

Regroupement 2 – Les gaz et l’atmosphère

C30S-2-01

Reconnaître que les gaz répartis naturellement dans l’atmosphère sont abondants et examiner l’évolution de leur répartition au cours des ères géologiques : l’oxygénation de l’atmosphère terrestre, le rôle du biote dans l’oxygénation, la teneur en CO₂, etc.

S3C-0-R1

Choisir et prendre en compte des données obtenues de diverses sources, entre autres des documents imprimés ou électroniques, des conseils de spécialistes et d’autres personnes ressources.

S3C-0-R2

Justifier le choix des renseignements d’après leur fiabilité, l’absence de parti pris et l’utilité des sources.

S3C-0-R4

Comparer les perspectives et les interprétations proposées par les médias avec celles d’autres sources.

S3C-0-R5

Appliquer toute une gamme de méthodes pour communiquer les résultats de la recherche en fonction du but recherché et des destinataires.

S3C-0-S5

Colliger, enregistrer, organiser et présenter des données dans un format adapté, par exemple des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias, les produits obtenus avec des logiciels, les relevés de données recueillies avec des sondes, etc.

Connaissances du niveau d’entrée :

Sciences, Secondaire 2 : S2-4-01. Illustrer la composition et l’organisation de l’hydrosphère et de l’atmosphère. Sciences, Secondaire 2 : S2-1-01. Illustrer et expliquer comment le carbone, l’azote et l’oxygène font partie d’un cycle par le biais d’un écosystème. On peut passer en revue les notions antérieures à l’aide d’un cadre de concept.

Notes à l’intention de l’enseignant :

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).

Renseignements pour l’enseignant

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 bleues-vertes 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.

Activités

Dans le module « Changement climatique et foresterie » qui a été constitué pour le cours *Sujets d'actualité en sciences de la nature, secondaire 3*, on peut trouver un certain nombre d'activités comportant la création de graphes pour illustrer les niveaux de dioxyde de carbone aux diverses ères géologiques. La page suivante présente une telle activité extraite de ce cours. Demandez aux élèves d'utiliser les données du Tableau 1 qui suit pour dresser un graphe des concentrations de dioxyde de carbone en fonction des années et montrer ainsi comment les concentrations ont changé entre 1840 et l'an 2000. Les élèves pourraient dessiner leur graphe à la main, sur du papier quadrillé. Ils pourraient aussi utiliser un programme tel que *Curve Expert®*, *Prism®* ou *Graphical Analysis 3®* de Vernier pour dresser les graphes, dessiner la courbe la mieux ajustée et discuter des résultats et de la corrélation. La mesure dans laquelle on approfondira l'analyse dépendra des connaissances mathématiques des élèves de la classe, du temps dont on disposera et de la possibilité d'accéder à des ordinateurs.

Stratégies d'évaluation suggérées

Rubriques/Listes de vérification

Voir l'annexe pour trouver diverses rubriques et listes de vérification pouvant servir à l'auto-évaluation, à l'évaluation par les pairs et à l'évaluation par l'enseignant.

Comptes rendus de recherche

Demander aux élèves de faire des recherches et de faire rapport là-dessus individuellement ou en groupe. Ils pourront :

- rédiger un compte rendu;
- faire un exposé verbal;
- dresser un tableau d'affichage;
- recourir aux multimédias.

Tableau 1 : Concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et évolution de la température (anomalie) entre 1840 et 2000

Année	Concentration de CO ₂ (parties par million en volume, ou ppmv **)	Anomalie de température (°C au-dessus/ dessous de 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, soit 0,03 %.

Présentations visuelles

Les élèves peuvent présenter l'information recueillie, en utilisant :

- des affiches;
- des brochures;
- des tableaux d'affichage;
- des modèles.

L'enseignant peut évaluer chaque mode de présentation avec une formule appropriée établie avec les élèves avant le début du devoir. Le cours *Sujets d'actualité en sciences 30S* propose des méthodes d'évaluation des graphes. D'autres évaluations peuvent se faire quand les élèves font rapport sur ce qu'ils ont trouvé sur le Web en ce qui concerne le changement climatique.

Rédaction d'un journal scientifique personnel

Le changement climatique, la qualité de l'air, le Protocole de Kyoto et les tendances de la pollution dans le monde sont tous des sujets très importants. Demandez aux élèves de réfléchir à leur position sur ces questions et de se préparer à la présenter en classe. Cette discussion pourrait déboucher sur des questions STSE.

La qualité de l'air

C30S-2-02

Faire une recherche sur les mesures prises au Canada et dans le monde pour améliorer la qualité de l'air.

S3C-0-R1

Choisir et prendre en compte des données obtenues de diverses sources, entre autres des documents imprimés ou électroniques, des conseils de spécialistes et d'autres personnes ressources.

S3C-0-R2

Justifier le choix des renseignements d'après leur fiabilité, l'absence de parti pris et l'utilité des sources.

S3C-0-R4

Comparer les perspectives et les interprétations proposées par les médias avec celles d'autres sources.

S3C-0-R5

Appliquer toute une gamme de méthodes pour communiquer les résultats de la recherche en fonction du but recherché et des destinataires.

Connaissances du niveau d'entrée :

Les résultats d'apprentissage suivants ont été abordés au secondaire 2 :

S2-4-07 : étudier, d'une part, des données qui indiquent que le changement climatique se produit naturellement et, d'autre part, le rôle que joue l'activité humaine dans ce changement.

S2-4-08 : Discuter des conséquences possibles du changement climatique et du débat qu'il suscite au sein de la communauté scientifique.

Évaluation des connaissances antérieures

On peut passer en revue les notions antérieures en utilisant la stratégie SVA.

Notes à l'intention de l'enseignant :

Il existe d'excellents 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. Nous indiquons ici les principaux sites, mais on trouvera une liste plus détaillée dans le cours *Sujets d'actualité en sciences de la nature 30S – Changement climatique et surveillance de l'environnement*.

http://www.ec.gc.ca/air/introduction_f.html

Le site fournit d'excellents 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/being_done_f.html

Ce deuxième site gouvernemental fournit des renseignements sur les mesures d'assainissement de l'air. Les données qui suivent en sont tirées.

LE PLAN D'ACTION SUR L'ASSAINISSEMENT DE L'AIR DU GOUVERNEMENT DU CANADA

Table des matières

- [Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999 \(LCPE\)](#)
- [Travaux scientifiques, rapports et surveillance](#)
- [Véhicules et carburants](#)
- [Standards pancanadiens sur les particules et l'ozone](#)
- [Accords internationaux](#)
- [Infrastructures](#)
- [Stratégie pancanadienne de réduction des pluies acides](#)

Le plan d'action de dix ans sur l'assainissement de l'air du gouvernement du Canada est un engagement à améliorer la qualité de l'air pour l'ensemble des Canadiens et des Canadiennes. Les politiques et les règlements visant à protéger la santé de la population, à sauvegarder l'environnement et à favoriser une croissance économique durable doivent s'appuyer sur des données scientifiques fiables. Le gouvernement du Canada collaborera avec les provinces, les territoires et le secteur privé en vue d'élaborer des stratégies d'assainissement de l'air et de l'environnement pour tous les Canadiens.

