PHYSIQUE-CHIMIE

07

Pression et force pressante

Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Mécanique des fluides | Pression, manomètre, loi de Boyle-Mariotte

Objectifs du chapitre

- Définir la pression, la force pressante et la surface pressée
- Calculer une pression et convertir les unités (Pa, hPa, bar, atm, mmHg)
- Mesurer la pression en un point d'un fluide à l'aide d'un manomètre
- Connaître la pression atmosphérique et ses variations
- Énoncer et appliquer la loi de Boyle-Mariotte : $P_1V_1 = P_2V_2$

Technicien : Karim, installateur thermique en 1re année de Bac Pro

Entreprise : ChauffConfort — installation et maintenance de circuits de chauffage central

Mission : Karim doit vérifier la pression d'un circuit de chauffage après remplissage. Le manomètre de la chaudière indique 1,5 bar. Il doit aussi vérifier la pré-charge du vase d'expansion (volume initial de gaz : 8 L sous 1 bar) après mise en pression à 1,5 bar.

Questions de Karim :

1. Que signifie la pression indiquée par le manomètre ? Quelle force cela exerce-t-il sur les parois du circuit ?
2. Quelles sont les unités de pression utilisées dans le métier ?
3. Comment évolue le volume de gaz dans le vase d'expansion quand la pression augmente ?

Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

I. Pression et force pressante

1. La notion de pression

Lorsqu'un fluide (liquide ou gaz) est en contact avec une surface, il exerce une **force perpendiculaire** à cette surface. Cette force, répartie sur toute la surface, est appelée **force pressante**.

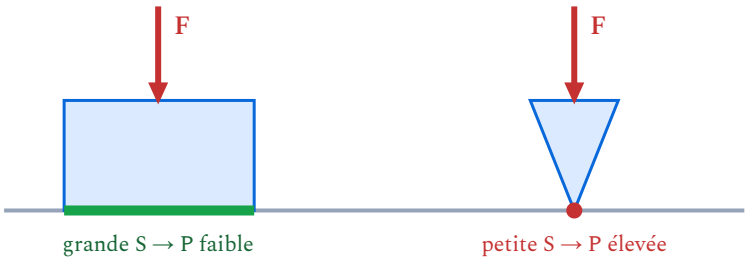
DÉFINITION La **pression** P est le quotient de la force pressante F par la surface S sur laquelle elle s'exerce :

$$P = \frac{F}{S}$$

- P : pression en **pascal** (Pa)
- F : force pressante en **newton** (N)
- S : surface pressée en **mètre carré** (m^2)

PROPRIÉTÉ À force égale, plus la surface est **petite**, plus la pression est **grande**. C'est pourquoi une aiguille perce facilement un matériau : la force est concentrée sur une surface minuscule.

Même force F, deux surfaces



EXEMPLE Un plombier chauffagiste appuie sur le piston d'une seringue avec une force de 20 N. Le piston a un diamètre de 2 cm.

- Surface du piston : $S = \pi \times r^2 = \pi \times (0{,}01)^2 = 3{,}14 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$
- Pression : $P = \dfrac{20}{3{,}14 \times 10^{-4}} \approx 63\,700\ \text{Pa} \approx 0{,}64\ \text{bar}$

2. Les trois grandeurs liées

Trois formules à connaître

$$P = \frac{F}{S} \qquad F = P \times S \qquad S = \frac{F}{P}$$

ATTENTION La surface S doit **toujours** être exprimée en **m^2** dans les calculs, même si l'énoncé donne la surface en cm^2.
Conversion : $1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$ et $1\ m^2 = 10\,000\ cm^2$.

APPLICATION

Un technicien CVC appuie sur le piston d'une pompe à main. La surface du piston est de 5 cm^2 et la force appliquée est de 150 N. Calculer la pression en Pa puis en bar.

II. Les unités de pression

Le pascal (Pa) est l'unité du Système International, mais dans le domaine du chauffage et de la plomberie, on utilise aussi d'autres unités :

Unité	Symbole	Valeur en Pa	Usage courant
Pascal	Pa	1 Pa	Unité SI, physique
Hectopascal	hPa	100 Pa	Météorologie
Bar	bar	100 000 Pa = 10^5 Pa	Circuits de chauffage, plomberie
Millibar	mbar	100 Pa	Gaz, ventilation
Atmosphère	atm	101 325 Pa	Plongée, référence
Millimètre de mercure	mmHg	133,3 Pa	Médical (tension artérielle)
Pounds per square inch	psi	6 895 Pa	Pays anglo-saxons

MÉTHODE – CONVERTIR LES UNITÉS

Pour convertir des bar en Pa :

multiplier par 10^5.

