

Recueil de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Seconde Baccalauréat Professionnel

Famille de métiers MAMA

Métiers de l'Agencement, de la Menuiserie et de l'Ameublement

18 livrets thématiques

72 exercices contextualisés

Sujets + Corrections détaillées

M. Azzouz

Lycée Eugène Hénaff — Bagnolet

Année scolaire 2025–2026

Sommaire

Partie 1 — Propriétés du bois

- 1 Dilatation thermique du bois 3
- 2 Anisotropie du bois 12
- 3 Masse volumique — Choisir la bonne essence 20
- 4 Inondation et parquet — Gonflement hygroscopique 28

Partie 2 — Mathématiques appliquées

- 5 Proportionnalité et pourcentages 35
- 6 Statistiques — Contrôle qualité 44
- 7 Géométrie et équerrage (Pythagore) 54
- 8 Optimisation de découpe — Calepinage 62

Partie 3 — Physique en atelier

- 9 Forces et équilibre — Fixer, supporter, serrer 71
- 10 Pression et hydraulique 78
- 11 Vitesse de coupe 86
- 12 Acoustique et matériaux 94

Partie 4 — Énergie et thermique

- 13 Électricité en atelier 102
- 14 Énergie — Séchoir à bois 110
- 15 Éclairage et normes lux 118
- 16 Isolation thermique 126

Partie 5 — Conception et finitions

- 17 Escalier — Loi de Blondel 134
- 18 Colles et vernis — Dosage, séchage, ventilation 142

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE

MENUISERIE

La dilatation thermique du bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Conversion de température** : $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$
- **Dilatation thermique** : $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T$ avec $\Delta T = T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}$
- Pour le bois de chêne (**sens de la largeur**) : $\alpha = 0,04 \text{ mm/m}^{\circ}\text{C}$
(= pour 1 mètre de bois, chaque degré d'augmentation provoque 0,04 mm de dilatation)
- **Proportionnalité** : ΔL est proportionnel à ΔT et à L_0

À savoir

Pourquoi le bois se dilate-t-il ? Quand la température augmente, les fibres s'agitent davantage et le bois **prend du volume**. Dans le sens de la largeur (perpendiculaire aux fibres), ce phénomène est bien plus marqué qu'en longueur. Sans jeu prévu, les parquets gondolent, les portes coinent, les lambris se déforment.

Remarque : ne pas confondre avec le **retrait hygroscopique** (lié à l'humidité), phénomène différent et généralement plus important.

Exercice 1 — Températures dans l'atelier **PHYSIQUE-CHIMIE**

Un séchoir à bois est équipé d'une **sonde CTN** pour surveiller la température. La sonde affiche sa résistance R (en Ω) sur un boîtier numérique. Le tableau d'étalonnage fourni par le fabricant est le suivant :

$\theta (^{\circ}\text{C})$	20	40	60	80	100
$R (\Omega)$	10 000	5 000	2 000	1 000	500

1. La sonde affiche $R = 5\,000 \Omega$. Quelle est la température dans le séchoir (en $^{\circ}\text{C}$) ?

2. Convertir cette température en Kelvin.

3. Le séchoir démarre à $\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$ et monte à $\theta_2 = 80^{\circ}\text{C}$. Calculer la variation de température $\Delta T = \theta_2 - \theta_1$.

4. La CTN est un capteur à **Coefficient de Température Négatif**. Que signifie ce mot « négatif » au regard du tableau d'étalonnage ?

Exercice 2 — La dilatation, c'est proportionnel ? **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

On prend une lame de parquet en chêne d'une **longueur** $L_0 = 1 \text{ m}$. On mesure son allongement ΔL pour différentes variations de température ΔT . Le coefficient de dilatation du chêne (dans le sens de la largeur) est $\alpha = 0,04 \text{ mm/m/}^\circ\text{C}$.

1. Compléter le tableau en appliquant la formule $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T$.

ΔT ($^\circ\text{C}$)	0	10	20	30	40
ΔL (mm)	0				

2. ΔL est-elle proportionnelle à ΔT ? Justifier en calculant le rapport $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ pour deux colonnes du tableau.

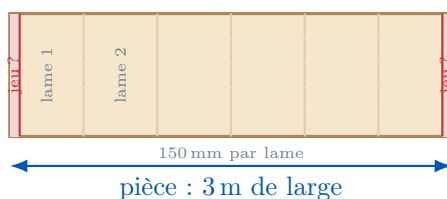
3. Quel est le coefficient de proportionnalité entre ΔL et ΔT pour 1 m de bois? Que représente-t-il physiquement?

4. Pour une lame de $L_0 = 3 \text{ m}$, quel serait ce coefficient de proportionnalité? Compléter la phrase :

« Pour une lame de 3 m de chêne, chaque degré supplémentaire provoque un allongement de ... mm. »

Exercice 3 — Parquet et baie vitrée PHYSIQUE-CHIMIE MENUISERIE MATHS

Un menuisier pose un parquet en chêne massif dans un séjour exposé au sud, équipé d'une grande baie vitrée. En hiver, la température peut descendre à $10 \text{ }^\circ\text{C}$ dans la pièce. En plein été, avec l'ensoleillement, le parquet peut atteindre $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Les lames sont posées **perpendiculairement** au mur (dans le sens de la largeur). Chaque lame fait **150 mm de large**.



1. Calculer la variation de température ΔT entre le cas le plus froid et le cas le plus chaud.

2. Calculer l'allongement ΔL d'une seule lame de 150 mm pour cette variation de température.

Attention aux unités : L_0 doit être en mètres pour appliquer $\alpha = 0,04 \text{ mm/m/}^\circ\text{C}$.

3. Combien de lames sont posées sur une largeur de 3 m?

4. Calculer l'allongement **total** du parquet (cumul de toutes les lames).

5. Le menuisier laisse un **jeu de 8 mm de chaque côté** (sous la plinthe). Ce jeu est-il suffisant pour absorber la dilatation totale ? Justifier.

Exercice 4 — Problème : une porte qui coince

PHYSIQUE-CHIMIE

MENUISERIE

MATHS

Un artisan menuisier fabrique une **porte intérieure en chêne massif** de largeur $L_0 = 830$ mm. La porte est posée dans un couloir non chauffé qui subit de grandes variations de température au fil des saisons : de $\theta_{\min} = 5$ °C en hiver à $\theta_{\max} = 35$ °C en été.

Le client signale que **la porte coince en été**. Le menuisier doit diagnostiquer le problème.

- Calculer ΔT entre la pose (hiver, 5 °C) et l'été (35 °C).
- Calculer l'allongement thermique ΔL de la porte entre l'hiver et l'été.
- Lors de la pose, le menuisier avait laissé un jeu de **2 mm de chaque côté** (soit 4 mm au total). Ce jeu est-il suffisant ? Expliquer pourquoi la porte coince.
- Quel jeu **minimum** le menuisier aurait-il dû laisser de chaque côté pour éviter ce problème ? (Arrondir au mm supérieur.)
- Question ouverte.** Le menuisier peut aussi choisir de traiter la porte avec une **lasure ou un vernis** pour limiter les échanges d'humidité. Cela peut-il réduire la dilatation thermique ? Justifier en une phrase.

Exercice 5 — Bois et eau : deux phénomènes à maîtriser

PHYSIQUE-CHIMIE

MENUISERIE

MATHS

À savoir

Le retrait hygroscopique :

Le bois absorbe ou libère de la vapeur d'eau selon l'humidité de l'air. Quand l'humidité augmente, le bois **gonfle** (dans le sens de la largeur). Ce mouvement est calculé avec la formule :

$$\Delta L_{\text{hygro}} = L_0 \times \alpha_H \times \Delta H$$

- ΔL_{hygro} : allongement dû à l'humidité (en mm)
- L_0 : longueur initiale (en mm)
- α_H : coefficient de retrait tangentiel du chêne = 0,0028 (sans unité)
- ΔH : variation d'humidité du bois (en %)

On reprend la **porte en chêne massif** de l'Exercice 4 : largeur $L_0 = 830$ mm, posée dans un couloir de 5°C en hiver à 35°C en été.

En hiver, le bois a une humidité de **9 %**. En été, l'humidité du bois descend à **5 %**. Mais au printemps, lors des pluies, l'humidité du bois peut remonter à **13 %**.

Le menuisier s'interroge : quelle est la cause principale du coincement de la porte ?

1. On s'intéresse au cas le plus défavorable pour le gonflement hygroscopique : la porte passe d'une humidité de 5 % (été sec) à 13 % (printemps pluvieux). Calculer la variation d'humidité ΔH .

2. Calculer l'allongement hygroscopique ΔL_{hygro} de la porte pour cette variation d'humidité.
Formule : $\Delta L_{\text{hygro}} = L_0 \times \alpha_H \times \Delta H$ avec $\alpha_H = 0,0028$ et L_0 en mm.

3. En utilisant les résultats de l'Exercice 4 ($\Delta L_{\text{thermo}} \approx 1$ mm) et de la question 2, calculer le **mouvement total** de la porte.

4. Le menuisier avait laissé un jeu de **2 mm de chaque côté** (soit 4 mm au total). Ce jeu est-il suffisant pour absorber l'ensemble des mouvements du bois ? Justifier.

5. Quel jeu minimum (en mm) le menuisier aurait-il dû laisser **de chaque côté** pour tenir compte des deux phénomènes ? (Arrondir au mm supérieur.)

6. **Comparer** les deux allongements calculés. Lequel domine ? Que peut-on en conclure sur la cause principale du coincement de la porte ?

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie & Menuiserie — Filière bois

La dilatation thermique du bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formule clé : $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T$ avec $\alpha = 0,04 \text{ mm/m/}^\circ\text{C}$ pour le chêne (sens largeur)

Conversion : $T \text{ (K)} = \theta \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$

Exercice 1 — Températures dans l'atelier

1. La sonde affiche $R = 5\,000 \Omega$.

En lisant le tableau d'étalonnage : $R = 5\,000 \Omega \Rightarrow \theta = 40^\circ\text{C}$

2. Conversion en Kelvin.

$$T = \theta + 273 = 40 + 273 = 313 \text{ K}$$

3. Variation de température entre 20°C et 80°C .

$$\Delta T = \theta_2 - \theta_1 = 80 - 20 = 60^\circ\text{C}$$

4. Signification de « Coefficient de Température Négatif ».

Dans le tableau, quand θ **augmente**, R **diminue** (de $10\,000$ à 500Ω). La variation de résistance est donc dans le sens *opposé* à celle de la température : c'est ce qu'on appelle un coefficient **négatif**.

Exercice 2 — La dilatation, c'est proportionnel ?

1. Tableau complété ($L_0 = 1 \text{ m}$, $\alpha = 0,04 \text{ mm/m/}^\circ\text{C}$).

$$\Delta L = 1 \times 0,04 \times \Delta T = 0,04 \times \Delta T$$

ΔT ($^\circ\text{C}$)	0	10	20	30	40
ΔL (mm)	0	0,4	0,8	1,2	1,6

2. Proportionnalité.

On calcule le rapport $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ pour deux colonnes :

$$\frac{0,4}{10} = 0,04 \quad \text{et} \quad \frac{1,2}{30} = 0,04$$

Le rapport est constant. **Oui, ΔL est proportionnelle à ΔT .**

Erreur fréquente

Ne pas confondre « proportionnelle » et « qui augmente » : une grandeur peut augmenter sans être proportionnelle. Ici, le rapport $\Delta L/\Delta T$ est constant, ce qui prouve la proportionnalité.

3. Coefficient de proportionnalité pour 1 m de bois.

$$k = \frac{\Delta L}{\Delta T} = \mathbf{0,04 \text{ mm/}^\circ\text{C}}$$

Cela signifie que **pour 1 mètre de chêne**, chaque degré d'augmentation provoque un allongement de **0,04 mm**.

4. Pour une lame de $L_0 = 3 \text{ m}$.

$$k = L_0 \times \alpha = 3 \times 0,04 = \mathbf{0,12 \text{ mm/}^\circ\text{C}}$$

« Pour une lame de 3 m de chêne, chaque degré supplémentaire provoque un allongement de **0,12 mm**. »

Exercice 3 — Parquet et baie vitrée

Méthode

Pour les exercices de dilatation, suivre toujours cet ordre : **(1)** Calculer $\Delta T \rightarrow$ **(2)** Appliquer $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T \rightarrow$ **(3)** Interpréter (jeu suffisant ou non ?)

- Variation de température.

$$\Delta T = 40 - 10 = \mathbf{30\text{ }^\circ\text{C}}$$

- Allongement d'une lame de 150 mm.

$$L_0 = 150\text{ mm} = \mathbf{0,15\text{ m}} \quad (\text{conversion obligatoire car } \alpha \text{ est en mm/m/}^\circ\text{C})$$

$$\Delta L = 0,15 \times 0,04 \times 30 = \mathbf{0,18\text{ mm}}$$

Erreur fréquente

Utiliser L_0 en millimètres directement donnerait $\Delta L = 150 \times 0,04 \times 30 = 180\text{ mm}$ — une valeur absurde ! Il faut toujours convertir L_0 en mètres.