Le plan d'action prévoit des mesures dans sept principaux domaines :

- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE), 1999;*
- Travaux scientifiques, rapports et surveillance;
- Véhicules et carburants;
- Standards pancanadiens;
- Accords internationaux;
- Infrastructure;
- Pluies acides.

Notre plan d'action est étayé par des engagements du gouvernement du Canada d'une valeur de plus de 1,5 milliard de dollars en vue de réduire les causes des changements climatiques. Nos initiatives en matière de changements climatiques réduiront les sources de pollution atmosphérique en favorisant l'efficacité énergétique, les technologies peu polluantes, comme les piles à combustible, et les sources d'énergie écologiques comme les projets d'hydroélectricité de moindre envergure et les éoliennes.

http://www.ec.gc.ca/air/air_pollution_f.html

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.

<http://www.who.int/phe/en/> (site anglais)

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.

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 » et « Protocole de Kyoto ». 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.

Activités

Demandez aux élèves de consulter les sites susmentionnés et d'y trouver des renseignements sur les initiatives actuellement envisagées par le Canada et d'autres pays du monde.

Le défi d'une tonne

Le site Web suivant mis sur pied par le gouvernement du Canada donne des détails sur le défi. <http://www.climatechange.gc.ca/onetonne/francais/index.asp>

Rubriques/Listes de vérification

Voir l'annexe pour trouver diverses rubriques et listes de vérification pouvant servir à l'autoévaluation, à l'évaluation par les pairs et à l'évaluation par l'enseignant.

Comptes rendus de recherche

Demandez aux élèves de faire des recherches et de faire rapport là-dessus individuellement ou en groupe. Ils pourront :

- rédiger un compte rendu;
- faire un exposé verbal;
- dresser un tableau d'affichage;
- recourir aux multimédias.

Présentations visuelles

Les élèves peuvent présenter l'information recueillie, en utilisant :

- des affiches;
- des brochures;
- des tableaux d'affichage;
- des modèles.

L'enseignant peut évaluer chaque mode de présentation avec une formule appropriée établie avec les élèves avant le début du devoir. L'annexe du présent document contient des modèles de formule de présentation.

Rédaction d'un journal scientifique personnel

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

Devoirs avec papier et crayon

Voici quelques questions auxquelles les élèves devraient pouvoir 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?

La métrologie de la pression

C30S-2-03

Se pencher sur l'histoire de la métrologie de la pression : l'apport de Galilée, de Torricelli, de von Gureicke, de Pascal, de Huygens, d'Avogadro et de Dalton, entre autres.

C30S-2-04

Décrire et comparer entre elles diverses unités servant à mesurer la pression, par exemple, le nombre d'atmosphères (atm), de kilopascals (kPa), de millimètres de mercure (mmHg) et de millibars (mb).

S3C-0-U1

Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie, *par exemple, les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots, etc.*

S3C-0-U2

Démontrer une compréhension des notions de chimie, *par exemple employer un vocabulaire scientifique précis, expliquer des concepts à d'autres, comparer des concepts, appliquer ses connaissances à de nouvelles situations ou à de nouveaux contextes, présenter de nouvelles analogies, utiliser des manipulatifs, etc.*

Connaissance du niveau d'entrée :

Les élèves savent peut-être ce qu'est un baromètre, parce qu'ils ont étudié la pression barométrique au secondaire 2.

Notes à l'intention de l'enseignant :

Pour que les élèves comprennent la progression des applications des principes scientifiques, il importe de faire l'historique de l'évolution des appareils inventés pour mesurer la pression des gaz.

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. Demandez à un petit élève, qui se portera volontaire, de se glisser dans le sac et de s'asseoir par terre. Faites un col avec le sac autour de son cou et insérez dans le sac l'accessoire à nettoyer les garnitures de meuble. Assurez-vous que l'élève peut respirer sans difficulté! Demandez 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. Soyez prudent. D'autres renseignements sont donnés dans l'annexe 1.

Activité

L'**annexe 2** (voir l'**annexe 3** pour une évaluation par les pairs) présente une activité qui permet aux élèves de mieux situer dans le temps la contribution des scientifiques suivants :

1564-1642 : Galilée 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.

1643 – Evangelista Torricelli a créé le premier baromètre. 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.

1643-1645 – Otto von Guericke 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. Le moniteur doit souligner 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 siphons, puis en demandant aux élèves d'essayer de les séparer.

1648 – Blaise Pascal s'est servi du « baromètre de Torricelli » en gravissant une montagne du sud de la France et 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.

1661 – Christian Huygens a mis au point le manomètre pour étudier les forces élastiques dans les gaz.

1801 – John Dalton 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 ».

1808 – Joseph Louis Gay-Lussac 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.

1811 – En se fondant sur les expériences menées par Gay-Lussac trois ans plus tôt, Amadeo Avogadro a affirmé que la pression dans un contenant est directement proportionnelle au nombre de particules qui s'y trouvent (hypothèse d'Avogadro). On peut faire la démonstration de cette déclaration en gonflant un ballon, une balle ou un pneu : plus la quantité d'air injectée est grande, plus le contenant grossit, à cause de l'augmentation de la pression.

REMARQUE : Le moniteur doit éviter à ce stade-ci de mentionner la mole ou les relations entre la pression, le volume et la température.

Notes à l'intention de l'enseignant

Dans leur cours de sciences du secondaire 2, les élèves ont été sensibilisés à ce qu'est la pression atmosphérique. Les deux manuels approuvés contiennent des renseignements sur les kPa et sur la mesure de ces unités. Si les élèves se sont servis des graphes d'Environnement Canada, ils ont appris ce qu'est un millibar.

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.

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.

À ce stade-ci, il n'est pas nécessaire de demander aux élèves de passer d'une unité à l'autre. On pourra le faire en cherchant la solution aux divers problèmes.

La plupart des élèves auront fait l'expérience de l'augmentation de la pression en plongeant dans une piscine. Établissez le rapport entre la pression atmosphérique et la pression relative de l'eau salée et de l'eau douce.

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.

Démonstration

Utilisez un contenant propre de solvant muni d'un petit bouchon vissable pour faire la démonstration de la force de l'atmosphère : faites bouillir une petite quantité d'eau dans le récipient, puis mettez le bouchon et faites refroidir.

Renseignements pour l'enseignant

On peut communiquer avec de nombreux organismes délivrant le certificat de plongée en scaphandre autonome, pour se renseigner sur la physique et la physiologie de la plongée autonome. Nous donnons ci-dessous un tableau montrant la relation entre diverses profondeurs de plongée et les pressions correspondantes.