Pour convertir des Pa en bar :

diviser par 10^5.

Exemple : $1{,}5 \text{ bar} = 1{,}5 \times 10^5 = 150\,000 \text{ Pa}$

Exemple : $250\,000 \text{ Pa} = \dfrac{250\,000}{10^5} = 2{,}5 \text{ bar}$

EXEMPLE PROFESSIONNEL Le manomètre de la chaudière de Karim indique **1,5 bar**. Convertir en Pa, en hPa et en atm.

- En Pa : $1{,}5 \times 10^5 = 150\,000 \text{ Pa}$
- En hPa : $\dfrac{150\,000}{100} = 1\,500 \text{ hPa}$
- En atm : $\dfrac{150\,000}{101\,325} \approx 1{,}48 \text{ atm}$

III. La pression atmosphérique

DÉFINITION La **pression atmosphérique** est la pression exercée par le poids de la colonne d'air au-dessus d'un point donné. Au niveau de la mer, elle vaut en moyenne :

$$P_{\text{atm}} \approx 1{,}013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1\,013 \text{ hPa} \approx 1 \text{ bar}$$

PROPRIÉTÉ La pression atmosphérique **diminue avec l'altitude** : plus on monte, moins il y a d'air au-dessus de nous. Elle varie aussi avec la météo (hautes et basses pressions).

APPLICATION MÉTIER Lorsqu'un technicien chauffagiste remplit un circuit de chauffage, il doit tenir compte de la pression atmosphérique. Le manomètre de la chaudière mesure une **pression relative** (par rapport à l'atmosphère). La pression absolue vaut :

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atm}}$$

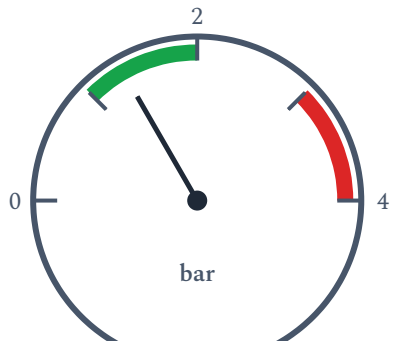
Si le manomètre indique 1,5 bar : $P_{\text{absolue}} = 1{,}5 + 1{,}0 = 2{,}5$ bar

IV. Mesure de la pression : le manomètre

1. Principe du manomètre

Un **manomètre** est un appareil qui mesure la pression d'un fluide dans un circuit. En chauffage, on utilise principalement :

- **Manomètre à cadran** (ou à tube de Bourdon) : un tube métallique courbé se déforme sous l'effet de la pression et entraîne une aiguille sur un cadran gradué.
- **Manomètre numérique** : un capteur de pression convertit la pression en signal électrique affiché sur un écran.
- **Manomètre différentiel** : mesure la différence de pression entre deux points du circuit.



Manomètre à cadran : **zone verte** = fonctionnement normal (1–2 bar), **zone rouge** = surpression.

ATTENTION Les manomètres de chauffage affichent généralement une **pression relative** (aussi appelée pression manométrique). La zone verte du cadran indique la plage de fonctionnement normal (souvent 1 à 2 bar). Si l'aiguille passe dans la zone rouge, le circuit est en surpression : danger !

APPLICATION

Le manomètre d'un circuit de chauffage indique 2,3 bar. Convertir cette valeur en Pa. Calculer la pression absolue en bar (pression atmosphérique = 1 bar).

2. Où mesure-t-on la pression ?

Dans un circuit de chauffage, la pression est mesurée à la sortie de la chaudière, sur le retour, ou sur le vase d'expansion. Le technicien vérifie que la pression est dans la plage recommandée par le fabricant (généralement entre 1 et 2 bar à froid).

HORS PROGRAMME — POUR ALLER PLUS LOIN Dans un fluide au repos, la pression est la **même en tout point situé à la même altitude**, et une variation de pression se transmet intégralement dans tout le fluide (**principe de Pascal**). Cette propriété, étudiée dans d'autres spécialités, est donnée ici en culture métier : elle explique pourquoi le manomètre de la chaudière renseigne sur la pression de tout le circuit.