- Nombre de lames sur 3 m de large.

$$n = \frac{3000\text{ mm}}{150\text{ mm}} = \mathbf{20\text{ lames}}$$

- Allongement total du parquet.

$$\Delta L_{\text{total}} = 20 \times 0,18 = \mathbf{3,6\text{ mm}}$$

- Le jeu de 8 mm de chaque côté est-il suffisant ?

La dilatation totale est de 3,6 mm. Ce mouvement se répartit des deux côtés : environ 1,8 mm de chaque côté.

Or le menuisier a prévu **8 mm de chaque côté**. **Oui, le jeu est largement suffisant** : $8 > 1,8$.

Remarque : En pratique, on laisse 8 mm minimum car le bois subit aussi des variations d'humidité (retrait hygroscopique), qui provoquent des mouvements souvent plus importants que la dilatation thermique seule.

Exercice 4 — Problème : une porte qui coince

- Variation de température entre la pose et l'été.

$$\Delta T = 35 - 5 = \mathbf{30\text{ }^\circ\text{C}}$$

- Allongement thermique de la porte (830 mm de large).

$$L_0 = 830\text{ mm} = \mathbf{0,830\text{ m}}$$

$$\Delta L = 0,830 \times 0,04 \times 30 = \mathbf{0,996\text{ mm} \approx 1\text{ mm}}$$

- Le jeu de 2 mm de chaque côté est-il suffisant ?

La dilatation totale est d'environ 1 mm, soit 0,5 mm de chaque côté.

Le menuisier avait prévu 2 mm de chaque côté : **le jeu thermique seul est suffisant.**

Pourtant, la porte coince. Cela signifie que **d'autres phénomènes s'ajoutent** : gonflement par l'humidité (hygroscopique), déformation du bâti, etc. La dilatation thermique n'explique qu'une partie du problème.

4. Jeu minimum à laisser de chaque côté pour la dilatation thermique.

Dilatation totale ≈ 1 mm \rightarrow dilatation par côté = $\frac{1}{2} = 0,5$ mm.

Pour la dilatation thermique seule, un jeu de **1 mm** de chaque côté est suffisant.

*Mais en pratique, le DTU (Document Technique Unifié) recommande **3 à 5 mm** de chaque côté pour tenir compte de tous les mouvements du bois.*

5. Rôle de la lasure ou du vernis sur la dilatation thermique.

Non, un traitement de surface (lasure, vernis) ne réduit pas la dilatation thermique. Ce traitement limite les échanges d'humidité entre le bois et l'air, ce qui réduit le **retrait hygroscopique** — mais la dilatation liée à la température reste inchangée car elle dépend des propriétés physiques du bois, pas de son humidité.

Exercice 5 — Bois et eau : deux phénomènes à maîtriser

1. Variation d'humidité (cas le plus défavorable : de 5 % à 13 %).

$$\Delta H = 13 - 5 = 8 \%$$

2. Allongement hygroscopique ΔL_{hygro} .

$$\Delta L_{\text{hygro}} = L_0 \times \alpha_H \times \Delta H = 830 \times 0,0028 \times 8 = 18,6 \text{ mm}$$

Erreur fréquente

Ne pas confondre l'unité de L_0 ici : dans cette formule hygroscopique, L_0 est en **mm** (contrairement à la formule de dilatation thermique où L_0 devait être en mètres, car α était en $\text{mm}/\text{m}/^\circ\text{C}$). Ici α_H est adimensionnel, donc L_0 reste en mm et ΔL_{hygro} ressort en mm.

3. Mouvement total de la porte.

$$\Delta L_{\text{total}} = \Delta L_{\text{thermo}} + \Delta L_{\text{hygro}} = 1 + 18,6 = 19,6 \text{ mm}$$

4. Le jeu de 4 mm au total (2 mm de chaque côté) est-il suffisant ?

Le mouvement total est de 19,6 mm, qui se répartit des deux côtés : environ 9,8 mm de chaque côté. Le jeu de 2 mm de chaque côté est **largement insuffisant** : $2 \ll 9,8$.

5. Jeu minimum de chaque côté.

$$\text{Jeu par côté} = \frac{19,6}{2} = 9,8 \text{ mm} \Rightarrow \mathbf{10 \text{ mm de chaque côté}}$$
 (arrondi au mm supérieur).

6. Comparaison des deux allongements.

$$\Delta L_{\text{thermo}} \approx 1 \text{ mm} \quad \Delta L_{\text{hygro}} \approx 18,6 \text{ mm}$$

L'allongement hygroscopique est environ **18 fois plus grand** que l'allongement thermique. **Le gonflement lié à l'humidité est la cause principale du coincement**, pas la dilatation thermique.

Conclusion professionnelle : en menuiserie bois, le retrait hygroscopique est le phénomène dominant. C'est pourquoi les DTU imposent des jeux de 3 à 10 mm selon l'essence et l'application, bien au-delà de ce que la seule dilatation thermique justifierait.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

L'anisotropie du bois : un matériau qui bouge dans tous les sens

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

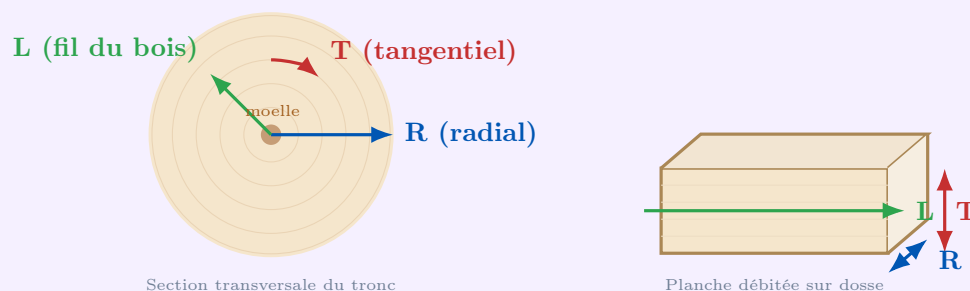
— **Gonflement hygroscopique** : $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta H$ (L_0 en mm ; ΔH en % ; α sans unité)

— **Coefficients du chêne selon la direction** : **L** longitudinal : $\alpha_L = 0,00009$ **R** radial : $\alpha_R = 0,0015$ **T** tangentiel : $\alpha_T = 0,0028$

— **Règle de trois** : $y_2 = \frac{x_2 \times y_1}{x_1}$ **Rapport** : $r = \frac{a}{b}$ (combien de fois a est plus grand que b)

À savoir — L'anisotropie du bois

Un matériau est dit **anisotrope** quand ses propriétés varient selon la direction dans laquelle on les mesure. Le bois possède **trois directions** caractéristiques :



Conséquence majeure : le bois **ne se déforme pas de la même façon** dans les 3 directions. La direction tangentielle **T** est toujours la plus sensible à l'humidité : c'est le sens où le bois bouge le plus.

Exercice 1 — Identifier les directions PHYSIQUE-CHIMIE MENUISERIE

1. Sur le schéma de la planche ci-dessus, dans quelle direction mesure-t-on **la longueur** de la planche ? **La largeur** ? **L'épaisseur** ?

2. En utilisant les coefficients du rappel, classer les 3 directions **L**, **R**, **T** du plus petit au plus grand mouvement hygroscopique.

3. Expliquer en une phrase pourquoi, en menuiserie, on dit que **le bois travaille surtout en largeur**.

4. Pour une même variation d'humidité ΔH , quel est le rapport entre le mouvement en direction **T** et le mouvement en direction **L** ? (Calculer α_T/α_L .)

Exercice 2 — Mouvements d'une planche de chêne **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier débite une planche de chêne sur dosse. Ses dimensions sont : longueur $L = 2\,000$ mm (direction **L**), largeur $l = 150$ mm (direction **T**), épaisseur $e = 22$ mm (direction **R**).

En sortie de séchoir, l'humidité du bois est $H_1 = 9\%$. Après stockage en atelier pendant une semaine, elle remonte à $H_2 = 16\%$.

1. Calculer ΔH .

2. Calculer l'allongement ΔL_L dans le sens du fil (direction **L**, dimension 2000 mm).

3. Calculer le gonflement ΔL_T en largeur (direction **T**, dimension 150 mm).

4. Calculer le gonflement ΔL_R en épaisseur (direction **R**, dimension 22 mm).

5. Compléter le tableau récapitulatif.

Direction	Dimension initiale	Coefficient α	ΔH	Mouvement
L longitudinal	2 000 mm	0,00009		
T tangentiel	150 mm	0,0028		
R radial	22 mm	0,0015		

6. Quelle direction présente le plus grand mouvement en valeur absolue ? Cela confirme-t-il la théorie de l'anisotropie ?

Exercice 3 — Panneau massif et jeu de pose
PHYSIQUE-CHIMIE
MENUISERIE
MATHS

Un menuisier fabrique un panneau de porte en chêne massif de **600 mm de large** (direction tangentielle). Ce panneau est encadré dans un dormant rigide. Le bois est livré à $H_1 = 8\%$ (séchoir industriel). En conditions normales d'utilisation (intérieur chauffé), l'humidité d'équilibre peut varier entre $H_{\min} = 6\%$ (hiver, chauffage) et $H_{\max} = 18\%$ (printemps humide).

1. Calculer la variation d'humidité maximale $\Delta H_{\max} = H_{\max} - H_{\min}$.

2. Calculer le mouvement total du panneau sur sa largeur (direction **T**) pour ΔH_{\max} .

3. Ce mouvement se répartit de chaque côté. Quel jeu minimum le menuisier doit-il laisser de **chaque côté** pour que le panneau puisse bouger librement ?

4. En hiver, le bois se **rétracte** (il sèche). Calculer la variation de largeur du panneau entre $H_1 = 8\%$ et $H_{\min} = 6\%$.
Indiquer si le panneau se rétracte ou gonfle, et de combien.

5. **Question de synthèse.** Si le panneau était en métal (acier), il n'aurait qu'une seule direction de dilatation thermique avec $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Pour une variation de $30\text{ }^\circ\text{C}$, calculer le mouvement d'un panneau acier de 600 mm. Comparer avec le mouvement du panneau chêne (questions 2–4). Quel matériau bouge le plus ?
Rappel : $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T$

Exercice 4 — Comparer les essences
MATHS
MENUISERIE

Les coefficients de retrait tangentiel varient selon l'essence. Un menuisier compare trois essences pour la fabrication d'un parquet de 120 mm de large (direction **T**).

Essence	α_T	Utilisation courante
Chêne	0,0028	Parquet, menuiserie intérieure
Hêtre	0,0040	Tournerie, mobilier
Pin sylvestre	0,0024	Charpente, lambris
Noyer	0,0022	Meubles, placages haut de gamme

1. Quelle essence est la **plus stable** (bouge le moins) ? La **moins stable** ?

2. Pour une lame de 120 mm et $\Delta H = 10\%$, calculer le gonflement tangentiel pour chaque essence. Compléter le tableau.

Essence	α_T	ΔL_T pour $\Delta H = 10\%$
Chêne	0,0028	
Hêtre	0,0040	
Pin sylvestre	0,0024	
Noyer	0,0022	

3. Calculer le rapport $\Delta L_T(\text{hêtre})/\Delta L_T(\text{noyer})$. Interpréter ce résultat.

4. Un client veut un parquet très stable pour une pièce soumise à de grandes variations d'humidité (véranda). Quelle essence recommandez-vous ? Justifier.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

L'anisotropie du bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Coefficients de retrait du chêne : **L** $\alpha_L = 0,00009$ **T** $\alpha_T = 0,0028$ **R** $\alpha_R = 0,0015$

Formule : $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta H$ (L_0 en mm, ΔH en %)

Exercice 1 — Identifier les directions

- Directions dans la planche.

Longueur → direction **L** (sens du fil du bois, longitudinal)

Largeur → direction **T** (tangentielle, sens des cernes)

Épaisseur → direction **R** (radial, du cœur vers l'écorce)

- Classement du plus petit au plus grand mouvement.

$\alpha_L = 0,00009 < \alpha_R = 0,0015 < \alpha_T = 0,0028$

Classement : **L** < **R** < **T**

- Pourquoi le bois travaille surtout en largeur ?

Car la direction tangentielle (largeur de la planche débitée sur dosse) possède le coefficient α_T le plus élevé des trois directions : c'est là que le bois se déforme le plus sous l'effet de l'humidité.

- Rapport α_T/α_L .

$$\frac{\alpha_T}{\alpha_L} = \frac{0,0028}{0,00009} \approx \mathbf{31}$$

Pour une même variation d'humidité, le mouvement en direction tangentielle est environ **31 fois plus grand** qu'en direction longitudinale.