Tableau comparatif de la pression exercée par l'eau					
Profondeur			Pression		
Douce (pi)	Salée (pi)	Salée (m)	lb/po ²	atm	kPa (environ)
0	0	0	14.7	1.0	100
34	33	10	29.4	2.0	200
68	66	20	44.1	3.0	300
102	99	30	58.8	4.0	400
136	132	40	73.5	5.0	500

Étude complémentaire :

L'enseignant peut montrer comment lire un manomètre ouvert et fermé.

Stratégies d'évaluation suggérées

Rubriques/Listes de vérification

Voir l'annexe pour trouver diverses rubriques et listes de vérification pouvant servir à l'autoévaluation, à l'évaluation par les pairs et à l'évaluation par l'enseignant.

Projets de recherche

Les élèves peuvent faire des recherches sur les contributions de chacun des scientifiques, soit individuellement, soit en groupe, puis présenter les renseignements :

- dans un compte rendu écrit;
- sous la forme d'un exposé oral;
- en faisant des affiches;
- en rédigeant des brochures;
- en dressant un tableau d'information;
- en faisant des présentations multimédias;
- en créant un site Web.

Thèmes de discussion

- 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?

Devoirs avec crayon et papier

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?

Rédaction d'un journal scientifique personnel

Il y a divers thèmes dont les élèves peuvent parler dans leur journal scientifique.

- Les circonstances où l'on emploie les diverses unités de pression dans la vie de tous les jours.
- La démonstration de l'« emballage sous vide ».
- La plongée en scaphandre autonome.
- La plongée en apnée (ou libre).
- Questions STSE relatives à la plongée.

Le rapport entre la pression et le volume d'un gaz

C30S-2-05

Faire des expériences pour établir le lien entre la pression et le volume d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques; examiner, entre autres, l'apport historique de Robert Boyle.

S3C-0-S5

Colliger, enregistrer, organiser et présenter des données dans un format adapté,

par exemple des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias, les produits obtenus avec des logiciels, les relevés de données recueillies avec des sondes, etc.

S3C-0-S7

Interpréter l'organisation des données et les tendances, déduire et expliquer les liens.

S3C-0-S8

Évaluer les données et les méthodes de collecte en fonction de l'exactitude et de la précision, entre autres, les écarts dans les données, les sources d'erreur et le pourcentage d'erreur.

S3C-0-S9

Tirer une conclusion après avoir analysé et interprété les données; examiner, entre autres, les rapports de cause à effet, les autres explications, et l'appui ou le rejet d'une hypothèse ou d'une prédiction.

Connaissances du niveau d'entrée :

Aucune connaissance de base autre que la compréhension mathématique de ce qu'est une relation inversement proportionnelle et la capacité de dessiner un graphique à deux variables.

Notes à l'intention de l'enseignant :

Dans le cadre du présent résultat d'apprentissage et des trois autres qui le suivent, l'enseignant ne fournira pas simplement les formules des relations, mais il fera voir les relations grâce aux représentations visuelles, expérimentales, graphiques et numériques faites par l'élève.

Événement inattendu

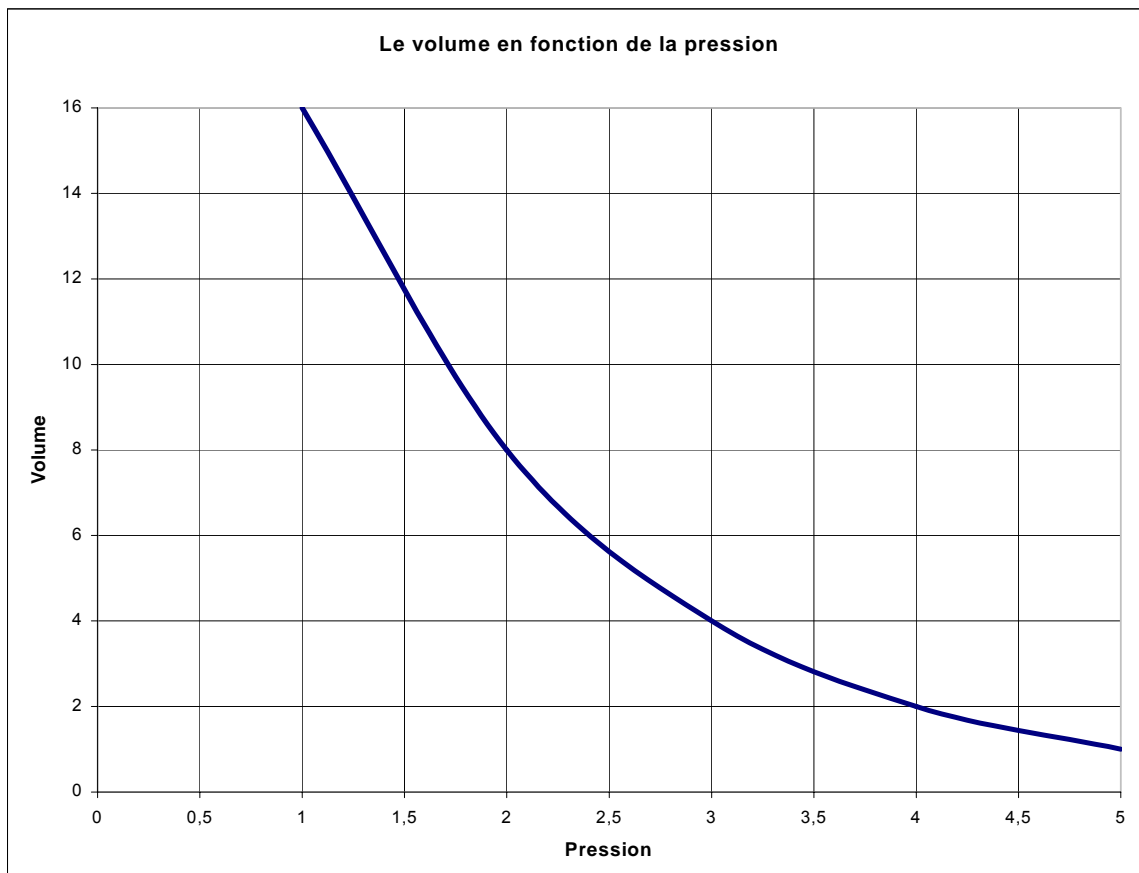
Il existe un appareil appelé « l'oiseau buveur ». Il est très utile pour amorcer la partie du présent regroupement portant sur les lois des gaz (voir l'**annexe 4**). L'appareil permet de démontrer 36 propriétés et lois physiques. Le document parlant de cet appareil est cité dans « Ressources éducatives pour l'enseignant ». Il ne coûte que 10 \$ environ et il illustre toutes les lois régissant les gaz. L'enseignant aura avantage à ne donner 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. L'explication complète est fournie dans l'**annexe 5**.