V. La loi de Boyle-Mariotte

1. Énoncé de la loi

DÉFINITION - LOI DE BOYLE-MARIOTTE Pour une quantité de gaz donnée (gaz parfait) à **température constante**, le produit de la pression par le volume est **constant** :

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \text{constante}$$

- P_1, P_2 : pressions (en Pa ou en bar, même unité)
- V_1, V_2 : volumes (en m^3 ou en L, même unité)

PROPRIÉTÉ Si la pression **augmente**, le volume **diminue** (et inversement). Pression et volume sont **inversement proportionnels** à température constante.

À retenir

- La loi de Boyle-Mariotte ne s'applique qu'à **température constante**.
- Les unités doivent être **homogènes** : même unité de pression des deux côtés, même unité de volume des deux côtés.
- On peut écrire : $V_2 = \dfrac{P_1 \times V_1}{P_2}$ ou $P_2 = \dfrac{P_1 \times V_1}{V_2}$

2. Vérification expérimentale

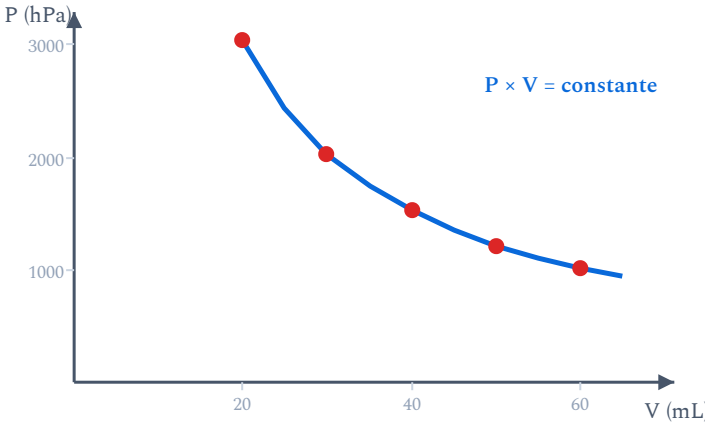
On peut vérifier cette loi à l'aide d'une seringue reliée à un manomètre. En comprimant le gaz (air) à température ambiante, on mesure différentes valeurs de pression et de volume :

Mesure	V (mL)	P (hPa)	$P \times V$
1	60	1 013	60 780
2	50	1 216	60 800
3	40	1 520	60 800
4	30	2 027	60 810
5	20	3 040	60 800

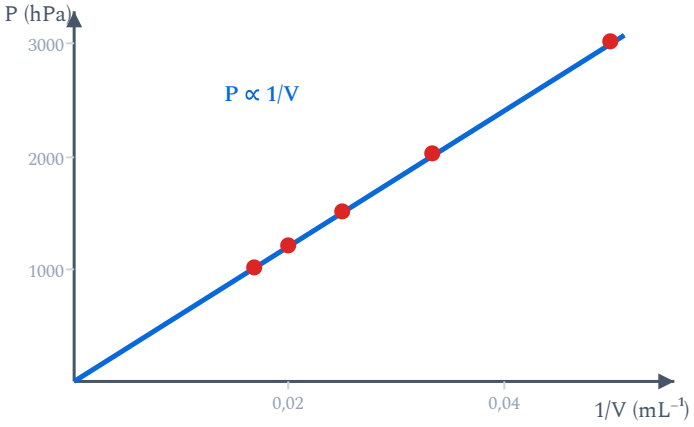
Le produit $P \times V$ reste sensiblement constant : la loi de Boyle-Mariotte est vérifiée.

3. Représentation graphique

En traçant P en fonction de V, on obtient une **hyperbole**. En traçant P en fonction de $\dfrac{1}{V}$, on obtient une **droite passant par l'origine**.



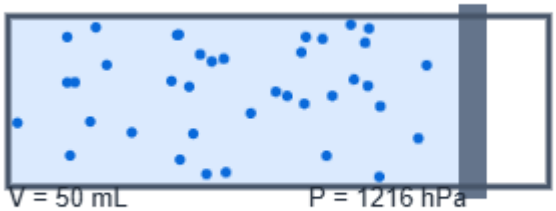
Plus le volume diminue, plus la pression augmente : l'hyperbole illustre que $P \times V$ reste constant.



En portant P en fonction de $\frac{1}{V}$, les points s'alignent sur une **droite passant par l'origine** : c'est la signature d'une grandeur P **proportionnelle** à $\frac{1}{V}$.

4. Animation — comprimer le gaz

Déplace le curseur pour faire varier le volume du gaz et observe la pression : le produit $P \times V$ reste constant.



