d'instruction aéromédicale associé à la BFC Westwin. Il y a un caisson hyperbare et un caisson hypobare. Celui-ci sert à apprendre aux pilotes et aux équipages quels sont les symptômes d'hypoxie. Le caisson simule le passage du niveau du sol à une altitude d'environ 10 000 m. Le caisson hyperbare est utilisé pour traiter les barotraumatismes et leurs symptômes.

Aujourd'hui, ces caissons servent encore à traiter le mal de décompression, mais on les utilise aussi pour traiter le cancer et l'intoxication oxycarbonée. Cependant, on ne sait pas encore si ce genre de traitement sera couronné de succès. Certains athlètes sont aussi mis dans des caissons appartenant à des clubs de gymnastique pour accélérer la guérison des blessures par l'oxygénation du sang.



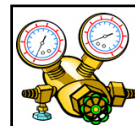
ANNEXE 9 : Jeu de récapitulation

1. Formez deux équipes d'élèves.
2. L'équipe n° 1 joue contre l'équipe n° 2; elles sont donc assises l'une en face de l'autre, à une table.
3. L'équipe n° 1 et l'équipe n° 2 reçoivent chacune une série de dix questions (les réponses sont elles aussi données dans les fiches questions; veuillez donc à ne pas les montrer à vos adversaires.)
4. Il faut une calculatrice, un stylo ou un crayon, du papier brouillon et une fiche de référence où sont inscrits les formules et les facteurs de conversion.
5. L'équipe n° 1 pose à l'équipe n° 2 une question choisie au hasard dans la liste A.
6. L'équipe n° 2 essaie de répondre à la question posée. Si elle donne la bonne réponse, elle obtient un point. Dans le cas contraire, elle ne reçoit aucun point, mais les deux groupes peuvent aider à résoudre le problème jusqu'à ce que tous aient compris. Rappelez-vous que vous faites cette activité pour passer la matière en revue.
7. L'équipe n° 2 pose ensuite une question à l'équipe n° 1, en en pigeant une dans la liste B. L'équipe n° 1 reçoit elle aussi un point si elle donne la bonne réponse, et elle doit essayer de comprendre en quoi elle s'est trompée si elle ne fournit pas la bonne réponse.
8. Le jeu se poursuit jusqu'à ce que les deux groupes aient répondu aux 10 questions de chacune des deux listes.
9. L'équipe qui obtient le plus de points bénéficie d'un boni au moment du test d'aujourd'hui.
10. Tenez un relevé de vos résultats et remettez-le à votre enseignant à la fin du jeu. Le nom du groupe doit y figurer.



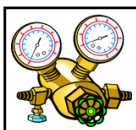
ANNEXE 9 : Jeu de récapitulation (suite)

Équipe A	Équipe B
Question : Vrai ou faux Les gaz les plus importants présents dans l'environnement sont l'oxygène, l'azote, le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau. Réponse : vrai	Question : Vrai ou faux Les gaz de notre atmosphère ne sont pas nécessaires pour que s'opère la photosynthèse dans les plantes. Réponse : Faux.
Question : L'accord international appelé Protocole de _____ aura pour effet de réduire la quantité de dioxyde de carbone libéré dans l'air chaque année. Réponse : Kyoto.	Question : L'abréviation LCPE signifie « Loi canadienne sur la _____ de l'environnement. Elle a pour objet de protéger l'environnement et la santé humaine au Canada. Réponse : Protection.
Question : _____ est devenu célèbre parce qu'il a montré l'existence du vide. Réponse : Pascal.	Question : Torricelli est devenu célèbre en inventant le _____. Réponse : baromètre.
Question : 738 mm Hg = _____ atm Réponse : 0,971 atm.	Question : 98,7 kPa = _____ lb/po ₂ Réponse : 14,3 lb/po ₂
Question : 32,0 lb/po ₂ = _____ atm Réponse : 2,18 atm.	Question : 2,3 atm = _____ kPa Réponse : 232,99 kPa.
Question : Un gaz occupe un volume de 458 mL à une pression de 1,01 kPa. Quand la pression change, le volume devient 477 mL. Si la température est demeurée constante, quelle est la nouvelle pression? Réponse : 0,970 kPa.	Question : Un gaz occupe un volume de 2,45 l à une pression de 1,03 atm et à une température de 293 K. Quel sera le volume si la pression passe à 0,980 atm et que la température demeure constante? Réponse : 2,58 l.
Question : La température d'une bonbonne de CO ₂ comprimé est de 23,6 °C; le volume est de 31,4 L. Le CO ₂ est transféré complètement dans une bonbonne plus petite dont le volume est de 25 L. À supposer qu'aucune quantité de CO ₂ ne s'échappe pendant le transfert, quelle est la température du CO ₂ dans la petite bonbonne si elle est abaissée pour que la pression soit la même que dans la grosse bonbonne? Réponse : -36,9 °C.	Question : Quel sera le volume d'un échantillon de gaz à 309 K si, à 215 K, il est de 3,42 l? Suppose que la pression est constante. Réponse : 4,92 L.