Exercice 2 — Mouvements d'une planche de chêne

- Variation d'humidité.

$$\Delta H = 16 - 9 = \mathbf{7\%}$$

- Mouvement longitudinal **L**.

$$\Delta L_L = 2000 \times 0,00009 \times 7 = \mathbf{1,26\text{ mm}}$$

- Gonflement tangentielle **T**.

$$\Delta L_T = 150 \times 0,0028 \times 7 = \mathbf{2,94\text{ mm}}$$

- Gonflement radial **R**.

$$\Delta L_R = 22 \times 0,0015 \times 7 = \mathbf{0,231\text{ mm}}$$

5. Tableau récapitulatif.

Direction	Dimension	α	ΔH	Mouvement
L longitudinal	2 000 mm	0,00009	7 %	1,26 mm
T tangentiel	150 mm	0,0028	7 %	2,94 mm
R radial	22 mm	0,0015	7 %	0,23 mm

6. Direction avec le plus grand mouvement.

C'est la direction **T** **tangentielle** avec 2,94 mm. **Oui**, cela confirme l'anisotropie : bien que la planche soit 13 fois plus longue que large, c'est la largeur qui bouge le plus.

Erreur fréquente

Attention à ne pas confondre la valeur absolue du mouvement avec le rapport mouvement/dimension. En valeur absolue, la longueur bouge de 1,26 mm (grand), mais ce mouvement reste faible par rapport à 2000 mm ($\approx 0,06\%$). En largeur, 2,94 mm sur 150 mm représente 2 % — c'est là que l'anisotropie se manifeste vraiment.

Exercice 3 — Panneau massif et jeu de pose

1. Variation d'humidité maximale.

$$\Delta H_{\max} = 18 - 6 = \mathbf{12\%}$$

2. Mouvement total du panneau sur 600 mm.

$$\Delta L_T = 600 \times 0,0028 \times 12 = \mathbf{20,16\text{ mm} \approx 20\text{ mm}}$$

3. Jeu minimum de chaque côté.

Le mouvement se répartit des deux côtés : jeu = $20,16/2 \approx \mathbf{11\text{ mm}}$ de chaque côté (arrondi au mm supérieur).

4. Rétraction hivernale (
- $H_1 = 8\% \rightarrow H_{\min} = 6\%$
-).

$$\Delta H = 8 - 6 = 2\%$$

$$\Delta L_T = 600 \times 0,0028 \times 2 = \mathbf{3,36\text{ mm}}$$

Le bois **se rétracte** de 3,36 mm (il sèche, donc il rétrécit).

5. Comparaison avec un panneau acier.

$$\Delta L_{\text{acier}} = 600 \times 12 \times 10^{-6} \times 30 = \mathbf{0,216\text{ mm}}$$

Comparaison :

$$\Delta L_{\text{chêne}} \approx 20\text{ mm} \quad \gg \quad \Delta L_{\text{acier}} \approx 0,2\text{ mm}$$

Le chêne bouge environ 100 fois plus que l'acier dans des conditions d'usage normales. C'est pourquoi les assemblages en bois massif nécessitent toujours des jeux et des montages flottants.

Exercice 4 — Comparer les essences

1. Essence la plus stable / moins stable.

Plus stable : **noyer** ($\alpha_T = 0,0022$) — Moins stable : **hêtre** ($\alpha_T = 0,0040$)

2. Tableau des gonflements pour
- $\Delta H = 10\%$
- ,
- $L_0 = 120\text{ mm}$
- .

Essence	α_T	ΔL_T
Chêne	0,0028	3,36 mm
Hêtre	0,0040	4,80 mm
Pin sylvestre	0,0024	2,88 mm
Noyer	0,0022	2,64 mm

3. Rapport hêtre/noyer.

$$\frac{\Delta L_T(\text{hêtre})}{\Delta L_T(\text{noyer})} = \frac{4,80}{2,64} \approx \mathbf{1,82}$$

Une lame de hêtre bouge presque **deux fois plus** qu'une lame de noyer pour la même variation d'humidité. Cela explique pourquoi le hêtre est peu utilisé en parquet massif.

4. Recommandation pour une véranda.

Pour une pièce à grandes variations d'humidité, il faut choisir l'essence la plus stable, c'est-à-dire celle dont α_T est le plus faible.

Le noyer ($\alpha_T = 0,0022$) est le plus recommandé. À défaut, le pin sylvestre ($\alpha_T = 0,0024$) est une alternative plus économique.

Note professionnelle : dans un contexte de véranda, on pourrait aussi envisager un parquet en bois exotique (bambou, ipé, teck) qui présentent une très faible hygroscopicité.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Masse volumique : choisir la bonne essence de bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- Masse volumique : $\rho = \frac{m}{V}$ (ρ en kg/m^3 , m en kg , V en m^3)
- Masse : $m = \rho \times V$ Volume : $V = \frac{m}{\rho}$
- Volume d'un parallélépipède : $V = L \times l \times e$
- Conversions : $1 \text{ m}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$; $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$
- Flottabilité : un objet flotte si $\rho_{\text{objet}} < \rho_{\text{eau}}$ ($\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

À savoir — Masse volumique des essences de bois

Essence	ρ (kg/m^3)	Usage courant
Balsa	150	Maquettes, modélisme
Peuplier	390	Cagettes, contreplaqué
Pin sylvestre	530	Charpente, lambris
Noyer	640	Meubles haut de gamme
Chêne	720	Parquet, menuiserie
Hêtre	720	Tournerie, escaliers
Ébène	1 050	Instruments, marqueterie
Eau (référence)	1 000	Flottabilité

Règle : toutes les essences du tableau flottent sauf l'ébène ($\rho > 1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3$).

Exercice 1 — Masse d'une planche

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Un menuisier débite des planches aux dimensions suivantes : **2 500 mm** × **150 mm** × **22 mm**.
Il hésite entre du **chêne** ($\rho = 720 \text{ kg}/\text{m}^3$) et du **pin sylvestre** ($\rho = 530 \text{ kg}/\text{m}^3$).

1. Calculer le volume d'une planche en cm^3 , puis convertir en m^3 .

2. Calculer la masse d'une planche en **chêne** ($\rho = 720 \text{ kg}/\text{m}^3$).

3. Calculer la masse de la même planche en **pin sylvestre** ($\rho = 530 \text{ kg}/\text{m}^3$).

4. Calculer la différence de masse entre les deux planches.

5. Le menuisier peut porter 25 kg. Combien de planches de chêne peut-il transporter en une seule fois ?

Exercice 2 — Charger un véhicule utilitaire **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier doit transporter du bois pour un chantier. Son utilitaire a une charge utile de **800 kg**. Il doit emporter :

— 15 planches de chêne : $2\,500 \times 150 \times 22 \text{ mm}$ ($\rho = 720 \text{ kg/m}^3$)

— 8 panneaux de contreplaqué (peuplier) : $2\,500 \times 1\,220 \times 18 \text{ mm}$ ($\rho = 390 \text{ kg/m}^3$)

— 4 madriers de pin : $3\,000 \times 150 \times 75 \text{ mm}$ ($\rho = 530 \text{ kg/m}^3$)

1. Calculer le volume d'une planche de chêne en m^3 , puis la masse totale des 15 planches.

2. Calculer le volume d'un panneau de contreplaqué en m^3 , puis la masse totale des 8 panneaux.

3. Calculer le volume d'un madrier de pin en m^3 , puis la masse totale des 4 madriers.

4. Calculer la masse totale du chargement. Le véhicule peut-il tout transporter en un seul voyage ?

5. Si le chargement dépasse la charge utile, proposer une répartition en deux voyages. Justifier le choix.

Exercice 3 — Flottabilité des bois **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

Un menuisier construit un ponton (plate-forme flottante) en chêne pour le bord d'un lac. Il doit vérifier que le bois choisi flotte et calculer la charge maximale supportée.

1. Le chêne a une masse volumique $\rho = 720 \text{ kg/m}^3$. Flotte-t-il dans l'eau ? Justifier.

2. L'ébène a une masse volumique $\rho = 1\,050 \text{ kg/m}^3$. Flotte-t-il ? Justifier.

3. Une planche de chêne a un volume $V = 0,00825 \text{ m}^3$ et une masse $m = 5,94 \text{ kg}$.
Quel volume d'eau déplace-t-elle quand elle flotte ?

Rappel (Archimède) : le volume d'eau déplacé vaut $V_{\text{déplacé}} = \frac{m}{\rho_{\text{eau}}}$.

4. Quelle fraction de la planche est immergée ? Calculer $\frac{\rho_{\text{bois}}}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{720}{1\,000}$.

5. Le ponton flotte avec 72 % de son volume immergé (question 4). Les 28 % restants constituent la **réserve de flottabilité**.

Chaque m^3 de chêne peut supporter une charge supplémentaire de :

Réserve = $(\rho_{\text{eau}} - \rho_{\text{bois}}) \times 1 = (1\,000 - 720) = 280 \text{ kg par m}^3$.

Le ponton doit supporter **150 kg** de charge (personnes + mobilier). Quel volume minimum de chêne faut-il ?

Exercice 4 — Devis et choix d'essence **MATHS** **MENUISERIE**

Un client commande une bibliothèque sur mesure. Le menuisier propose trois essences :

Essence	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	Prix HT / m^3
Pin sylvestre	530	650 €
Chêne	720	1 800 €
Noyer	640	3 200 €

Le volume total de bois nécessaire pour la bibliothèque est $V = 0,18 \text{ m}^3$.

1. Calculer la masse et le coût HT de la bibliothèque pour chaque essence. Compléter le tableau.

Essence	ρ (kg/m ³)	Masse (kg)	Coût HT (€)
Pin sylvestre	530		
Chêne	720		
Noyer	640		

2. Le client dispose d'un budget de **400 € HT** pour le bois. Quelles essences sont compatibles avec ce budget ?

3. Le meuble sera posé sur un plancher fragile : il ne doit pas dépasser **150 kg**. Quelles essences respectent cette contrainte de masse ?

4. En tenant compte des deux contraintes (budget **et** masse), quelle essence recommander au client ? Justifier.

5. Calculer le prix TTC de la bibliothèque pour l'essence choisie. Le taux de TVA est de 20%.

Rappel : Prix TTC = Prix HT \times 1,20.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Masse volumique : choisir la bonne essence de bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules : $\rho = \frac{m}{V}$ $m = \rho \times V$ $V = \frac{m}{\rho}$

Conversion : $1 \text{ m}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$; pour convertir cm^3 en m^3 , on divise par 10^6 .

Exercice 1 — Masse d'une planche

1. Volume de la planche.

Dimensions en cm : $250 \times 15 \times 2,2$

$$V = 250 \times 15 \times 2,2 = \mathbf{8\,250 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Conversion en m}^3 : V = \frac{8\,250}{1\,000\,000} = \mathbf{0,00825 \text{ m}^3}$$

Erreur fréquente

Conversion $\text{cm}^3 \rightarrow \text{m}^3$: beaucoup d'élèves divisent par 100 au lieu de 1 000 000.

Retenir : $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$, donc $1 \text{ m}^3 = 100^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$.

$8\,250 \text{ cm}^3 \div 100 = 82,5 \leftarrow$ **FAUX** (ce sont des m, pas des m^3)

$8\,250 \text{ cm}^3 \div 1\,000\,000 = 0,00825 \text{ m}^3 \leftarrow$ **CORRECT**

2. Masse en chêne.

$$m = \rho \times V = 720 \times 0,00825 = \mathbf{5,94 \text{ kg}}$$

3. Masse en pin sylvestre.

$$m = \rho \times V = 530 \times 0,00825 = \mathbf{4,37 \text{ kg}}$$

4. Différence de masse.

$$\Delta m = 5,94 - 4,37 = \mathbf{1,57 \text{ kg}}$$

Une planche de chêne pèse environ 1,6 kg de plus qu'une planche de pin.

5. Nombre de planches de chêne transportables.

$$n = \frac{25}{5,94} \approx 4,21$$

On ne peut pas couper une planche : **le menuisier peut porter au maximum 4 planches de chêne** ($4 \times 5,94 = 23,76 \text{ kg} < 25 \text{ kg}$).

Méthode

Calcul de volume d'une planche : toujours convertir les dimensions dans la même unité *avant* de calculer le volume.