Volume du gaz :

P × V = 60800 hPa·mL (constant)

MÉTHODE – UTILISER LA LOI DE BOYLE-MARIOTTE

1. Identifier les données : P_1, V_1 et l'une des deux inconnues (P_2 ou V_2)
2. Vérifier que la température est constante
3. Vérifier que les unités sont homogènes (même unité de chaque côté)
4. Appliquer : $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$
5. Isoler l'inconnue et calculer

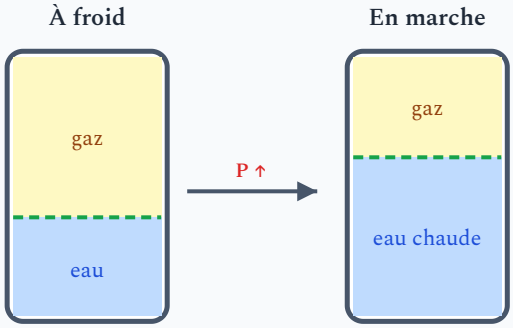
APPLICATION

Un vase d'expansion contient un volume de gaz de 10 L sous une pression *absolue* de 1 bar. La pression absolue monte à 2 bar en régime de fonctionnement (température constante). Calculer le nouveau volume de gaz.

VI. Application : le vase d'expansion

APPLICATION PROFESSIONNELLE

Dans un circuit de chauffage, l'eau se dilate en chauffant. Pour absorber cette dilatation sans que la pression n'augmente dangereusement, on installe un **vase d'expansion**. Ce vase contient une poche de gaz (azote) séparée de l'eau par une membrane souple.



L'eau chaude se dilate, pousse la membrane (vert) et **comprime le gaz** : le volume de gaz diminue (Boyle-Mariotte).

Données : (les valeurs lues au manomètre sont des pressions *relatives* ; on ajoute la pression atmosphérique ≈ 1,0 bar pour obtenir les pressions absolues, seules valables dans la loi de Boyle-Mariotte)

- Volume initial de gaz (circuit à froid) : $V_1 = 8$ L
- Pré-charge (relative) 1,0 bar → pression **absolue** $P_1 = 1{,}0 + 1{,}0 = 2{,}0$ bar
- Fonctionnement (relative) 1,5 bar → pression **absolue** $P_2 = 1{,}5 + 1{,}0 = 2{,}5$ bar

Question : Quel est le volume de gaz dans le vase quand le circuit est en fonctionnement ?

Solution :

La température du gaz varie peu (le vase est éloigné de la chaudière), on applique la loi de Boyle-Mariotte **avec les pressions absolues** :

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2} = \frac{2{,}0 \times 8}{2{,}5} = \frac{16}{2{,}5} = 6{,}4 \text{ L}$$

Le volume de gaz passe de 8 L à 6,4 L : le gaz a été comprimé de **1,6 L**. Ce volume correspond à l'eau de dilatation absorbée par le vase.

EXEMPLE – FORCE PRESSANTE SUR UN RADIATEUR

Un panneau de radiateur en acier a une face de dimensions 60 cm × 40 cm. L'eau du circuit est à une pression de 1,5 bar.

Quelle force l'eau exerce-t-elle sur cette face ?

- Surface : $S = 0{,}60 \times 0{,}40 = 0{,}24\ \text{m}^2$
- Pression : $P = 1{,}5\ \text{bar} = 1{,}5 \times 10^5\ \text{Pa}$
- Force : $F = P \times S = 1{,}5 \times 10^5 \times 0{,}24 = 36\,000\ \text{N} = 36\ \text{kN}$

La force est considérable (équivalente au poids d'environ 3,6 tonnes), ce qui explique pourquoi les circuits de chauffage doivent être conçus pour résister à la pression.

L'essentiel à retenir

- La **pression** est le rapport de la force pressante sur la surface : $P = \dfrac{F}{S}$
- L'unité SI est le **pascal** (Pa). En chauffage, on utilise le **bar** ($1\ \text{bar} = 10^5\ \text{Pa}$).
- La **pression atmosphérique** vaut environ $1{,}013 \times 10^5$ Pa soit 1 013 hPa.
- Un **manomètre** mesure la pression relative d'un fluide.
- **Loi de Boyle-Mariotte** : à température constante, $P_1 V_1 = P_2 V_2$.
- Si la pression augmente, le volume diminue (et inversement).

VII. Erreurs fréquentes

ERREUR 1

Oublier de convertir cm^2 en m^2 avant le calcul

Dans la formule $P = F/S$, la surface doit être en m^2. Si l'énoncé donne des cm^2, il faut convertir : $1\ \text{cm}^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2$.