Événement inattendu

Pour cet événement, il faut une pompe à vide manuelle ou électrique. Quand vous vous en servez, assurez-vous bien qu'elle contient assez d'huile et qu'un tube de séchage est fixé au mécanisme de suction. Mettez des guimauves dans la chambre et allumez la pompe. Une fois la démonstration terminée, laissez l'air entrer dans la chambre AVANT d'éteindre la pompe, sinon l'huile risque de se vider en dehors de la pompe.

Activité / Expérience en laboratoire

Demandez aux élèves de découvrir la relation entre le volume et la pression en faisant une expérience. Une variation de la seringue est décrite dans *Chimie 11* (p. 430). Une pipette de



plastique est calibrée pour montrer le changement de volume en fonction de la pression. Les données sont ensuite reportées sur un graphe, et les élèves définissent la relation. L'enseignant peut évaluer le travail des élèves en leur demandant un rapport de laboratoire en bonne et due forme ou en leur posant des questions auxquelles ils répondent de façon informelle. Le protocole de laboratoire comporte une analyse; il prévoit aussi des travaux complémentaires pour les élèves doués. Ci-dessus, on peut voir le graphe typique d'une relation inverse.

Afin de se familiariser davantage avec les relations inverses, les élèves peuvent aussi se servir de seringues et de livres. Cela peut faire l'objet d'une démonstration au cours de laquelle les élèves s'adonnent à l'activité, ou d'un laboratoire complet, si l'on a assez de seringues. Celles-ci ont en général une courte durée de vie à cause de l'usure excessive; avec le temps, 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.

Notes à l'intention de l'enseignant

Les élèves ont souvent de la difficulté à comprendre les relations inverses. Demandez-leur de calculer un ratio entre les volumes initial et final et de prédire l'effet que ce ratio aura sur la pression initiale. Le ratio accroîtra-t-il ou réduira-t-il la pression résultante?

Exemple

À l'origine, 3 l de gaz subissent une pression d'une atmosphère. Quelle sera la pression nécessaire pour que le volume passe à 0,5 litre? Deux ratios peuvent entraîner l'annulation des unités :

$$\text{a) } \frac{3 \text{ l}}{0,5 \text{ l}} \qquad \text{b) } \frac{0,5 \text{ l}}{3 \text{ l}}$$

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 ratio a) 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.

Au niveau particulier : Proposez d'utiliser le dessin d'une seringue ou d'une pompe à bicyclette remplie de points pour représenter les particules. Demandez aux élèves de 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. Demandez aux élèves d'employer un cadre de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. XX) pour illustrer leur analyse.

Si votre école dispose de sondes, il existe des activités de laboratoire conçues pour établir la relation entre la pression et le volume. On peut aussi organiser des micro-expériences de laboratoire pour étudier la loi de Boyle. Voir « Ressources éducatives pour l'enseignant » pour trouver des ouvrages de référence.

Renseignements pour l'enseignant

Robert Boyle (1627-1691) 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.

T.P.N. (Température et pression normales) =
273 K (0°C), 1 atm (101,3 kPa ou 760 mm Hg)
Conditions ambiantes :
298 K (25°C), 1 atm (101,3 kPa ou 760 mm Hg)

Dans le cadre du dernier résultat d'apprentissage (C30S-2-09) du présent regroupement, on trouve des renseignements sur la plongée en scaphandre autonome et sur les dangers inhérents aux profondeurs et à la pression.

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!

Activité / Démonstration

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. On en a proposé un certain nombre de modèles. Les élèves peuvent s'amuser dans le cours de sciences en fabriquant des ludions et en les mettant à l'essai. L'activité proposée dans l'**annexe 6** comporte un certain nombre d'autres défis et problèmes à l'intention des élèves. Par exemple :

- le ludion qui a coulé
- le sauvetage et la récupération d'un ludion
- le ludion girouette
- les ludions dans une colonne de densité
- les ludions télécommandés
- la bascule cartésienne.

1) 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 diminue, la densité du ludion est réduite, et celui-ci descend.

2) 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

Devoirs avec papier et crayon

Les élèves devraient pouvoir 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.

Comptes rendus de laboratoire

Pour évaluer les activités décrites dans le cadre du présent résultat d'apprentissage, on peut demander des rapports de laboratoire en bonne et due forme, établis conformément aux consignes données dans *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire* (p. XX), ou utiliser des questions et réponses formulées à partir des données recueillies au cours des diverses activités.

Rédaction d'un journal scientifique personnel

Il y a des activités et des événements inattendus intéressants au sujet desquels les élèves voudront sans doute réfléchir. Ils pourraient aussi avoir des questions auxquelles ils trouveront réponse plus loin, dans le regroupement. Si les élèves observent l'oiseau buveur, demandez-leur de tenter d'expliquer pourquoi cet appareil fonctionne.

Le rapport entre la température et le volume d'un gaz

C30S-2-06

Faire des expériences pour établir le lien entre le volume et la température d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques; étudier, entre autres, la contribution historique de Charles, comment a été établi le zéro absolu, et la nécessité d'avoir recours à l'échelle de température Kelvin.

S3C-0-S7

Interpréter l'organisation des données et les tendances, déduire et expliquer les liens.

S3C-0-S8

Évaluer les données et les méthodes de collecte en fonction de l'exactitude et de la précision, entre autres, les écarts dans les données, les sources d'erreur et le pourcentage d'erreur.

S3C-0-S9

Tirer une conclusion après avoir analysé et interprété les données; examiner, entre autres, les rapports de cause à effet, les autres explications, et l'appui ou le rejet d'une hypothèse ou d'une prédiction.

Connaissances du niveau d'entrée :

Les élèves savent peut-être ce qu'est un baromètre, parce qu'ils ont étudié la pression barométrique en secondaire 2.

Notes à l'intention de l'enseignant :

Ici encore, on recommande de faire une expérience pour faire voir la relation entre la température et le volume, ou, à tout le moins, de procéder à une démonstration pendant laquelle les élèves réuniront des données et tireront leurs propres conclusions. Il n'est pas nécessaire de faire toutes les activités. L'enseignant choisit celles qui conviennent à sa classe.

Démonstration /Activité

Peu importe l'activité choisie parmi les suivantes, l'enseignant doit d'abord l'exécuter pour garantir la sécurité et vérifier l'exactitude des résultats. Divers ouvrages expliquent en détail bon nombre d'entre elles comme étant des expériences de laboratoire formelles.

1) Une simple démonstration consiste à fixer le bec d'un ballon à la bouche d'un vase d'Erlenmeyer contenant de l'eau à la température ambiante. Le vase est placé sur une plaque chauffante, et le ballon se remplit à mesure que l'air présent dans le vase se dilate. Si l'on refroidit le vase, le ballon est aspiré dans le vase.