— En cm : V en cm^3 , puis diviser par 10^6 pour avoir des m^3

— En m : V directement en m^3 (ex. : $2\,500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$; $150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$; $22 \text{ mm} = 0,022 \text{ m}$)

$$\text{Vérification : } 2,5 \times 0,15 \times 0,022 = 0,00825 \text{ m}^3 \checkmark$$

Exercice 2 — Charger un véhicule utilitaire

1. 15 planches de chêne.

$$\text{Volume d'une planche : } V_1 = 2,5 \times 0,15 \times 0,022 = 0,00825 \text{ m}^3$$

$$\text{Masse d'une planche : } m_1 = 720 \times 0,00825 = 5,94 \text{ kg}$$

$$\text{Masse de 15 planches : } m_{15} = 15 \times 5,94 = \mathbf{89,1 \text{ kg}}$$

2. 8 panneaux de contreplaqué (peuplier).

$$\text{Volume d'un panneau : } V_2 = 2,5 \times 1,22 \times 0,018 = 0,0549 \text{ m}^3$$

$$\text{Masse d'un panneau : } m_2 = 390 \times 0,0549 = 21,41 \text{ kg}$$

$$\text{Masse de 8 panneaux : } m_8 = 8 \times 21,41 = \mathbf{171,3 \text{ kg}}$$

3. 4 madriers de pin.

$$\text{Volume d'un madrier : } V_3 = 3,0 \times 0,15 \times 0,075 = 0,03375 \text{ m}^3$$

$$\text{Masse d'un madrier : } m_3 = 530 \times 0,03375 = 17,89 \text{ kg}$$

$$\text{Masse de 4 madriers : } m_4 = 4 \times 17,89 = \mathbf{71,6 \text{ kg}}$$

4. Masse totale et vérification.

$$m_{\text{total}} = 89,1 + 171,3 + 71,6 = \mathbf{332,0 \text{ kg}}$$

$332 \text{ kg} < 800 \text{ kg}$: **oui, le véhicule peut tout transporter en un seul voyage.**

Il reste même $800 - 332 = 468 \text{ kg}$ de marge.

5. Répartition (si nécessaire).

Le chargement total (332 kg) est largement inférieur à la charge utile (800 kg). **Un seul voyage suffit.**

Remarque : si le chargement avait dépassé 800 kg, on aurait chargé en priorité les pièces les plus lourdes et encombrantes (panneaux de contreplaqué) au premier voyage, puis complété avec les planches et madriers.

Exercice 3 — Flottabilité des bois

1. Le chêne flotte-t-il ?

$$\rho_{\text{chêne}} = 720 \text{ kg/m}^3 \text{ et } \rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg/m}^3.$$

$720 < 1\,000$ donc **oui, le chêne flotte** car sa masse volumique est inférieure à celle de l'eau.

2. L'ébène flotte-t-il ?

$$\rho_{\text{ébène}} = 1\,050 \text{ kg/m}^3.$$

$1\,050 > 1\,000$ donc **non, l'ébène coule** car sa masse volumique est supérieure à celle de l'eau.

3. Volume d'eau déplacé par la planche de chêne.

$$V_{\text{déplacé}} = \frac{m}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{5,94}{1\,000} = \mathbf{0,00594 \text{ m}^3}$$

La planche déplace $0,00594 \text{ m}^3$ d'eau, soit 5,94 L (car $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$).

4. Fraction immergée.

$$\frac{\rho_{\text{bois}}}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{720}{1\,000} = \mathbf{0,72 = 72 \%}$$

72 % de la planche est immergée ; les 28 % restants dépassent de l'eau.

5. Volume minimum de chêne pour supporter 150 kg.

La réserve de flottabilité par m^3 de chêne :

$$\text{Réserve} = \rho_{\text{eau}} - \rho_{\text{bois}} = 1\,000 - 720 = 280 \text{ kg/m}^3$$

Volume nécessaire :

$$V = \frac{150}{280} = \mathbf{0,536 \text{ m}^3}$$

Il faut au minimum **$0,54 \text{ m}^3$ de chêne** pour supporter 150 kg de charge.

En pratique : cela correspond par exemple à un plancher de $3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,09 \text{ m}$ (épaisseur 9 cm), soit $V = 0,54 \text{ m}^3$.

Exercice 4 — Devis et choix d'essence1. Masse et coût pour chaque essence ($V = 0,18 \text{ m}^3$).

Essence	ρ (kg/m ³)	Masse (kg)	Coût HT (€)
Pin sylvestre	530	95,4	117,00
Chêne	720	129,6	324,00
Noyer	640	115,2	576,00

Détail des calculs :

Pin : $m = 530 \times 0,18 = 95,4 \text{ kg}$; coût = $650 \times 0,18 = 117,00 \text{ €}$

Chêne : $m = 720 \times 0,18 = 129,6 \text{ kg}$; coût = $1\,800 \times 0,18 = 324,00 \text{ €}$

Noyer : $m = 640 \times 0,18 = 115,2 \text{ kg}$; coût = $3\,200 \times 0,18 = 576,00 \text{ €}$

2. Budget de 400 € HT.

Pin sylvestre (117 €) et **chêne** (324 €) respectent le budget.
Le noyer (576 €) dépasse le budget de 176 €.

3. Contrainte de masse (150 kg max).

Pin sylvestre : $95,4 \text{ kg} < 150 \text{ kg}$ ✓
Chêne : $129,6 \text{ kg} < 150 \text{ kg}$ ✓
Noyer : $115,2 \text{ kg} < 150 \text{ kg}$ ✓

Les trois essences respectent la contrainte de masse.

4. Recommandation avec les deux contraintes.

— Contrainte budget (≤ 400 €) : pin et chêne OK, noyer éliminé.
— Contrainte masse (≤ 150 kg) : les trois essences OK.

Le chêne est la meilleure recommandation : il respecte les deux contraintes (324 € et 129,6 kg) tout en offrant une qualité supérieure (durabilité, esthétique, résistance) par rapport au pin sylvestre.

Si le client veut économiser : le pin sylvestre (117 €) est aussi une option valable.

5. Prix TTC (TVA 20 %).

Pour le chêne :
Prix TTC = $324,00 \times 1,20 = \mathbf{388,80 \text{ €}}$
Pour le pin sylvestre : $117,00 \times 1,20 = 140,40 \text{ €}$.

Erreur fréquente

TVA : ne pas calculer 20 % puis soustraire ! La TVA s'ajoute au prix HT.
Prix TTC = Prix HT + 20 % du HT = Prix HT \times 1,20
Erreur courante : $324 \times 0,20 = 64,80$ puis $324 - 64,80 = 259,20 \text{ €}$ ← **FAUX**
Correct : $324 \times 1,20 = 388,80 \text{ €}$ ← **CORRECT**

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Inondation d'une pièce avec parquet

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Volume d'un prisme** : $V = S \times h$ (surface \times hauteur) **Unités** : $\text{m}^2 \times \text{m} = \text{m}^3$
- **Conversion** : $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$ $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$
- **Gonflement hygroscopique** : $\Delta L = L_0 \times \alpha_H \times \Delta H$ avec $\alpha_H = 0,0028$ pour le chêne (sens largeur); L_0 en mm; ΔH en %
- **Débit** : $Q = \frac{V}{t}$ (volume par unité de temps) donc $t = \frac{V}{Q}$
- **Remise de $t\%$** : multiplier par $(1 - t/100)$ **TVA de $t\%$** : multiplier par $(1 + t/100)$

À savoir

Contexte : Un flexible de lave-vaisselle se rompt dans la cuisine d'un appartement. L'eau se répand sur le sol, recouvert d'un parquet en chêne massif. Le menuisier doit diagnostiquer les dégâts et établir un devis de réfection. La pièce mesure **4,5 m de long sur 3,2 m de large**. L'eau a atteint une hauteur uniforme de $h = 8 \text{ mm}$ sur tout le sol avant d'être évacuée.

Exercice 1 — Volume d'eau répandu **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

1. Calculer la surface S de la pièce en m^2 .

2. La hauteur d'eau est $h = 8 \text{ mm}$. Convertir h en mètres.

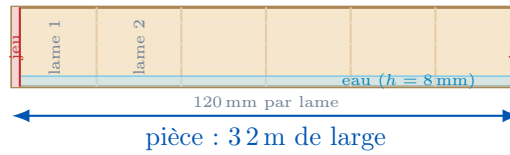
3. Calculer le volume d'eau $V = S \times h$ en m^3 .

4. Convertir ce volume en litres.

5. Le plombier estime que chaque litre d'eau répandu sur du parquet cause en moyenne **0,40 € de dégât** (gonflement, remplacement). Calculer le montant total des dégâts estimés.

Exercice 2 — Gonflement des lames de parquet **PHYSIQUE-CHIMIE** **MENUISERIE** **MATHS**

Le parquet est composé de lames de chêne massif de **120 mm de large**, posées dans le sens de la largeur de la pièce (3,2 m). Avant l'inondation, l'humidité du bois était de $H_1 = 9\%$. Après absorption de l'eau, elle atteint $H_2 = 27\%$. Coefficient hygroscopique tangentiel du chêne : $\alpha_H = 0,0028$.



1. Calculer la variation d'humidité $\Delta H = H_2 - H_1$.

2. Calculer l'allongement hygroscopique ΔL d'une seule lame de 120 mm.

3. Combien de lames de 120 mm tiennent sur une largeur de 3200 mm ?

4. Calculer le gonflement total du parquet (cumul de toutes les lames).

5. Le menuisier avait laissé un jeu de **8 mm de chaque côté**. Ce jeu est-il suffisant ? Expliquer pourquoi le parquet gondole.

Exercice 3 — Aspiration et séchage **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

Pour limiter les dégâts, le menuisier intervient rapidement avec un **aspirateur à eau** d'un débit de $Q_1 = 25 \text{ L/min}$. Une fois l'eau aspirée, un **déshumidificateur** est installé dans la pièce. Il extrait l'humidité de l'air à raison de $Q_2 = 3,5 \text{ L/h}$.

On estime que l'air de la pièce contient **12 L d'eau** en surplus (vapeur absorbée par les murs et le plafond).

1. En utilisant le volume d'eau calculé à l'exercice 1, et le débit de l'aspirateur ($Q_1 = 25 \text{ L/min}$), calculer le temps t_1 nécessaire pour aspirer toute l'eau.

Rappel : $t = V/Q$. Exprimer la réponse en minutes, puis en secondes.

2. Calculer le temps t_2 nécessaire au déshumidificateur pour extraire les 12 L d'eau en surplus de l'air. Exprimer en heures.

3. Le menuisier facture son intervention **85 €/h**. Il intervient pendant t_1 (aspirateur) puis reste **1 h30** pour évaluer les dégâts. Calculer le coût de l'intervention (arrondir t_1 à la minute supérieure, puis convertir en heures).

Exercice 4 — Devis de remplacement du parquet **MATHS** **MENUISERIE**

Le parquet est trop endommagé pour être récupéré. Le menuisier établit un devis pour le remplacement complet. Les tarifs sont les suivants :

Poste	Prix unitaire HT
Parquet chêne massif 120 mm	62 €/m ²
Sous-couche acoustique	5 €/m ²
Pose et finitions	28 €/m ²

L'assureur accorde une **prise en charge de 30 %** sur le total HT. La TVA applicable est **10 %** (travaux de rénovation).

1. Calculer la surface de parquet à remplacer (reprendre la surface de l'Exercice 1).

2. Calculer le coût HT de chaque poste, puis le **total HT**.

Poste	Prix/m ²	Surface	Sous-total HT
Parquet chêne massif	62 €		
Sous-couche	5 €		
Pose et finitions	28 €		
Total HT			

3. L'assureur prend en charge 30 % du total HT. Calculer la somme remboursée, puis le montant HT restant à la charge du client.

4. Calculer le montant **TTC** final que le client doit régler (TVA 10 % sur le montant HT après prise en charge).

5. Le client avait souscrit une garantie « dégâts des eaux » avec une franchise de **150 €**. La franchise est déduite du montant TTC. Quel est le montant **réellement payé** par le client ?

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Inondation d'une pièce avec parquet

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Données clés : Pièce $4,5 \times 3,2$ m — Hauteur d'eau $h = 8$ mm = 0,008 m — Lames chêne 120 mm — $\alpha_H = 0,0028$ — $H_1 = 9\%$, $H_2 = 27\%$

Exercice 1 — Volume d'eau répandu

1. Surface de la pièce.

$$S = 4,5 \times 3,2 = 14,4 \text{ m}^2$$

2. Conversion de h .

$$h = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$$

3. Volume d'eau.

$$V = S \times h = 14,4 \times 0,008 = 0,1152 \text{ m}^3$$

Erreur fréquente

Ne pas multiplier $14,4 \text{ m}^2 \times 8 \text{ mm}$ sans convertir ! Les unités doivent être cohérentes : $\text{m}^2 \times \text{m} = \text{m}^3$. Sinon on obtient un résultat en $\text{m}^2 \cdot \text{mm}$, qui n'a pas de sens.

4. Conversion en litres.

$$V = 0,1152 \text{ m}^3 \times 1000 = 115,2 \text{ L}$$

5. Coût estimé des dégâts.

$$\text{Coût} = 115,2 \times 0,40 = 46,08 \text{ €}$$

Exercice 2 — Gonflement des lames de parquet

Méthode

Pour les exercices hygroscopiques : (1) Calculer $\Delta H \rightarrow$ (2) Appliquer $\Delta L = L_0 \times \alpha_H \times \Delta H \rightarrow$ (3) Multiplier par le nombre de lames \rightarrow (4) Comparer au jeu disponible.