Utiliser des cm^2 dans la formule donne une pression 10 000 fois trop grande.

ERREUR 2

Confondre pression relative et pression absolue

Le manomètre d'un circuit de chauffage indique une pression *relative* (par rapport à l'atmosphère). La pression absolue vaut $P_{\text{abs}} = P_{\text{rel}} + P_{\text{atm}}$. Pour la loi de Boyle-Mariotte, il faut **toujours** utiliser des pressions **absolues** : on convertit donc les valeurs lues au manomètre avant d'appliquer $P_1V_1 = P_2V_2$.

ERREUR 3

Mélanger les unités dans la loi de Boyle-Mariotte

Dans $P_1V_1 = P_2V_2$, les unités doivent être homogènes : même unité de pression des deux côtés (tout en Pa ou tout en bar) et même unité de volume (tout en L ou tout en m^3). Mélanger des bar et des Pa conduit à un résultat faux d'un facteur 10^5.

ERREUR 4

Appliquer Boyle-Mariotte à une situation avec changement de température

La loi $P_1V_1 = P_2V_2$ n'est valable qu'à **température constante**. Si la température change en même temps que la pression et le volume (cas d'un gaz chauffé), il faut utiliser la loi des gaz parfaits complète : $\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$.

Simulation interactive

Pression dans un fluide

Lois des gaz — Boyle-Mariotte & Gay-Lussac

Transformation isotherme — P×V = constante

PHYSIQUE-CHIMIE

07

Pression et force pressante

Exercices | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Pression, unités, manomètre, Boyle-Mariotte

Socle | Standard | Approfondissement | Tout voir

🎯 Objectifs du chapitre — cliquer pour développer

Rappels du cours

- **Pression :** $P = \dfrac{F}{S}$ avec P en Pa, F en N, S en m^2
- **Conversions :** $1\ \text{bar} = 10^5\ \text{Pa}$; $1\ \text{atm} = 1{,}013 \times 10^5\ \text{Pa}$; $1\ \text{cm}^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2$
- **Pression atmosphérique :** $P_{\text{atm}} \approx 1{,}013 \times 10^5\ \text{Pa} \approx 1\ \text{bar}$
- **Loi de Boyle-Mariotte :** $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ (température constante)

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Calcul de pression – Piston de seringue SOCLE

Un installateur thermique utilise une seringue pour purger un petit circuit. Il appuie sur le piston avec une force $F = 15$ N. Le piston a un diamètre de 1,5 cm.

1. Calculer le rayon du piston en mètre :

$r = \dfrac{d}{2} = \dfrac{\ldots}{2} = \ldots$ cm $= \ldots$ m

2. Calculer la surface du piston :

$S = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times (\ldots)^2 = \ldots$ m^2

3. Calculer la pression exercée :

$P = \dfrac{F}{S} = \dfrac{15}{\ldots} = \ldots$ Pa

4. Convertir cette pression en bar :

$P = \dfrac{\ldots}{10^5} = \ldots$ bar

Mes calculs :

EXERCICE 2 Conversions d'unités de pression SOCLE

Compléter le tableau de conversions :

Valeur donnée	En Pa	En bar	En hPa
2 bar	...	2	...
150 000 Pa	150 000	...	...
1 013 hPa	...	...	1 013
0,5 bar	...	0,5	...

Mes calculs :

EXERCICE 3 **Loi de Boyle-Mariotte guidée** SOCLE

Un vase d'expansion contient 10 L de gaz sous une pression de 0,8 bar. On augmente la pression à 1,6 bar (température constante).

1. Écrire la loi de Boyle-Mariotte : $P_1 \times V_1 = \ldots \times \ldots$

2. Calculer $P_1 \times V_1 = 0{,}8 \times \ldots = \ldots$

3. Isoler V_2 : $V_2 = \dfrac{P_1 \times V_1}{P_2} = \dfrac{\ldots}{\ldots} = \ldots$ L

4. Le volume a-t-il augmenté ou diminué ? Est-ce logique ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 4 Force pressante sur un joint de raccord STANDARD

Un technicien CVC vérifie l'étanchéité d'un raccord de tuyauterie. Le joint torique a un diamètre intérieur de 20 mm et un diamètre extérieur de 26 mm. La pression d'eau dans le circuit est de 3 bar.