2) Une autre démonstration simple consiste à verser environ 20 ml d'eau dans une cannette d'eau gazeuse vide de 255 ml. Placez la cannette sur une plaque chauffante. Quand l'eau bouille, renversez promptement la cannette dans un récipient peu profond d'eau glacée, en utilisant des pinces à bêcher (Voir *Chimie 11*, p. 427).

(Termes du dessin)

Stand

Thermomètre

Niveau du liquide

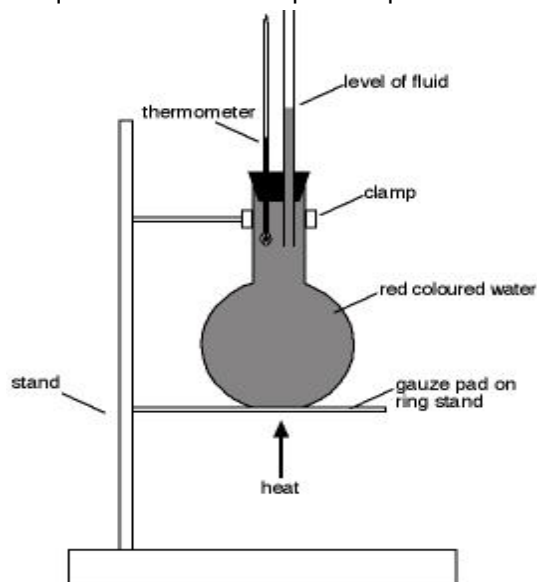
Collier

Eau de couleur rouge

Tampon de gaze sur l'anneau du stand

Chaleur

3) Activité à caractère plus quantitatif : insérez un thermomètre et un tube de verre de 20 cm dans un bouchon à deux trous (voir le diagramme). Le bouchon est ensuite placé, bien ajusté, dans le bec d'une fiole à fond plat ou rond remplie d'une eau colorée. La fiole est remplie au maximum et, quand on insère le bouchon, le liquide monte dans le tube de verre. On prend note de la température et l'on marque le niveau atteint par le liquide. La fiole est alors mise dans un



bain-marie ou chauffée lentement avec un brûleur Bunsen, et on laisse le système s'équilibrer. On prend note des changements de volume à diverses températures, et les élèves utilisent ces données pour dessiner un graphe. Un mélange d'acétone et de glace sèche engendrera une température d'environ -78°C . Demandez aux élèves d'inscrire les températures sur l'axe horizontal, et les volumes, sur l'axe vertical. 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.

4) Si l'on dispose de sondes, on peut aussi les utiliser pour cette activité.

5) La plupart des magasins de fournitures scientifiques vendent un appareil expressément conçu pour faire la démonstration de la relation entre la pression et la température (appareil à mesurer le zéro absolu). Il s'agit d'une boule de métal reliée à un manomètre et à une soupape pour ajouter de l'air. Si l'on utilise l'appareil correctement, on peut obtenir une valeur raisonnablement bonne pour le zéro absolu.

6) On peut immerger dans l'eau, à diverses températures, les seringues utilisées pour l'activité relative à la loi de Boyle, et mesurer les volumes afin d'obtenir des données linéaires pour $v \propto t$ (voir l'**annexe 7**).

7) Faire l'activité décrite dans *Chimie 11*, à la p. 438.

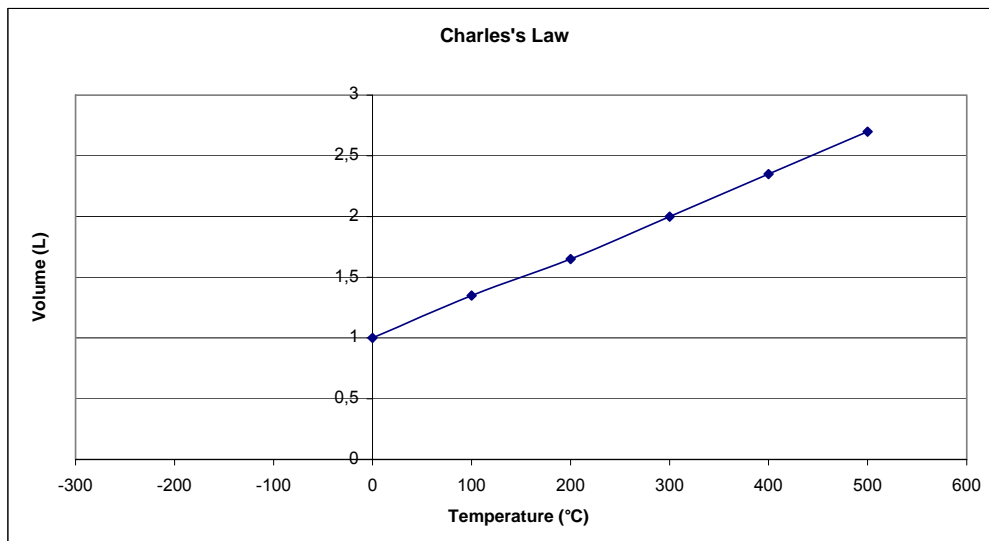
Saviez-vous que ...?

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. 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!

Notes à l'intention de l'enseignant

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. 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 ° C, le volume original était multiplié par 546/273; autrement dit, il doublait.



Loi de Charles Volume (l) Température (°C)

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°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 graphe établissant la relation entre le volume et la température serait toujours de -273°C . Les élèves peuvent utiliser le graphe (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!

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 $-273,15^{\circ}\text{C}$. Cette échelle présente l'avantage de ne comporter aucune valeur négative. Examinons maintenant la loi de Charles en convertissant les degrés en degrés Kelvin, et utilisons le même argument axé sur les ratios que celui employé pour résoudre des problèmes relatifs à la loi de Boyle.

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

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

Premier exemple de problème

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.

Solution

Convertis d'abord les températures en degrés Kelvin.

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

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

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

$$\text{a) } \frac{298 \text{ }^\circ\text{K}}{500 \text{ }^\circ\text{K}} \quad \text{ou} \quad \text{b) } \frac{500 \text{ }^\circ\text{K}}{298 \text{ }^\circ\text{K}}$$

La loi de Charles nous dit que $V \propto T$ (K); par conséquent, le volume doit augmenter, étant donné que la température monte. La multiplication du deuxième ratio (b) par le volume original (6 l) entraînera une augmentation; donc, le ratio (b) est celui que nous devons utiliser.

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

Deuxième exemple de problème

Si le volume d'un gaz à $-73,0 \text{ }^\circ\text{C}$ est doublé et atteint 48,0 l, calcule la température finale en degré Celsius.

Solution

Convertis d'abord la température initiale en degrés Kelvin.