1. Variation d'humidité.

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 27 - 9 = 18 \%$$

2. Allongement d'une lame.

$$\Delta L = L_0 \times \alpha_H \times \Delta H = 120 \times 0,0028 \times 18 = 6,048 \text{ mm} \approx 6,05 \text{ mm}$$

3. Nombre de lames.

$$n = \frac{3\,200 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 26,67 \approx 26 \text{ lames}$$

(En pratique, on arrondit à 26 lames entières + une lame coupée en bout.)

4. Gonflement total.

$$\Delta L_{\text{total}} = 26,67 \times 6,048 \approx 161 \text{ mm}$$

(ou avec 26 lames : $26 \times 6,048 = 157,2 \text{ mm}$)

5. Jeu suffisant ?

Le gonflement total est d'environ **161 mm**. Ce mouvement se répartit des deux côtés : environ **80 mm de chaque côté**.

Or le jeu prévu est de **8 mm de chaque côté** : $8 \ll 80$. **Le jeu est totalement insuffisant.**

Le parquet n'a nulle part où aller : il **gondole vers le haut** (flambement), ce qui provoque les déformations visibles.

Erreur fréquente

Certains élèves comparent le gonflement total (161 mm) au jeu total (16 mm). C'est correct, mais il faut bien expliquer que le mouvement se répartit des deux côtés : jeu disponible = $2 \times 8 = 16 \text{ mm} \ll 161 \text{ mm}$.

Exercice 3 — Aspiration et séchage

1. Temps d'aspiration.

$$t_1 = \frac{V}{Q_1} = \frac{115,2 \text{ L}}{25 \text{ L/min}} = 4,608 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

$$\text{En secondes : } 4,608 \times 60 \approx 277 \text{ s}$$

2. Temps du déshumidificateur.

$$t_2 = \frac{V_{\text{air}}}{Q_2} = \frac{12 \text{ L}}{3,5 \text{ L/h}} \approx 3,43 \text{ h} \approx 3 \text{ h } 26 \text{ min}$$

3. Coût de l'intervention.

$$\text{Durée totale : } t_1 \approx 5 \text{ min (arrondi au min supérieur)} = \frac{5}{60} \approx 0,083 \text{ h} + 1,5 \text{ h} = 1,583 \text{ h}$$

Remarque : en pratique, l'intervention est facturée à l'heure pleine ou à la demi-heure, soit ici **2 h**.

$$\text{Coût exact : } 1,583 \times 85 \approx 134,6 \text{ €}$$

$$\text{Coût arrondi à 2 h : } 2 \times 85 = 170 \text{ €}$$

Exercice 4 — Devis de remplacement du parquet

1. Surface à remplacer (reprise de l'Ex.1).

$$S = 14,4 \text{ m}^2$$

2. Tableau des sous-totaux et total HT.

Poste	Prix/m ²	Surface	Sous-total HT
Parquet chêne massif	62 €	14,4 m ²	892,80 €
Sous-couche	5 €	14,4 m ²	72,00 €
Pose et finitions	28 €	14,4 m ²	403,20 €
Total HT			1 368,00 €

3. Prise en charge assureur et reste à charge HT.

$$\text{Prise en charge : } 1\,368 \times 0,30 = 410,40 \text{ €}$$

$$\text{Reste à charge HT : } 1\,368 - 410,40 = 957,60 \text{ €}$$

4. Montant TTC.

$$\text{TTC} = 957,60 \times 1,10 = 1\,053,36 \text{ €}$$

5. Montant réellement payé par le client (après franchise).

$$1\,053,36 - 150 = 903,36 \text{ €}$$

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

MATHÉMATIQUE

MENUISERIE

Proportionnalité et pourcentages

Seconde Baccalauréat Professionnel

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

— Coefficient de proportionnalité : $k = \frac{y}{x}$ — $y = k \times x$

— Règle de trois : si $x_1 \rightarrow y_1$ alors pour x_2 : $y_2 = \frac{x_2 \times y_1}{x_1}$

— Pourcentage de A : $\frac{t}{100} \times A$

— Augmentation de $t\%$: multiplier par $\left(1 + \frac{t}{100}\right)$ ex : $+20\% \rightarrow \times 1,20$

— Réduction de $t\%$: multiplier par $\left(1 - \frac{t}{100}\right)$ ex : $-15\% \rightarrow \times 0,85$

— TVA : Prix TTC = Prix HT \times coefficient (10% $\rightarrow \times 1,10$; 20% $\rightarrow \times 1,20$)

Exercice 1 — Débit de colle MATHS MENUISERIE

Pour coller du placage bois sur des panneaux, un menuisier utilise **180 mL de colle** pour **6 m²** de surface. La consommation est supposée proportionnelle à la surface.

1. Calculer le coefficient de proportionnalité k (en mL par m²). Que représente-t-il concrètement ?

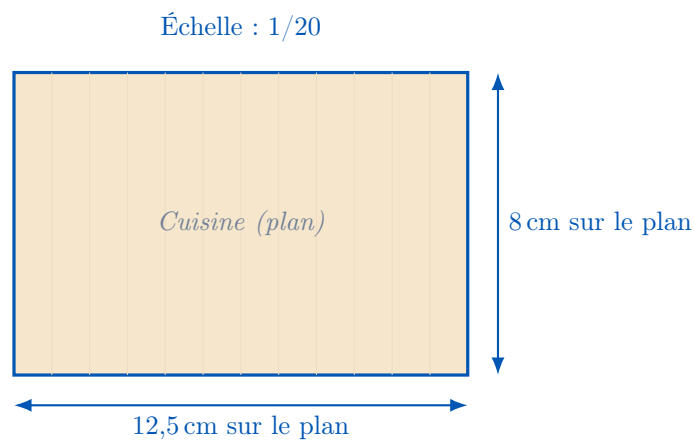
2. Compléter le tableau de proportionnalité.

Surface (m ²)	1	3	6	9	15
Colle (mL)			180		

3. Le menuisier prépare un chantier de **22 m²** de placage. Combien de mL de colle doit-il prévoir ? (Utiliser la règle de trois.)

Exercice 2 — Lecture d'un plan à l'échelle MATHS MENUISERIE

Un plan de cuisine est dessiné à l'échelle **1/20**. Sur le plan, la pièce a les dimensions indiquées ci-dessous.



1. Rappeler ce que signifie l'échelle 1/20. Donner la formule : Dimension réelle = ...

2. Calculer les dimensions réelles de la cuisine en cm, puis en m.

3. Calculer la surface réelle de la cuisine (en m²).

4. Le menuisier pose un parquet à **22 €/m²** (matériaux uniquement). Calculer le coût total des matériaux.

Exercice 3 — Remise commerciale et TVA **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier passe une commande chez son fournisseur. Le catalogue affiche les prix suivants :

Article	Prix unitaire HT	Quantité
Panneau mélaminé 250×60 cm	28 €	8
Chant mélaminé (rouleau 50 m)	14 €	3

Le fournisseur accorde une **remise de 12 %** sur le total HT. La TVA applicable est **20 %**.

1. Calculer le montant total HT **avant remise**.

2. Quel est le coefficient multiplicateur correspondant à une remise de 12 % ?

3. Calculer le montant HT **après remise**.

4. Quel est le coefficient multiplicateur pour une TVA de 20 % ?

5. Calculer le montant **TTC** final à régler.

Exercice 4 — Évolution du prix du chêne **MATHS** **MENUISERIE**

Le prix du m² de parquet chêne massif a évolué comme suit :

Année	2022	2024	2026
Prix (€/m ²)	60 €	69 €	

1. Calculer le taux d'augmentation entre 2022 et 2024. Arrondir à 0,1 %.

$$\text{Rappel : } t = \frac{V_f - V_i}{V_i} \times 100$$

2. En supposant que le même taux d'augmentation se reproduit entre 2024 et 2026, calculer le prix prévu en 2026. Compléter le tableau.

3. Un client demande un devis pour **35 m²** de parquet chêne, au prix de 2026 calculé. Estimer le coût total des matériaux.

Exercice 5 — Commande pour un agencement **MATHS** **MENUISERIE**

Un atelier de menuiserie reçoit une commande pour fabriquer une bibliothèque sur mesure. Le chef d'atelier établit la liste de matériaux nécessaires.

Matériau	Prix unitaire HT	Quantité	Sous-total HT
Panneau contreplaqué 250×120 cm	45 €	5	
Cheville bois (sachet de 50)	3 €	4	
Vis à bois 4×30 mm (boîte 100)	6 €	3	
Quincaillerie (équerres, crampons)	12 €	2	
Total HT avant remise			

Le fournisseur accorde une **remise de 8 %**. La TVA est de **10 %** (travaux de rénovation).

1. Compléter la colonne « Sous-total HT » et calculer le total HT avant remise.
2. Calculer le montant de la remise (en €).

3. Calculer le montant HT après remise.

4. Calculer le montant TTC final (TVA 10%).

5. Le client a un budget de **280 € TTC**. La commande rentre-t-elle dans ce budget ? Justifier.

6. **Question ouverte.** Le chef d'atelier cherche à réduire la facture. Il peut renégocier la remise ou choisir des matériaux moins chers. Proposer une stratégie pour rester sous 280 € TTC.

Fin du livret — Vérifier ses calculs avant de rendre.

Correction — Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

Proportionnalité et pourcentages

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Exercice 1 — Débit de colle

1. Coefficient de proportionnalité.

$$k = \frac{180}{6} = 30 \text{ mL/m}^2$$

Cela signifie que pour chaque m^2 de surface à coller, il faut 30 mL de colle.

2. Tableau complété.

Surface (m^2)	1	3	6	9	15
Colle (mL)	30	90	180	270	450

Calcul : Colle = $30 \times$ Surface

3. Colle pour 22 m^2 .

$$\text{Colle} = \frac{22 \times 180}{6} = \frac{3960}{6} = 660 \text{ mL}$$

Ou directement : $22 \times 30 = 660 \text{ mL}$.

Exercice 2 — Lecture d'un plan à l'échelle

1. Signification de l'échelle 1/20.

L'échelle 1/20 signifie que **1 cm sur le plan = 20 cm en réalité.**

Formule : Dimension réelle = Dimension sur le plan \times 20

2. Dimensions réelles.

Longueur : $12,5 \times 20 = 250 \text{ cm} = 2,50 \text{ m}$

Largeur : $8 \times 20 = 160 \text{ cm} = 1,60 \text{ m}$

3. Surface réelle.

$$S = 2,50 \times 1,60 = 4 \text{ m}^2$$

4. Coût des matériaux.

$$\text{Coût} = 4 \times 22 = 88 \text{ €}$$

Exercice 3 — Remise commerciale et TVA

1. Total HT avant remise.

Panneaux : $28 \times 8 = 224 \text{ €}$

Chants : $14 \times 3 = 42 \text{ €}$

$$\text{Total HT} = 224 + 42 = \mathbf{266 \text{ €}}$$

2. Coefficient de remise de 12 %.

$$1 - \frac{12}{100} = \mathbf{0,88}$$

3. Montant HT après remise.

$$266 \times 0,88 = \mathbf{234,08 \text{ €}}$$

4. Coefficient de TVA 20 %.

$$1 + \frac{20}{100} = \mathbf{1,20}$$

5. Montant TTC.

$$234,08 \times 1,20 = \mathbf{280,90 \text{ €}}$$

Erreur fréquente

Ne pas appliquer la TVA *avant* la remise ! L'ordre correct est : Total HT → Remise → HT après remise → TVA → TTC.