1. Calculer la surface du joint (couronne circulaire) en m^2.

2. Convertir la pression en Pa.

3. Calculer la force pressante exercée par l'eau sur le joint.

4. Exprimer cette force en daN (décanewtons). Est-elle significative ?

Mes calculs :

EXERCICE 5 Manomètre et pression absolue STANDARD

Un plombier chauffagiste intervient sur une chaudière murale. Le manomètre de la chaudière indique 1,2 bar. La pression atmosphérique ce jour-là est de 1 020 hPa.

1. Convertir la pression atmosphérique en bar.

2. Calculer la pression absolue dans le circuit.

3. Le fabricant recommande une pression absolue entre 2,0 bar et 3,0 bar. Le circuit est-il dans la plage recommandée ?

4. Quelle pression relative faudrait-il lire sur le manomètre pour atteindre 2,5 bar en pression absolue ?

Mes calculs :

EXERCICE 6 **Vase d'expansion – Boyle-Mariotte** STANDARD

Un technicien chauffagiste dimensionne un vase d'expansion pour une installation de chauffage central. Le volume d'eau de dilatation à absorber est de 4 L. Le vase est pré-gonflé à 1,0 bar et la soupape de sécurité est tarée à 3,0 bar.

1. On considère que le vase fonctionne entre 1,0 bar (à froid) et 2,5 bar (pression maximale de fonctionnement). Appliquer la loi de Boyle-Mariotte pour calculer le volume initial V_1 de gaz nécessaire pour absorber 4 L de dilatation.

Indication : $V_1 - V_2 = 4$ L et $P_1 V_1 = P_2 V_2$.

2. Quel volume de vase d'expansion choisir dans le catalogue (valeurs standard : 8 L, 12 L, 18 L, 25 L) ?

Mes calculs :

EXERCICE 7 Pression dans un circuit fermé STANDARD

Un circuit de chauffage comporte un radiateur dont la surface totale des parois internes en contact avec l'eau est de 0,35 m^2. La pression de l'eau dans le circuit est de 2 bar.

1. Calculer la force pressante totale exercée par l'eau sur les parois du radiateur.

2. Exprimer cette force en tonnes-force (1 tf = 9 810 N).

3. Expliquer pourquoi les radiateurs en fonte ou en acier doivent avoir une épaisseur suffisante.

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 8 Dimensionnement complet d'un vase d'expansion

APPROFONDISSEMENT

Un installateur thermique doit dimensionner le vase d'expansion d'une installation de chauffage central pour un immeuble collectif.

Données :

- Contenance totale en eau du circuit : 450 L
- Coefficient de dilatation de l'eau entre 10 °C et 80 °C : $e = 0{,}032$ (soit 3,2 %)
- Pression de remplissage à froid : $P_1 = 1{,}5$ bar
- Pression maximale de fonctionnement : $P_2 = 3{,}0$ bar
- Soupape de sécurité tarée à 3,5 bar

1. Calculer le volume d'eau de dilatation V_{dil}.

2. En appliquant la loi de Boyle-Mariotte et en sachant que $V_1 - V_2 = V_{\text{dil}}$, déterminer le volume initial de gaz V_1 nécessaire.

3. Les vases d'expansion disponibles dans le catalogue ont les volumes suivants : 18 L, 25 L, 35 L, 50 L, 80 L. Quel modèle choisir ?

4. Expliquer pourquoi la soupape de sécurité est tarée à une pression supérieure à P_2. Quel est le risque si le vase d'expansion est sous-dimensionné ?

Mes calculs :

EXERCICE 9 **Bouteille de gaz et détendeur** APPROFONDISSEMENT

Un technicien chauffagiste utilise une bouteille de gaz (azote) pour mettre en pression un circuit de chauffage lors d'un test d'étanchéité.

Données :

- Volume de la bouteille : $V_b = 10\ \text{L}$
- Pression dans la bouteille : $P_b = 200\ \text{bar}$
- Volume du circuit de chauffage (vidé de son eau) : $V_c = 300\ \text{L}$
- On suppose la transformation isotherme

1. On ouvre la bouteille sur le circuit (les deux volumes communiquent). Calculer la pression finale P_f à l'équilibre.

2. Cette pression est-elle suffisante pour un test d'étanchéité à 6 bar ? Justifier.

3. Combien de bouteilles faudrait-il pour atteindre une pression de 6 bar dans le circuit ?

Mes calculs :

EXERCICE 10 Vérification expérimentale de Boyle-Mariotte APPROFONDISSEMENT

Un élève réalise une expérience avec une seringue reliée à un manomètre. Il mesure la pression pour différents volumes de gaz à température ambiante constante :

V (mL)	50	40	30	25	20
P (hPa)	1 013	1 260	1 690	2 030	2 540

1. Calculer le produit $P \times V$ pour chaque mesure. Conclure.

2. Calculer $\frac{1}{V}$ (en mL^{-1}) pour chaque mesure et tracer le graphique $P = f\left(\frac{1}{V}\right)$ sur papier millimétré.