ANNEXE 9 : Jeu de récapitulation (suite)

Équipe A	Équipe B
Question : Les algues dégagent de l'oxygène pendant la photosynthèse. Une bulle de 0,10 mL est libérée sous l'eau à une pression de 176 kPa et à une température de 10 °C. Quel volume cette bulle occupera-t-elle à la surface, où la température est de 15 °C et la pression, de 101,3 kPa? Réponse : 0,18 mL.	Question : Un ballon rempli d'air a un volume de 225 L, à une pression de 0,94 atm et à une température de 25 °C. Peu après, la pression passe à 0,99 atm, et la température, à 0 °C. Quel est le nouveau volume du ballon? Réponse : 196 L.
Question : Quel scientifique a déclaré que la pression d'un gaz est inversement proportionnelle à son volume? Réponse : Boyle.	Question : Quel scientifique a déclaré que le volume d'un gaz est directement proportionnel à sa température? Réponse : Charles.
Question : Quels sont les produits finaux du second stade du soudage à l'acétylène? Réponse : Du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.	Question : Quand une personne est anesthésiée, il importe de savoir que plus le gaz dans le sang est _____, plus il faut du temps à l'organisme pour l'éliminer. Réponse : soluble.

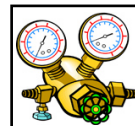


ANNEXE 10 : Applications des gaz dans la vie de tous les jours – Grille d'évaluation

Groupe d'élèves : _____

Présentation	1	2	3	4
1. Préparation : Le groupe utilise sagement le temps de classe et est prêt à faire son exposé.				
2. Clarté d'expression : Les présentateurs parlent clairement et assez fort pour que tous les entendent.				
3. Organisation : Le concept est exposé logiquement.				
4. Information : Les renseignements sont exacts, approfondis et à jour.				
5. Intérêt de l'auditoire : La classe suit attentivement la présentation.				
6. Originalité : Des éléments de la présentation l'ont rendue différente des autres.				
7. Compréhension du sujet présenté : Le groupe comprend la matière et ne se contente pas de lire un texte.				
Contenu				
8. Le contenu est exact.				
9. Le contenu est facile à suivre parce que les éléments en ont été réunis judicieusement.				
10. Le texte ne contient aucune erreur d'orthographe.				

Commentaires :



ANNEXE 11 : Évaluation – Processus de collaboration

Évaluation du travail d'équipe

Évaluer les processus de collaboration à l'aide de l'échelle suivante.

Échelle d'évaluation

- 4 Nous avons été systématiquement forts sur ce point.
- 3 Nous avons été généralement efficaces sur ce point.
- 2 Nous avons été parfois efficaces sur ce point.
- 1 Nous n'avons pas été efficaces sur ce point. Nous avons eu des problèmes que nous n'avons pas essayé de résoudre.

Processus de groupe

Note

- Nous avons respecté les visions et les forces individuelles des membres du groupe.
- Nous avons encouragé chaque personne à participer aux discussions de groupe et aux processus de prise de décisions.
- Nous avons remis en question les idées de chacun, sans toutefois faire d'attaque personnelle.
- Nous avons essayé d'explorer un large éventail d'idées et de perspectives avant de prendre des décisions.
- Nous avons fait un partage équitable des tâches et des responsabilités.
- Nous avons réglé avec succès les problèmes liés à l'absence ou au désintérêt des membres.
- Nous avons pris des décisions consensuelles.
- Nous avons fait un usage productif de notre temps.