Exercice 4 — Évolution du prix du chêne

1. Taux d'augmentation entre 2022 et 2024.

$$t = \frac{69 - 60}{60} \times 100 = \frac{9}{60} \times 100 = \mathbf{15,0\%}$$

2. Prix prévu en 2026.

$$\text{Prix}_{2026} = 69 \times \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 69 \times 1,15 = \mathbf{79,35\ \text{€}/\text{m}^2}$$

3. Coût pour 35 m
- ²
- .

$$35 \times 79,35 = \mathbf{2\ 777,25\ \text{€}}$$

Exercice 5 — Commande pour un agencement

1. Sous-totaux et total HT.

Matériau	PU HT	Qté	Sous-total
Panneaux contreplaqué	45 €	5	225 €
Cheilles bois	3 €	4	12 €
Vis à bois	6 €	3	18 €
Quincaillerie	12 €	2	24 €
Total HT			279 €

2. Montant de la remise.

$$279 \times 0,08 = \mathbf{22,32\ \text{€}}$$

3. HT après remise.

$$279 - 22,32 = \mathbf{256,68\ \text{€}}$$

4. TTC (TVA 10 %).

$$256,68 \times 1,10 = \mathbf{282,35\ \text{€}}$$

5. Budget de 280 € TTC.

$$282,35 > 280 : \mathbf{\text{le budget est dépassé de } 282,35 - 280 = 2,35\ \text{€}.}$$

6. Stratégie pour rester sous 280 €.

Plusieurs pistes possibles :

- Négocier une remise de 9 % au lieu de 8 % → HT = $279 \times 0,91 = 253,89$ → TTC = 279,28 € ✓
- Réduire la quincaillerie à 1 lot au lieu de 2 → économie de 12 € HT
- Choisir des panneaux moins chers (ex : 42 € au lieu de 45 €)

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Mathématiques, Physique-Chimie & Menuiserie — Filière bois

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE-CHIMIE

MENUISERIE

Statistiques et contrôle qualité — Mesures en atelier

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

— **Moyenne** : $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ (somme des valeurs divisée par le nombre de valeurs)

— **Étendue** : $E = x_{\max} - x_{\min}$ (écart entre la plus grande et la plus petite valeur)

— **Fréquence** : $f = \frac{\text{effectif}}{\text{effectif total}}$ **Fréquence en %** : $f \times 100$

— **Tolérance** : une pièce est **conforme** si $\bar{x} - t \leq \text{mesure} \leq \bar{x} + t$

Exercice 1 — Contrôle de longueur de lattes MATHS MENUISERIE

Un menuisier découpe 20 lattes de bois à la scie radiale. La longueur cible est de **450 mm ± 1 mm** (tolérance). Il mesure chaque latte au pied à coulisse et relève les valeurs suivantes (en mm) :

448	450	451	449	450	452	450	449	451	450
450	448	451	450	449	450	451	450	449	450

1. Compléter le tableau des effectifs et fréquences.

Longueur (mm)	Effectif	Fréquence	Fréquence (%)
448			
449			
450			
451			
452			
Total			

2. Calculer la moyenne des longueurs mesurées.

3. Calculer l'étendue de la série.

4. Combien de lattes sont dans la tolérance [449 ; 451] ? Lesquelles sont hors tolérance ?

5. Quel pourcentage de lattes est conforme ? La qualité est-elle acceptable (norme : $\geq 90\%$) ?

Exercice 2 — Humidité des planches de chêne **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier reçoit une livraison de **15 planches de chêne**. Avant de les utiliser en menuiserie intérieure, il mesure le taux d'humidité de chaque planche avec un **hygromètre** (en %) :

9,2	10,1	8,8	9,5	11,3
9,8	10,4	9,1	9,6	8,9
10,0	9,3	12,1	9,7	9,4

Norme : pour une utilisation en menuiserie intérieure, l'humidité du bois doit être comprise entre **8 %** et **11 %**.

1. Ranger les 15 valeurs dans l'ordre croissant.

2. Calculer l'humidité moyenne de la livraison.

3. Calculer l'étendue de la série.

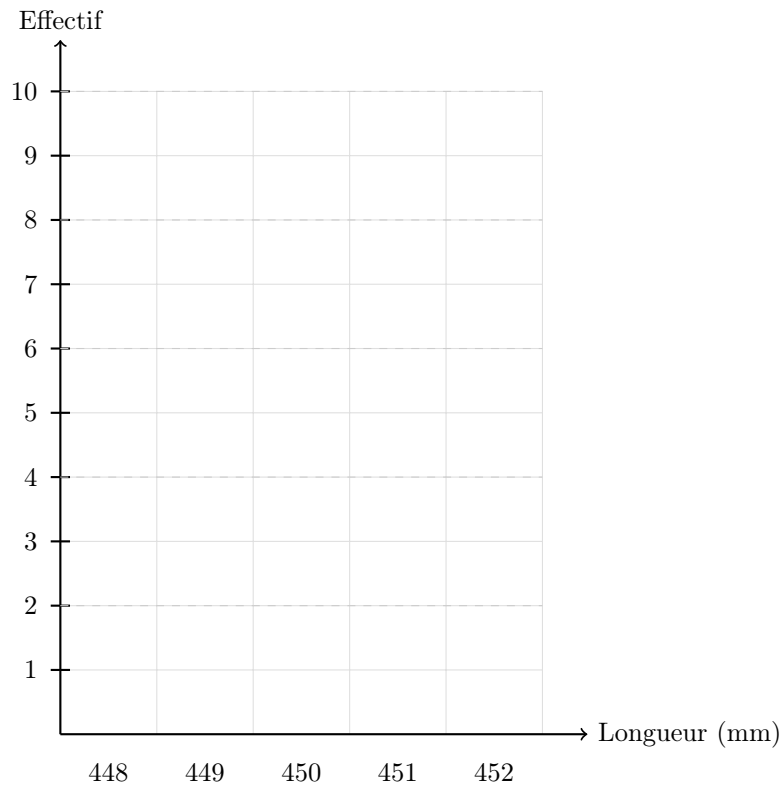
4. Identifier les planches dont l'humidité est **hors tolérance** ($> 11\%$). Indiquer leurs valeurs.

5. Quel pourcentage de planches est conforme ?

6. Le menuisier peut retourner les planches non conformes au fournisseur. Combien de planches retourne-t-il ?

Exercice 3 — Diagramme en bâtons **MATHS** **MENUISERIE**

1. À partir du tableau de l'exercice 1, tracer le **diagramme en bâtons** des effectifs sur le repère ci-dessous.



2. Quel est le **mode** de cette série statistique (la valeur la plus fréquente) ?

3. La distribution est-elle **symétrique** ? Justifier.

4. Si le menuisier règle sa scie pour couper **0,5 mm plus court**, quelle serait la nouvelle moyenne ?

5. Avec ce nouveau réglage, y aurait-il plus ou moins de lattes dans la tolérance $[449 ; 451]$? Expliquer.

Exercice 4 — Suivi de production sur 2 semaines **MATHS** **MENUISERIE**

Le chef d'atelier suit la production journalière d'un menuisier sur **10 jours ouvrés** (2 semaines). Il note chaque jour le nombre de pièces produites et le nombre de pièces conformes après contrôle qualité.

Jour	Pièces produites	Pièces conformes	Taux de conformité (%)
Lundi (S1)	45	42	
Mardi (S1)	52	48	
Mercredi (S1)	38	36	
Jeudi (S1)	55	50	
Vendredi (S1)	48	45	
Lundi (S2)	50	47	
Mardi (S2)	53	51	
Mercredi (S2)	40	38	
Jeudi (S2)	56	52	
Vendredi (S2)	49	46	
Total			

1. Calculer le nombre total de pièces produites et le nombre total de pièces conformes.

2. Calculer le **taux de conformité global** (en %).

3. Calculer le taux de conformité **pour chaque jour** et compléter la dernière colonne du tableau.

4. Quel jour a la **moins bonne qualité**? Le **meilleur**? Justifier.

5. Le client exige un taux de conformité $\geq 92\%$. L'atelier respecte-t-il cette exigence? Justifier.

Fin du livret — Bon travail!

Correction — Livret de Co-intervention

Mathématiques, Physique-Chimie & Menuiserie

Statistiques et contrôle qualité — Mesures en atelier

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Rappels : $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ $E = x_{\max} - x_{\min}$ $f = \frac{\text{effectif}}{\text{effectif total}}$

Exercice 1 — Contrôle de longueur de lattes

1. Tableau des effectifs et fréquences.

Comptage des 20 mesures : 448 apparaît **2** fois, 449 apparaît **4** fois, 450 apparaît **8** fois, 451 apparaît **4** fois, 452 apparaît **1** fois. Vérification : $2 + 4 + 8 + 4 + 1 = 19...$ **Recomptons.**

Valeurs : 448, 450, 451, 449, 450, 452, 450, 449, 451, 450, 450, 448, 451, 450, 449, 450, 451, 450, 449, 450.

- 448 : positions 1, 12 → **2**
- 449 : positions 4, 8, 15, 19 → **4**
- 450 : positions 2, 5, 7, 10, 11, 14, 16, 18, 20 → **9**
- 451 : positions 3, 9, 13, 17 → **4**
- 452 : position 6 → **1**

Vérification : $2 + 4 + 9 + 4 + 1 = 20$ ✓

Longueur (mm)	Effectif	Fréquence	Fréquence (%)
448	2	0,10	10
449	4	0,20	20
450	9	0,45	45
451	4	0,20	20
452	1	0,05	5
Total	20	1,00	100

Erreur fréquente

Pour calculer la fréquence, il faut diviser l'effectif de chaque valeur par l'**effectif total** (ici 20), et non par le nombre de valeurs différentes (ici 5). Par exemple : $f(450) = \frac{9}{20} = 0,45$ et non $\frac{9}{5}$.

2. Moyenne des longueurs.

Méthode

Calcul de la moyenne à partir d'un tableau de fréquences :

$$\bar{x} = \frac{n_1 \times x_1 + n_2 \times x_2 + \dots + n_k \times x_k}{n_{\text{total}}}$$

On multiplie chaque valeur par son effectif, on additionne, puis on divise par le total.

$$\bar{x} = \frac{448 \times 2 + 449 \times 4 + 450 \times 9 + 451 \times 4 + 452 \times 1}{20}$$

$$\bar{x} = \frac{896 + 1\,796 + 4\,050 + 1\,804 + 452}{20} = \frac{8\,998}{20} = \mathbf{449,9 \text{ mm}}$$

3. Étendue de la série.

$$E = x_{\max} - x_{\min} = 452 - 448 = \mathbf{4 \text{ mm}}$$

4. Lattes dans la tolérance [449; 451].

Valeurs dans [449; 451] : 449, 450 et 451.

Effectifs : $4 + 9 + 4 = \mathbf{17}$ lattes sont dans la tolérance.

Lattes hors tolérance : celles mesurant $\mathbf{448 \text{ mm}}$ (2 lattes, trop courtes) et $\mathbf{452 \text{ mm}}$ (1 latte, trop longue), soit 3 lattes.

5. Pourcentage de lattes conformes et qualité.

$$\text{Taux de conformité} : \frac{17}{20} \times 100 = \mathbf{85 \%}$$

$85 \% < 90 \%$: **la qualité n'est pas acceptable** selon la norme. Le menuisier doit vérifier le réglage de sa scie.

Exercice 2 — Humidité des planches de chêne

1. Valeurs dans l'ordre croissant.

$$\mathbf{8,8 - 8,9 - 9,1 - 9,2 - 9,3 - 9,4 - 9,5 - 9,6 - 9,7 - 9,8 - 10,0 - 10,1 - 10,4 - 11,3 - 12,1}$$

2. Humidité moyenne.

$$\bar{x} = \frac{9,2 + 10,1 + 8,8 + 9,5 + 11,3 + 9,8 + 10,4 + 9,1 + 9,6 + 8,9 + 10,0 + 9,3 + 12,1 + 9,7 + 9,4}{15}$$

$$\bar{x} = \frac{147,2}{15} \approx \mathbf{9,81 \%}$$

3. Étendue.

$$E = 12,1 - 8,8 = \mathbf{3,3 \%}$$

4. Planches hors tolérance ($> 11\%$).

Les planches dont l'humidité dépasse 11% sont :

— $\mathbf{11,3 \%}$ (1 planche)

— $\mathbf{12,1 \%}$ (1 planche)

Soit $\mathbf{2 \text{ planches}}$ hors tolérance.

5. Pourcentage de planches conformes.

Planches conformes : $15 - 2 = 13$

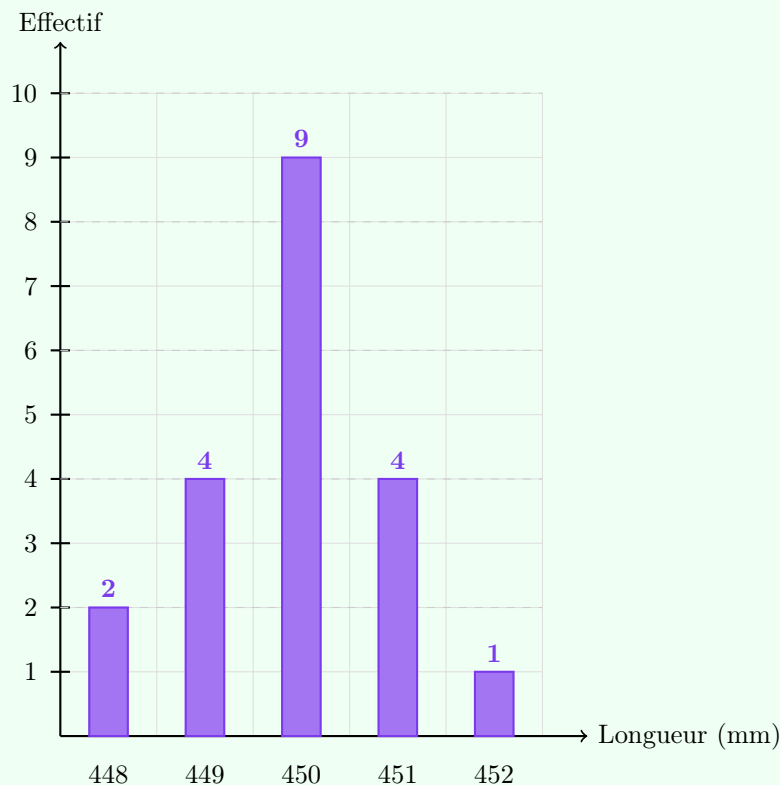
$$\text{Taux de conformité} : \frac{13}{15} \times 100 \approx \mathbf{86,7 \%}$$

6. Nombre de planches retournées.

Le menuisier retourne **2 planches** au fournisseur (celles à 11,3 % et 12,1 %).