3. Quelle forme a la courbe obtenue ? Qu'en déduire sur la relation entre P et V ?

4. Déterminer graphiquement la pente de la droite et en déduire la constante $P \times V$.

Mes calculs :

PHYSIQUE-CHIMIE

07

Pression et force pressante

Pression et force pressante | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1)

Socle | Standard | Approfondissement | Tout voir

🎯 Objectifs du chapitre — cliquer pour développer

Durée
55 minutes

Barème
20 points

Documents
Non autorisés

Calculatrice
Autorisée

SOCLE

EXERCICE 1 — Pression dans un circuit de chauffage — 8 points

Un plombier chauffagiste vérifie la pression d'un circuit de chauffage. Le manomètre indique 1,5 bar.

Formules : $P = \dfrac{F}{S}$ | $1\ \text{bar} = 10^5\ \text{Pa}$ | $1\ \text{cm}^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2$

1. Convertir 1,5 bar en pascal. *(1,5 pt)*

$P = 1{,}5 \times \ldots = \ldots\ \text{Pa}$

2. Convertir 1,5 bar en hectopascal. *(1 pt)*

3. Un tuyau a une section de 5 cm^2. Convertir cette surface en m^2. *(1 pt)*

$S = 5 \times \ldots = \ldots\ \text{m}^2$

4. Calculer la force pressante exercée par l'eau sur cette section de tuyau. *(2 pts)*

$F = P \times S = \ldots \times \ldots = \ldots\ \text{N}$

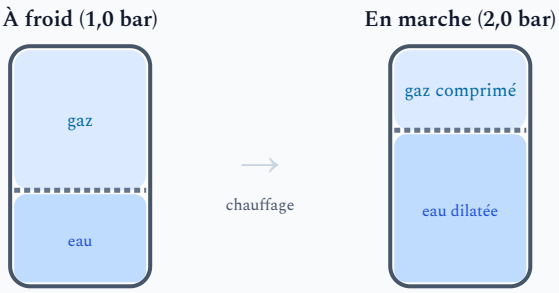
5. La pression atmosphérique vaut environ 1 013 hPa. Calculer la pression absolue dans le circuit. *(1,5 pt)*

$P_{\text{abs}} = P_{\text{rel}} + P_{\text{atm}} = \ldots + \ldots = \ldots\ \text{bar}$

6. Citer le nom de l'appareil qui mesure la pression d'un fluide. *(1 pt)*

EXERCICE 2 Loi de Boyle-Mariotte – Vase d'expansion 7 points

Un vase d'expansion contient 12 L de gaz sous une pression de 1,0 bar (à froid). Quand le circuit chauffe, la pression monte à 2,0 bar.
Loi de Boyle-Mariotte : $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ (température constante)



1. Rappeler la condition d'application de la loi de Boyle-Mariotte. *(1 pt)*

2. Identifier P_1, V_1 et P_2. *(1,5 pt)*

3. Calculer le volume V_2 du gaz à chaud : *(2 pts)*

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2} = \frac{\ldots \times \ldots}{\ldots} = \ldots \text{ L}$$

4. En déduire le volume d'eau de dilatation absorbé par le vase. *(1,5 pt)*

$$V_{\text{dil}} = V_1 - V_2 = \ldots - \ldots = \ldots \text{ L}$$

5. La pression a doublé. Le volume a-t-il doublé ou été divisé par 2 ? *(1 pt)*

EXERCICE 3 QCM – Pression 5 points

Entourer la bonne réponse pour chaque question. *(1 pt par question)*

1. L'unité SI de la pression est :

a) le bar b) le pascal c) l'atmosphère

2. 3 bar correspondent à :

a) 3 000 Pa b) 30 000 Pa c) 300 000 Pa

3. La pression atmosphérique vaut environ :

a) 101,3 hPa b) 1 013 hPa c) 10 130 hPa

4. Quand on comprime un gaz à température constante :

a) la pression diminue b) la pression augmente c) la pression ne change pas

5. Un manomètre mesure :

a) la température b) la pression c) le débit

Total : 20 points

STANDARD

EXERCICE 1 — Pression et force pressante dans un circuit — 7 points

Un technicien chauffagiste installe un plancher chauffant. La pression de service de l'eau est de 2,5 bar. Le tube PER utilisé a un diamètre intérieur de 16 mm.