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

Selon la loi de Charles, les ratios possibles pour résoudre le problème sont les suivants :

$$\text{a) } \frac{48,0 \text{ l}}{24,0 \text{ l}} \quad \text{ou} \quad \text{b) } \frac{24,0 \text{ l}}{48,0 \text{ l}}$$

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 (a). Donc :

$$200 \text{ }^\circ\text{K} \times \frac{48,0 \text{ l}}{24,0 \text{ l}} = 400 \text{ }^\circ\text{K}$$

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

Stratégies d'évaluation suggérées

Activités en laboratoire

Pour évaluer les activités décrites dans le cadre du présent résultat d'apprentissage, on peut demander des rapports de laboratoire en bonne et due forme, établis conformément aux consignes données dans *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, ou utiliser des questions et réponses formulées à partir des données recueillies au cours des diverses activités. Il existe des laboratoires que l'on peut adapter, à partir des textes existants, pour la calculatrice (CBL), les sondes ou les ordinateurs. Il y a aussi une excellente micro-expérience de laboratoire. Voir « Ressources éducatives pour l'enseignant » pour trouver des ouvrages de référence.

Recherche

Les textes sur la vie des quatre scientifiques les plus réputés sont fascinants à lire et à étudier.

Demandez aux élèves de faire des recherches sur Internet au sujet des scientifiques suivants (le moteur de recherche « Google » a donné les meilleurs résultats) :

Scientifiques :

Guillaume Amontons

Jacques Alexander César Charles

Joseph Louis Gay-Lussac

William Thomas (Lord Kelvin).

Diverses méthodes permettent d'évaluer les renseignements recueillis :

- 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.

Devoirs avec papier et crayon

Chaque document inscrit dans la liste des Ressources contient des exemples de problèmes relatifs aux relations mises en évidence par la loi de Charles.

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.

Le rapport entre la pression et la température d'un gaz

C30S-2-07

Faire des expériences pour établir le lien entre la pression et la température d'un gaz au moyen de représentations visuelles, numériques et graphiques; examiner, entre autres, l'apport historique de Gay-Lussac.

S3C-0-S5

Colliger, enregistrer, organiser et présenter des données dans un format adapté, par exemple, des diagrammes étiquetés, des graphiques, des applications multimédias, les produits obtenus avec des logiciels, les relevés de données recueillies avec des sondes, etc.

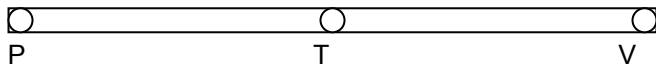
S3C-0-S7

Interpréter l'organisation des données et les tendances, déduire et expliquer les liens.

Connaissances du niveau d'entrée

Rien en dehors de ce qui a été indiqué dans le cadre des résultats d'apprentissage précédents. Vérifiez la compréhension des notions antérieures et faites une récapitulation au besoin.

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 bouge 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 bouge 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, $P \propto T$.

Notes à l'intention de l'enseignant :

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 C30S-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 constaté l'existence d'un rapport direct entre la température Kelvin et la pression du gaz : $P \propto T$ (K).

Activités / Démonstrations

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.

Si votre école dispose de sondes, il existe de nombreuses expériences de laboratoire conçues pour établir la relation entre la pression et la température. Voir *Ressources éducatives pour l'enseignant*.

Nous avons mentionné plus haut que la plupart des magasins de fournitures scientifiques vendent un appareil expressément conçu pour démontrer la relation entre la pression et la température. Il s'agit d'une boule de métal reliée à un manomètre et à une soupape servant à ajouter de l'air. Si les élèves utilisent l'appareil correctement, ils peuvent obtenir une valeur expérimentale raisonnablement bonne pour illustrer la relation de Gay-Lussac.

Une autre façon d'illustrer cette loi consisterait à utiliser une bonbonne de plongée où la pression est à 50 p. 100 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 graphe pour montrer la relation de Gay-Lussac.

Un eudiomètre rempli d'eau aux deux tiers est inversé 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.

Renseignements pour l'enseignant

Demandez à un employé d'un magasin local d'articles de plongée ou à un plongeur de 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.

$$1\ 500\ \text{lb/po}^2 \times \frac{6,89476\ \text{kPa}}{\text{lb/po}^2} = \text{kPa}$$

$$1\ 500\ \text{lb/po}^2 \times \frac{0,0680460\ \text{atm}}{\text{lb/po}^2} = \text{atm}$$

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. On recommande de signaler longtemps d'avance à l'administration de l'école que cette démonstration aura lieu.

Stratégies d'évaluation suggérées

Problèmes

La majorité des manuels contiennent des problèmes axés sur la relation $P \propto T$ (K). L'enseignant doit essayer de faire en sorte que les élèves résolvent les problèmes en se servant des formules issues des lois sur les gaz. Demandez-leur d'utiliser autant que possible la méthode des ratios.

Premier exemple de problème

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 : 12,0 l 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.

$$\text{a) } \frac{273 \text{ }^\circ\text{K}}{401 \text{ }^\circ\text{K}} \quad \text{OU} \quad \text{b) } \frac{401 \text{ }^\circ\text{K}}{273 \text{ }^\circ\text{K}}$$

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 $P \propto T$ (K), alors le ratio (b) devrait entraîner une augmentation de la pression pour obtenir la bonne réponse au problème.

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

Rapports de laboratoire

Les élèves auront normalement déjà fait l'activité en laboratoire ou assisté à une démonstration de la loi de Gay-Lussac. L'évaluation pourrait alors prendre la forme d'un rapport de laboratoire dûment rédigé, ou celle de questions et de réponses au sujet de l'activité ou des résultats.

Rubriques/Listes de vérification

Voir l'annexe pour trouver diverses rubriques et listes de vérification pouvant servir à l'autoévaluation, à l'évaluation par les pairs et à l'évaluation par l'enseignant.

Devoirs avec papier et crayon

Comme il s'agit ici de la dernière loi sur les gaz étudiée avant que les élèves apprennent à combiner les diverses lois, il faut leur donner une chance d'expliquer chacune d'elles et de les distinguer les unes des autres, avant de passer à la combinaison des lois.

Rédaction d'un journal scientifique personnel

Dans le cadre du présent résultat d'apprentissage, on a abordé un certain nombre d'activités intéressantes et inhabituelles. Les élèves voudront peut-être réfléchir aux résultats de ces activités.

La résolution de problèmes

C30S-2-08

Au moyen d'une analyse dimensionnelle, résoudre des problèmes quantitatifs faisant intervenir le lien entre la pression, la température et le volume d'un gaz, entre autres, les représentations symboliques.

S3C-0-U1

Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie, *par exemple, les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots, etc.*

S3C-0-U2

Démontrer une compréhension des notions de chimie, *par exemple employer un vocabulaire scientifique précis, expliquer des concepts à d'autres, comparer des concepts, appliquer ses connaissances à de nouvelles situations ou à de nouveaux contextes, présenter de nouvelles analogies, utiliser des manipulatifs, etc.*

Connaissances du niveau d'entrée :

À ce stade-ci, 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.