Exercice 3 — Diagramme en bâtons

1. Diagramme en bâtons des effectifs (exercice 1).



2. Mode de la série.

Le mode est **450 mm** : c'est la valeur qui apparaît le plus souvent (effectif 9).

3. Symétrie de la distribution.

La distribution n'est **pas parfaitement symétrique**. À gauche du mode (448 et 449), on a $2+4 = 6$ lattes. À droite (451 et 452), on a $4+1 = 5$ lattes. Elle est légèrement décalée vers la gauche (plus de pièces courtes que longues). Toutefois, elle reste approximativement centrée autour de 450 mm.

4. Nouvelle moyenne après réglage $-0,5$ mm.

Si chaque latte est coupée $0,5$ mm plus court, chaque mesure diminue de $0,5$ mm.
Nouvelle moyenne : $\bar{x}' = 449,9 - 0,5 = \mathbf{449,4}$ mm

5. Impact sur la conformité.

Les nouvelles valeurs seraient : $447,5 - 448,5 - 449,5 - 450,5 - 451,5$.

Tolérance $[449; 451]$:

- $447,5$: hors tolérance (2 lattes)
- $448,5$: hors tolérance (4 lattes)
- $449,5$: conforme (9 lattes)
- $450,5$: conforme (4 lattes)
- $451,5$: hors tolérance (1 latte)

Conformes : $9 + 4 = 13$ sur 20, soit 65 %.

Non, il y aurait moins de lattes conformes (65 % au lieu de 85 %). Le réglage actuel est meilleur car la moyenne (449,9 mm) est déjà très proche de la cible (450 mm). Couper plus court éloignerait la moyenne de la cible.

Exercice 4 — Suivi de production sur 2 semaines

1. Totaux.

Total pièces produites : $45 + 52 + 38 + 55 + 48 + 50 + 53 + 40 + 56 + 49 = 486$

Total pièces conformes : $42 + 48 + 36 + 50 + 45 + 47 + 51 + 38 + 52 + 46 = 455$

2. Taux de conformité global.

$$\text{Taux} = \frac{455}{486} \times 100 \approx 93,6 \%$$

3. Taux de conformité journalier.

Jour	Produites	Conformes	Taux (%)
Lundi (S1)	45	42	93,3
Mardi (S1)	52	48	92,3
Mercredi (S1)	38	36	94,7
Jeudi (S1)	55	50	90,9
Vendredi (S1)	48	45	93,8
Lundi (S2)	50	47	94,0
Mardi (S2)	53	51	96,2
Mercredi (S2)	40	38	95,0
Jeudi (S2)	56	52	92,9
Vendredi (S2)	49	46	93,9

4. Meilleur et pire jour.

Pire jour : Jeudi (S1) avec un taux de 90,9 % (50/55). C'est aussi le jour avec le plus de pièces produites : la cadence élevée peut expliquer la baisse de qualité.

Meilleur jour : Mardi (S2) avec un taux de 96,2 % (51/53).

5. Respect de l'exigence client ($\geq 92\%$).

Taux global : $93,6\% \geq 92\% \rightarrow$ **Oui, l'atelier respecte l'exigence globalement.**

Cependant, le Jeudi (S1) est en dessous du seuil avec 90,9 %. Le chef d'atelier devrait surveiller les jours de forte production pour maintenir la qualité.

Erreur fréquente

Pour calculer le taux de conformité global, il ne faut **pas** faire la moyenne des taux journaliers ! Il faut diviser le **total** des pièces conformes par le **total** des pièces produites.

$$\text{Erreur : } \frac{93,3 + 92,3 + \dots + 93,9}{10} \leftarrow \text{FAUX}$$

$$\text{Correct : } \frac{455}{486} \times 100 = 93,6\% \leftarrow \mathbf{JUSTE}$$

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

MATHÉMATIQUES

MENUISERIE

Géométrie et équerrage — Vérifier un assemblage

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

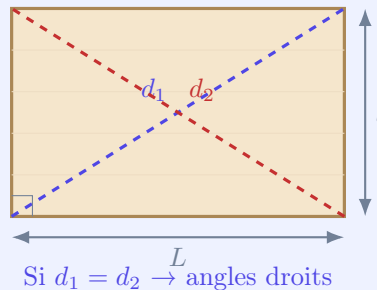
Classe : Date :

Rappels

- **Théorème de Pythagore** : dans un triangle rectangle, $c^2 = a^2 + b^2$
(c = hypoténuse, a et b = côtés de l'angle droit)
- **Réciproque** : si $c^2 = a^2 + b^2$, alors le triangle est rectangle en l'angle opposé à c
- **Diagonale d'un rectangle** : $d = \sqrt{L^2 + l^2}$
- **Méthode 3-4-5** : si les côtés mesurent 3, 4 et 5 (ou un multiple), l'angle est droit
car $3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 25 = 5^2$
- **Périmètre d'un rectangle** : $P = 2(L + l)$ **Aire** : $S = L \times l$

À savoir — L'équerrage en menuiserie

En menuiserie, un assemblage **d'équerre** signifie que l'angle entre deux pièces est exactement 90° . Pour vérifier l'équerrage sans équerre métallique, le menuisier utilise la **méthode des diagonales** : si les deux diagonales d'un rectangle sont égales, alors les angles sont droits. Pythagore permet de calculer la valeur théorique de ces diagonales.



Exercice 1 — Vérifier un cadre de porte MATHS MENUISERIE

Un menuisier assemble un **cadre de porte** rectangulaire. Les dimensions intérieures sont : largeur $L = 830$ mm et hauteur $l = 2040$ mm. Avant de fixer définitivement, il mesure les deux diagonales au mètre ruban.

1. Calculer la diagonale théorique $d = \sqrt{L^2 + l^2}$.

2. Le menuisier mesure $d_1 = 2202$ mm et $d_2 = 2198$ mm. Les diagonales sont-elles égales ?

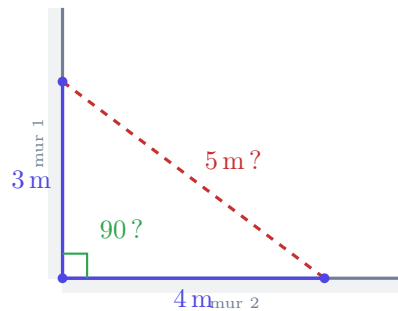
3. Calculer l'écart entre les deux diagonales : $|d_1 - d_2|$.

4. La tolérance admise pour un cadre de porte est de **2 mm**. Le cadre est-il d'équerre ? Justifier.

5. Si le menuisier avait mesuré $d_1 = 2210$ mm et $d_2 = 2190$ mm, le cadre serait-il conforme ?

Exercice 2 — La méthode 3-4-5 sur chantier **MATHS** **MENUISERIE**

Sur un chantier, le menuisier doit tracer un angle droit sur le sol pour poser un placard d'angle. Il n'a pas d'équerre assez grande. Il utilise la **méthode 3-4-5** : il mesure 3 m sur un mur, 4 m sur l'autre, et vérifie que la diagonale fait 5 m.



1. Vérifier par le calcul que le triangle 3-4-5 est bien rectangle : calculer $3^2 + 4^2$ et comparer à 5^2 .

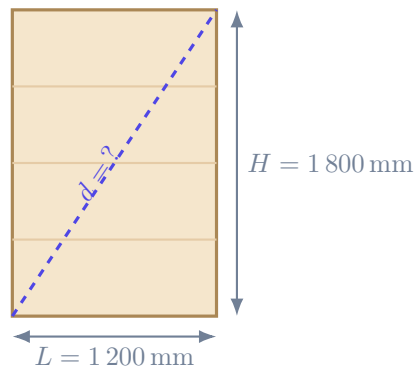
2. Le menuisier mesure en réalité : 3 m sur le mur 1, 4 m sur le mur 2, et la diagonale fait **4 980 mm**. L'angle est-il droit ? (Comparer avec la valeur théorique de 5 000 mm.)

3. Pour un placard plus petit, le menuisier utilise les mesures **600 mm**, **800 mm** et vérifie la diagonale. Quelle valeur théorique doit-il trouver ? (*Ce sont des multiples de 3-4-5.*)

4. Le menuisier veut tracer un angle droit avec un côté de **1 200 mm** et un autre de **1 600 mm**. Quelle diagonale doit-il viser ?

Exercice 3 — Vérifier une bibliothèque **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier fabrique une **bibliothèque** rectangulaire. Dimensions extérieures : largeur $L = 1\,200$ mm, hauteur $H = 1\,800$ mm, profondeur $P = 350$ mm. Avant de fixer le fond (panneau de fibre), il vérifie l'équerage en mesurant les diagonales de la face avant.



- Calculer la diagonale théorique de la face avant : $d = \sqrt{L^2 + H^2}$.

- Le menuisier mesure $d_1 = 2\,163$ mm et $d_2 = 2\,165$ mm. L'écart est-il acceptable (tolérance : 3 mm) ?

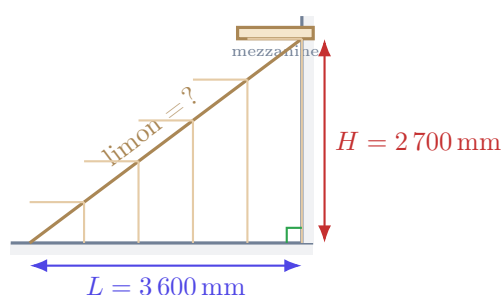
- Calculer le périmètre de la face avant.

- Calculer l'aire de la face avant en mm^2 , puis en m^2 .

- Le panneau de fond a les mêmes dimensions que la face avant. Il coûte **12 €/m²**. Calculer le prix du panneau.

Exercice 4 — Longueur d'un limon d'escalier **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier fabrique un **escalier droit** pour accéder à une mezzanine. La hauteur à franchir est $H = 2\,700$ mm. Le recul disponible au sol (la trémie) est $L = 3\,600$ mm. Le **limon** est la pièce de bois inclinée qui supporte les marches.



1. Calculer la longueur du limon $\ell = \sqrt{L^2 + H^2}$.

2. Le menuisier achète une planche de chêne de **5 000 mm** pour fabriquer le limon. La planche est-elle assez longue ? Quelle sera la chute ?

3. L'escalier comporte **15 marches**. Calculer la hauteur de chaque marche ($h = H/15$).

4. Le giron (profondeur de la marche) est $g = L/15$. Le calculer.

5. **Loi de Blondel** : pour un escalier confortable, on doit avoir $2h + g \approx 630$ mm (entre 600 et 650 mm). Vérifier que cet escalier est conforme.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie

Géométrie et équerrage — Vérifier un assemblage

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules clés : $d = \sqrt{L^2 + l^2}$ Méthode 3-4-5 : $3^2 + 4^2 = 5^2$ Blondel : $2h + g \approx 630$ mm

Exercice 1 — Vérifier un cadre de porte

Méthode

Équerrage par les diagonales : (1) Calculer $d = \sqrt{L^2 + l^2} \rightarrow$ (2) Mesurer les deux diagonales d_1 et $d_2 \rightarrow$ (3) Si $|d_1 - d_2| \leq$ tolérance, le cadre est d'équerre.

1. Diagonale théorique.

$$d = \sqrt{830^2 + 2040^2} = \sqrt{688\,900 + 4\,161\,600} = \sqrt{4\,850\,500} \approx \mathbf{2\,202,4 \text{ mm}}$$

2. Diagonales égales ?

$d_1 = 2\,202$ mm et $d_2 = 2\,198$ mm : **non, elles ne sont pas strictement égales.**

3. Écart.

$$|d_1 - d_2| = |2\,202 - 2\,198| = \mathbf{4 \text{ mm}}$$

4. Conforme ?

$4 \text{ mm} > 2 \text{ mm}$ (tolérance) : **le cadre n'est pas d'équerre.**

Le menuisier doit recaler le cadre en tapant légèrement sur un angle avec un maillet avant de le fixer.

5. Avec $d_1 = 2\,210$ et $d_2 = 2\,190$.

$|d_1 - d_2| = 20 \text{ mm} \gg 2 \text{ mm}$: **absolument pas conforme.** Le cadre est très déformé.

Erreur fréquente

Ne pas se contenter de comparer les diagonales entre elles : il faut aussi vérifier qu'elles sont **proches de la valeur théorique**. Si $d_1 = d_2 = 2\,000$ mm (égales mais fausses), le cadre a les bonnes proportions internes mais les dimensions sont mauvaises.