1. Convertir la pression en Pa. *(1 pt)*

2. Calculer la section intérieure du tube en m^2. *(1,5 pt)*

3. Calculer la force pressante exercée par l'eau sur un bouchon obturant le tube. *(1,5 pt)*

4. Le fabricant recommande une épreuve d'étanchéité à 6 bar pendant 2 heures. Calculer la force pressante sur le bouchon lors de cette épreuve. *(1,5 pt)*

5. Expliquer pourquoi les raccords de plancher chauffant doivent être correctement serrés. *(1,5 pt)*

EXERCICE 2 — Boyle-Mariotte – Dimensionnement d'un vase — 8 points

Un circuit de chauffage contient 200 L d'eau. Le coefficient de dilatation de l'eau entre 15 °C et 75 °C est de 2,8 %. Le vase d'expansion est pré-gonflé à 1,0 bar. La pression maximale de fonctionnement est de 2,5 bar.

1. Calculer le volume d'eau de dilatation. *(1,5 pt)*

2. Écrire la loi de Boyle-Mariotte. *(1 pt)*

3. Sachant que $V_1 - V_2 = V_{\text{dil}}$, montrer que $V_1 = \dfrac{P_2 \times V_{\text{dil}}}{P_2 - P_1}$. *(2 pts)*

4. Calculer V_1 et choisir un vase dans le catalogue : 8 L, 12 L, 18 L, 25 L. *(2 pts)*

5. Que se passerait-il si on ne mettait pas de vase d'expansion ? *(1,5 pt)*

EXERCICE 3 Questions de cours — 5 points

1. Définir la pression. Donner la formule et les unités. *(2 pts)*

2. Quelle est la différence entre pression relative et pression absolue ? *(1,5 pt)*

3. Énoncer la loi de Boyle-Mariotte et préciser sa condition d'application. *(1,5 pt)*

Total : 20 points

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 1 Dimensionnement complet – Installation collective — 10 points

Un installateur thermique dimensionne l'installation de chauffage d'un petit immeuble. Le circuit contient 350 L d'eau. La température varie de 12 °C (remplissage) à 80 °C (fonctionnement). Le coefficient de dilatation de l'eau pour cet écart de température est de 3,4 %. La pression de gonflage du vase est 1,5 bar et la soupape de sécurité est tarée à 3,5 bar. On fixe la pression maximale de fonctionnement à 3,0 bar.

1. Calculer le volume d'eau de dilatation V_{dil}. *(1,5 pt)*

2. En utilisant la loi de Boyle-Mariotte et la relation $V_1 - V_2 = V_{\text{dil}}$, déterminer le volume de gaz initial V_1 nécessaire dans le vase. *(3 pts)*

3. Choisir un vase dans le catalogue : 18 L, 25 L, 35 L, 50 L. Justifier. *(1 pt)*

4. Le radiateur le plus grand de l'installation a une face de 1,20 m × 0,60 m. Calculer la force pressante de l'eau sur cette face à la pression maximale de fonctionnement. *(2 pts)*

5. Expliquer le rôle de la soupape de sécurité et pourquoi elle est tarée à 3,5 bar et non à 3,0 bar. *(2,5 pts)*

EXERCICE 2 Bouteille d'azote et test d'étanchéité — 6 points

Un technicien CVC effectue un test d'étanchéité sur un circuit de climatisation. Il utilise une bouteille d'azote de 5 L à 150 bar. Le circuit a un volume de 50 L (vidé). La température est constante.

1. Après ouverture de la bouteille sur le circuit, calculer la pression d'équilibre P_f. *(2 pts)*

2. Le test d'étanchéité nécessite 10 bar minimum. La bouteille est-elle suffisante ? *(1 pt)*

3. On souhaite tester à 15 bar. Quel volume de bouteille faudrait-il (à 150 bar) ? *(3 pts)*

EXERCICE 3 Questions de synthèse — 4 points

1. Démontrer que si la pression est multipliée par k, le volume est divisé par k (à température constante). *(2 pts)*

2. Un technicien de maintenance énergétique constate que le manomètre d'un circuit de chauffage indique 0,5 bar à froid (au lieu de 1,5 bar). Quelles peuvent être les causes ? Quelles vérifications effectuer ? *(2 pts)*

Total : 20 points