Notes à l'intention de l'enseignant :

On peut maintenant recourir à la méthode des ratios pour régler des problèmes et l'appliquer à plus qu'une variable lorsque plusieurs lois des gaz sont employées.

Jusqu'ici, les élèves ont appris que :

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

Premier exemple de problème

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?

$$\begin{array}{l} 25,0 \text{ l à } 298 \text{ °K et } 1,25 \text{ atm} \\ ? \quad \text{à } 401 \text{ °K et } 0,75 \text{ atm} \end{array}$$

Solution du problème

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

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 se simplifient, ce qui donne la réponse en litres.

Deuxième exemple de problème

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 du problème

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

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

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

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

Résoudre des problèmes avec des relations symboliques

Loi de Boyle : $P_1V_1 = P_2V_2$

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 liés à la température et inversement reliés entre eux. Nous pouvons donc en déduire la « loi combinée des gaz » : $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$.

Sur le plan mathématique : Avec l'équation $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$, on résout des problèmes faisant intervenir la pression, le volume et la température.

Note à l'intention de l'enseignant : Voici une méthode pour expliquer cette relation combinée :

$$(P_1V_1) \times (V_1/T_1) \times (P_1/T_1) = (P_2V_2) \times (V_2/T_2) \times (P_2/T_2)$$

On multiplie les termes de chaque membre :

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

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

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

On obtient :

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

Il y a deux écoles de pensée en ce qui concerne la résolution de problèmes faisant intervenir des équations littérales. Une d'elles propose de résoudre l'équation littérale pour trouver d'abord la variable voulue, avant la substitution des valeurs; l'autre consiste à substituer les valeurs dans l'équation d'abord, puis à trouver la valeur voulue ou recherchée.

Troisième exemple de problème

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 atm. Quand le sac

est libéré, il remonte à la surface où la pression est d'une 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 du problème

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.

Stratégies d'évaluation suggérées

Pour évaluer les connaissances acquises dans le cadre du présent résultat d'apprentissage, l'enseignant peut utiliser des problèmes inventés par les auteurs des manuels ou trouvés dans des ouvrages de référence. On recommande évidemment à l'enseignant de résoudre lui-même les problèmes avant de les soumettre aux élèves, pour s'assurer qu'ils présentent un niveau de difficulté approprié et que les élèves pourront les résoudre avec les renseignements fournis dans le présent document.

Applications des gaz

C30S-2-09

Recenser 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.*

S3C-0-R1

Choisir et prendre en compte des données obtenues de diverses sources, entre autres des documents imprimés ou électroniques, des conseils de spécialistes et d'autres personnes ressources.

S3C-0-R3

Citer les sources d'information d'une façon communément acceptée.

S3C-0-R5

Appliquer toute une gamme de méthodes pour communiquer les résultats de la recherche en fonction du but recherché et des destinataires.

S3C-0-C1

Travailler avec d'autres pour négocier les responsabilités et atteindre les objectifs collectifs.

Notes à l'intention de l'enseignant :

Les renseignements qui suivent servent d'introduction à chacun des exemples fournis dans le contexte du résultat d'apprentissage. Il y a sept exemples. Il convient que l'enseignant choisisse ceux qui correspondent aux intérêts et à l'expérience de ses élèves et aux siens propres. Il est possible de compléter ces éléments en menant d'autres recherches avec les ressources habituelles que sont Internet, les manuels, les encyclopédies, les revues spécialisées et les experts. Il est à espérer que les élèves pourront apporter des données tirées de leurs propres expériences.

SCAPHANDRE AUTONOME – Appareil que les plongeurs utilisent pour s'approvisionner en air et en d'autres gaz respirables à une température ambiante.

Renseignements pour l'enseignant

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'acide 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.

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 grills, etc.

Renseignements pour l'enseignant

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 serpentín 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'aborder. 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.

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 microbulles 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.

Stratégies d'évaluation suggérées

Recherches et comptes rendus :

Demandez aux élèves de faire des recherches sur diverses applications industrielles, environnementales et récréatives des gaz, et de le faire soit individuellement, soit en groupe, en :

- rédigeant un compte rendu
- faisant une présentation orale

- créant une affiche
- composant des brochures
- préparant des tableaux d'information.

Pour l'évaluation, l'enseignant peut utiliser divers cadres de rapport décrits dans *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire* (chap. 14). Voir l'**annexe 8** pour trouver un plan de projet de recherche. Une grille d'évaluation fait l'objet de l'**annexe 9**.

Présentations visuelles

Les élèves peuvent présenter l'information qu'ils ont trouvée et les connaissances **acquises** en se servant :

- d'affiches
- de brochures
- de tableaux d'information
- de modèles.

L'enseignant peut évaluer chacun de ces outils de présentation en utilisant une grille (rubrique) appropriée, créée avec les élèves avant le début du devoir. L'annexe du présent document contient des modèles de grille.

Rubriques/Listes de contrôle

Voir l'annexe pour trouver diverses rubriques et listes de vérification pouvant servir à l'autoévaluation, à l'évaluation par les pairs et à l'évaluation par l'enseignant.

Rédaction d'un journal scientifique personnel

Dans la vie de tous les jours, on se sert des gaz à de nombreuses fins. Les élèves voudront sans doute réfléchir à la façon dont la vie serait différente si ces gaz industriels n'existaient pas.

Jeu de récapitulation

Un jeu a été conçu pour passer en revue la matière apprise au cours du présent module. Voir les détails à l'**annexe 10**.

ANNEXE 1 : Peut-on emballer sous vide une personne?

Au niveau de la mer, la pression atmosphérique moyenne de l'air est de $14,7 \text{ lb/po}^2$. Un bon aspirateur-traîneau qui peut tirer une colonne d'eau de 100 pouces exerce une succion de $3,6 \text{ lb/po}^2$. Quel serait le poids de l'air sur une personne si elle était placée dans un sac à ordures de 55 gallons et que l'air était retiré du sac? Si une personne connaît sa taille et son poids, elle peut évaluer sa superficie en mètres carrés. À partir de ces renseignements, la personne peut calculer le poids de l'air sur son corps quand elle est dans le sac à ordures et que l'aspirateur est en marche.

Matériel :

- un sac à ordures de 55 gallons (ceux de la cafétéria de l'école donnent de bons résultats)
- un aspirateur-traîneau
- un accessoire à nettoyer les garnitures de meuble
- un élève volontaire.

Procédure :

1. Demandez à un élève de se porter volontaire, de se mettre dans le sac à ordures et de s'asseoir sur la table de laboratoire où tous peuvent le voir.
2. Réunissez la partie supérieure du sac autour du cou de l'élève et sous son menton. Demandez à quelqu'un de tenir le sac à ordures d'une main pendant que vous mettez en place l'accessoire à nettoyer les garnitures de meuble, tout en vous assurant que le bout n'est pas entièrement bloqué.
3. Mettez l'aspirateur en marche et assurez-vous que le sac n'est pas aspiré dans l'accessoire à nettoyer les garnitures de meuble. Attendez environ 30 secondes, puis demandez à l'élève s'il peut toujours respirer sans difficulté.
4. Demandez à l'élève de décrire ce qu'il a ressenti.
5. Avec le tableau Nomogram, calculez la superficie en mètres carrés, à partir de la ligne d'intersection.
6. Convertissez les mètres carrés en pouces carrés. Utilisez l'équation suivante pour cela : $1 \text{ mètre} = 100 \text{ cm} / 2,54 \text{ cm par pouce} = 39,3 \text{ pouces}$. Il y a donc $1\ 550$ pouces carrés dans un mètre carré.
7. Si un élève pèse 150 livres et qu'il mesure 5 pieds et 10 pouces, la superficie de son corps équivaut à $1,8 \text{ m}^2$. Si l'on multiplie par $1\ 550$ pouces carrés = $2\ 790$ pouces carrés, puis ce résultat par $3,6 \text{ lb/po}^2 = 10\ 044 \text{ lb}$. Le poids réel est beaucoup moins élevé que cela, car le sac n'est pas scellé hermétiquement. Toutefois, l'élève aura du mal à respirer et il sera incapable de se bouger les bras ou les jambes.

ANNEXE 2 : Historique des lois sur les gaz

Votre groupe doit situer 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.

Utilise 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. Tu dois utiliser les biographies qui t'ont été fournies, afin de disposer de tous les renseignements nécessaires sur chaque scientifique. Afin de constituer l'axe chronologique, utilise les dates des découvertes importantes sur les gaz, et non les dates de naissance ou de décès des scientifiques. Donne à ton graphique un titre attrayant et sois original(e) dans la façon de présenter les renseignements sur l'affiche. Rappelle-toi qu'il s'agit d'un travail collectif; répartis donc les tâches et sache écouter les suggestions de chaque membre du groupe.

Renseignements nécessaires

- Le nom complet du scientifique.
- Ses dates de naissance et de décès.
- Expliquer ce qui l'a rendu célèbre (trois phrases ou moins).
- Quel âge avait-il quand il a fait la découverte qui l'a rendu célèbre (un âge approximatif suffit, si les détails historiques sont obscurs).
- Quel âge avait-il à son décès?
- Un autre renseignement intéressant au sujet de ce scientifique.

ANNEXE 3 : Historique des lois sur les gaz – Évaluation par les pairs

Nom des élèves du groupe :

Annoté par :

Le titre est-il attrayant?

La présentation de l'affiche est-elle originale?

Les scientifiques sont-ils situés dans le bon ordre chronologique?

Leur nom complet est-il indiqué et épilé correctement?

Les dates et les âges sont-ils tous exacts?

Ce qui a rendu tel ou tel scientifique célèbre se rapporte-t-il aux gaz?

Le « renseignement intéressant » au sujet de tel ou tel scientifique l'est-il vraiment?

Dans l'ensemble, l'affiche est-elle informative et attrayante?

ANNEXE 4 : L'oiseau buveur

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 mise 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 5 : L'oiseau buveur – Renseignements généraux

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.

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 8 : Présentation des travaux de recherche – Les applications des gaz dans la vie de tous les jours

Ton groupe est chargé d'étudier un des thèmes suivants choisis au hasard. Il présentera ses données à la classe sous la forme d'un exposé de cinq minutes et d'un feuillet d'une page qu'il distribuera aux autres élèves.

1. Scaphandre autonome
2. Anesthésie
3. Coussins gonflables
4. Soudage à l'acétylène
5. Appareils ménagers au propane

(Si le sujet qui est attribué à ton groupe ne lui plaît pas, ou que celui-ci ait du mal à trouver des renseignements sur le sujet en question, le groupe peut alors choisir son propre thème que le professeur doit approuver et qui doit se rapporter à une application industrielle, environnementale ou récréative des gaz.)

Annexe 9 : Applications des gaz dans la vie de tous les jours – Grille d'évaluation

Groupe d'élèves : _____

	1	2	3	4
Présentation				
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.				
Feuillet				
8. Contenu : Le contenu est exact.				
9. Contenu : Le contenu est facile à suivre parce que les éléments en ont été réunis judicieusement.				
10. Allure : Le feuillet est propre et ne contient aucune erreur d'orthographe.				

Note globale /40

Note ramenée à /20

Commentaires :

Annexe 10 : Jeu de récapitulation

1. Les groupes ont été constitués d'avance.
2. L'équipe n° 1 reçoit la liste de questions A, et l'équipe n° 2, la liste de questions B.
3. L'équipe n° 1 joue contre l'équipe n° 2; elles sont donc assises l'une en face de l'autre, à une table.
4. Il te faut une calculatrice, un stylo ou un crayon, du papier brouillon et ta 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. (Remarque : les réponses sont elles aussi données dans les fiches-questions; veuillez donc à ne pas les montrer à vos adversaires.)
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 et mieux vous préparer au test.
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 au professeur à la fin du jeu. Le nom du groupe doit y figurer.

A

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.

B

Vrai ou faux

Les gaz de notre atmosphère ne sont pas nécessaires pour que s'opère la photosynthèse dans les plantes.

Réponse : Faux.

A

L'accord international appelé Protocole de _____ aura pour effet de réduire la quantité de dioxyde de carbone libérée dans l'air chaque année.

Réponse : Kyoto.

B

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.

A

_____ est devenu célèbre parce qu'il a montré l'existence du vide.

Réponse : Pascal.

B

Toricelli est devenu célèbre en inventant le _____.

Réponse : baromètre.

A

738 mm Hg = _____ atm

Réponse : 0,971 atm.

B

98,7 kPa = _____ lb/po²

Réponse : 14,3 lb/po²

A

32,0 lb/po² = _____ atm

Réponse : 2,18 atm.

B

2,3 atm = _____ kPa

Réponse : 232,99 kPa.

A

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.

B

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.

A

La température d'une bonbonne de CO₂ comprimé est de 23,6 °C; le volume est de 31,4 l. Le CO₂ est transféré complètement dans une bonbonne plus petite dont le volume est de 25 l. À supposer qu'aucune quantité de CO₂ ne s'échappe pendant le transfert, quelle est la température du CO₂ dans la petite bonbonne si elle est abaissée pour que la pression soit la même que dans la grosse bonbonne?

Réponse : -36,9 °C.

B

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.

A

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.

B

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.

A

Quel scientifique a déclaré que la pression d'un gaz est inversement proportionnelle à son volume?

Réponse : Boyle.

B

Quel scientifique a déclaré que le volume d'un gaz est directement proportionnel à sa température?

Réponse : Charles.

A

Quels sont les produits finaux du second stade du soudage à l'acétylène?

Réponse : Du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

B

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.