Exercice 2 — La méthode 3-4-5 sur chantier

1. Vérification 3-4-5.

$$3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 25 = 5^2 \quad \checkmark$$

Oui, le triangle est rectangle (réciproque du théorème de Pythagore).

2. Diagonale mesurée = 4 980 mm (théorique = 5 000 mm).

$$\hat{\text{Écart}} = 5\,000 - 4\,980 = 20 \text{ mm.}$$

L'angle n'est pas parfaitement droit — l'écart de 20 mm sur 5 m est significatif. Le menuisier doit recalculer son tracé.

3. Multiples de 3-4-5 : 600-800- ?

$$600 = 3 \times 200, 800 = 4 \times 200, \text{ donc diagonale} = 5 \times 200 = \mathbf{1\,000 \text{ mm}}$$

$$\text{Vérification : } \sqrt{600^2 + 800^2} = \sqrt{360\,000 + 640\,000} = \sqrt{1\,000\,000} = 1\,000 \quad \checkmark$$

4. 1 200-1 600- ?

$$1\,200 = 3 \times 400, 1\,600 = 4 \times 400, \text{ donc diagonale} = 5 \times 400 = \mathbf{2\,000 \text{ mm}}$$

Exercice 3 — Vérifier une bibliothèque

1. Diagonale de la face avant.

$$d = \sqrt{1\,200^2 + 1\,800^2} = \sqrt{1\,440\,000 + 3\,240\,000} = \sqrt{4\,680\,000} \approx \mathbf{2\,163,3\text{ mm}}$$

2. Écart acceptable ?

$$|d_1 - d_2| = |2\,163 - 2\,165| = 2\text{ mm}$$

$2 \leq 3$ (tolérance) : **oui, la bibliothèque est d'équerre.** On peut fixer le fond.

3. Périmètre.

$$P = 2(1\,200 + 1\,800) = 2 \times 3\,000 = \mathbf{6\,000\text{ mm} = 6\text{ m}}$$

4. Aire.

$$S = 1\,200 \times 1\,800 = 2\,160\,000\text{ mm}^2 = \mathbf{2,16\text{ m}^2}$$

(Conversion : diviser par 1 000 000 ou calculer directement $1,2 \times 1,8 = 2,16\text{ m}^2$.)

5. Prix du panneau de fond.

$$\text{Prix} = 2,16 \times 12 = \mathbf{25,92\text{ €}}$$

Exercice 4 — Longueur d'un limon d'escalier

1. Longueur du limon.

$$\ell = \sqrt{L^2 + H^2} = \sqrt{3\,600^2 + 2\,700^2} = \sqrt{12\,960\,000 + 7\,290\,000} = \sqrt{20\,250\,000} = \mathbf{4\,500\text{ mm}}$$

2. Planche de 5 000 mm suffisante ?

$5\,000 > 4\,500$: **oui, la planche est assez longue.**

$$\text{Chute} : 5\,000 - 4\,500 = \mathbf{500\text{ mm}}$$

3. Hauteur de marche.

$$h = \frac{2\,700}{15} = \mathbf{180\text{ mm}}$$

4. Giron.

$$g = \frac{3\,600}{15} = \mathbf{240\text{ mm}}$$

5. Loi de Blondel.

$$2h + g = 2 \times 180 + 240 = 360 + 240 = \mathbf{600\text{ mm}}$$

600 est la borne inférieure de la plage recommandée (600 à 650 mm) : **l'escalier est conforme**, mais juste à la limite. Un giron légèrement plus grand (par exemple 250 mm avec 14 marches) améliorerait le confort.

Erreur fréquente

Ne pas confondre la **hauteur de marche** h (distance verticale entre deux marches) et le **giron** g (profondeur horizontale). La loi de Blondel utilise les **deux** : $2h + g$, pas $h + g$.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

MATHÉMATIQUES

MENUISERIE

Optimisation de découpe — Minimiser les chutes

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

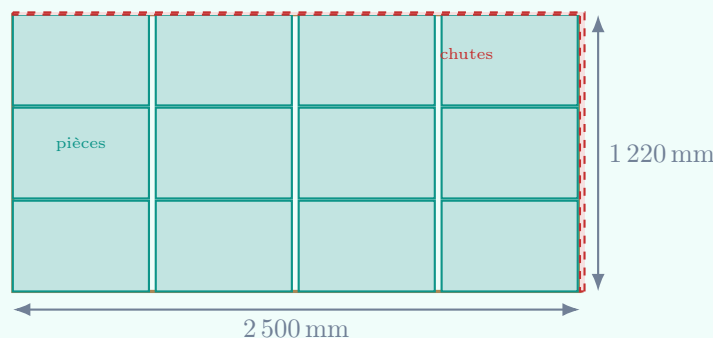
Classe : Date :

Rappels

- Aire d'un rectangle : $S = L \times l$
- Pourcentage de chute : $\%_{\text{chute}} = \frac{S_{\text{chutes}}}{S_{\text{panneau}}} \times 100$
- Nombre de pièces par rangée : $n = \left\lfloor \frac{L_{\text{panneau}}}{L_{\text{pièce}}} \right\rfloor$ (partie entière inférieure)
- Trait de scie : épaisseur ≈ 3 mm (toujours à prendre en compte dans les calculs)

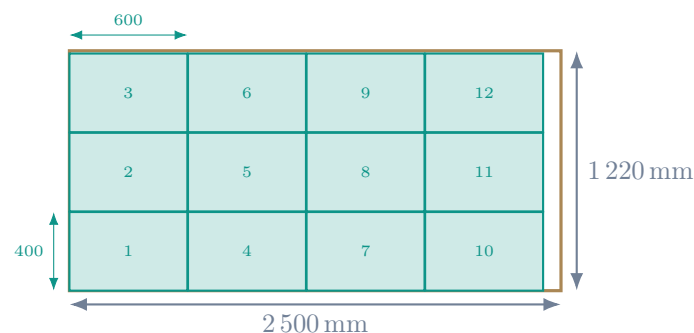
À savoir — Le calepinage en menuiserie

Le **calepinage** est le plan de découpe qui organise la disposition des pièces sur un panneau pour **minimiser les chutes**. En menuiserie, les panneaux standard ($2\,500 \times 1\,220$ mm ou $2\,800 \times 1\,220$ mm) coûtent entre 25 et 45 € selon le matériau. Chaque panneau gaspillé augmente le coût du meuble. Un bon calepinage permet d'économiser **10 à 20 %** de matière première.



Exercice 1 — Découpe simple **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier doit découper des pièces de **600 mm** × **400 mm** dans un panneau standard de **2 500 mm** × **1 220 mm**. Le trait de scie fait **3 mm** d'épaisseur.



1. Combien de pièces peut-on placer **sur la longueur** du panneau? (Penser au trait de scie : chaque pièce occupe $600 + 3 = 603$ mm.)

2. Combien de pièces peut-on placer **sur la largeur** du panneau ? (Chaque pièce occupe $400 + 3 = 403$ mm.)

3. Combien de pièces obtient-on **au total** par panneau ?

4. Calculer l'aire totale des pièces découpées, puis l'aire du panneau.

5. Calculer le **pourcentage de chute**.

Exercice 2 — Deux tailles de pièces **MATHS** **MENUISERIE**

Le menuisier doit découper dans des panneaux de **2 500 mm × 1 220 mm** (28 € le panneau) :

— **12 étagères** de 500 mm × 300 mm

— **4 côtés** de 800 mm × 400 mm

Le trait de scie fait 3 mm.

1. Combien d'étagères (503 mm × 303 mm avec trait de scie) peut-on placer sur un panneau ? Détailler le nombre sur la longueur et sur la largeur.

2. Après avoir découpé les étagères, reste-t-il assez de place sur le même panneau pour placer des côtés (803 mm × 403 mm) ?

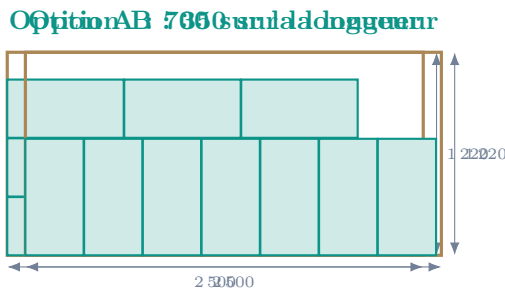
3. Combien de panneaux faut-il au total pour découper toutes les pièces ?

4. Calculer le **coût total** des panneaux.

5. Calculer l'aire totale des chutes et le **pourcentage de chute** global.

Exercice 3 — Optimiser l'orientation **MATHS** **MENUISERIE**

Le menuisier doit découper **20 pièces** de **700 mm × 350 mm** dans des panneaux de **2 500 mm × 1 220 mm** (28 € le panneau). Il compare deux orientations. Le trait de scie fait 3 mm.



1. **Option A** (700 mm sur la longueur) : combien de pièces par rangée ? Combien de rangées ? Total par panneau ?

2. **Option B** (350 mm sur la longueur, pièce tournée de 90°) : combien de pièces par rangée ? Combien de rangées ? Total par panneau ?

3. Quelle option donne le **plus de pièces** par panneau ?

4. Combien de panneaux faut-il pour 20 pièces avec chaque option ?

5. Calculer la **différence de coût** entre les deux options (panneaux à 28 €).

Exercice 4 — Calepinage d'une cuisine **MATHS** **MENUISERIE**

Un menuisier doit fabriquer des éléments de cuisine. Voici la liste des pièces à découper :

Pièce	Dimensions (mm)	Quantité
Côté haut	720 × 580	6
Côté bas	870 × 580	4
Étagère	568 × 380	12
Fond	720 × 568	3

Panneaux : **2 800 mm × 1 220 mm** en mélaminé à **32 € le panneau**. Trait de scie : 3 mm.

1. Calculer l'**aire totale** de toutes les pièces à découper.

2. Calculer l'aire d'un panneau.

3. Quel est le **nombre minimal théorique** de panneaux? (Diviser l'aire totale par l'aire d'un panneau et arrondir à l'entier supérieur.)

4. En pratique, le menuisier a besoin de **5 panneaux** (contraintes de placement). Calculer le **pourcentage de chute réel**.

5. Calculer le coût total. Si le menuisier avait gaspillé **1 panneau supplémentaire**, combien aurait-il payé en plus?

Fin du livret — Bon travail!

Correction — Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie

Optimisation de découpe — Minimiser les chutes

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules clés : $S = L \times l$ $\%_{\text{chute}} = \frac{S_{\text{chutes}}}{S_{\text{panneau}}} \times 100$ $n = \left\lfloor \frac{L_{\text{panneau}}}{L_{\text{pièce}} + 3} \right\rfloor$ (trait de scie = 3 mm)

Exercice 1 — Découpe simple

Erreur fréquente

Oublier le trait de scie. Beaucoup d'élèves divisent directement $2\,500 \div 600 = 4,16$ et trouvent 4 pièces. Or chaque découpe consomme 3 mm supplémentaires : il faut diviser par $600 + 3 = 603$ mm.

1. Pièces sur la longueur.

Chaque pièce occupe $600 + 3 = 603$ mm (pièce + trait de scie).

$$\frac{2\,500}{603} = 4,14\dots \quad \text{On prend la partie entière : } \mathbf{4 \text{ pièces sur la longueur.}}$$

2. Pièces sur la largeur.

Chaque pièce occupe $400 + 3 = 403$ mm.

$$\frac{1\,220}{403} = 3,02\dots \quad \text{Partie entière : } \mathbf{3 \text{ pièces sur la largeur.}}$$

3. Total par panneau.

$$4 \times 3 = \mathbf{12 \text{ pièces par panneau.}}$$

4. Aires.

$$\text{Aire d'une pièce : } 600 \times 400 = 240\,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire totale des 12 pièces : } 12 \times 240\,000 = \mathbf{2\,880\,000 \text{ mm}^2}$$

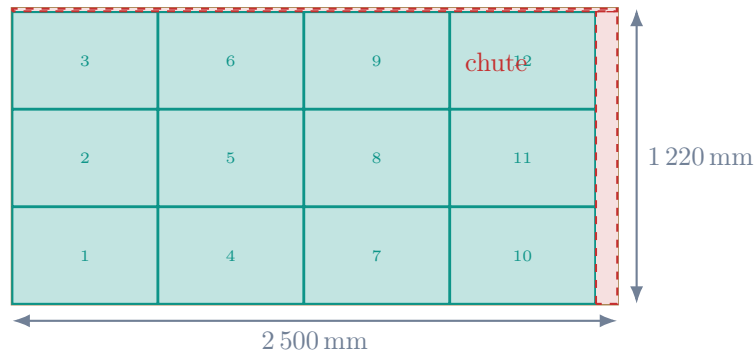
$$\text{Aire du panneau : } 2\,500 \times 1\,220 = \mathbf{3\,050\,000 \text{ mm}^2}$$

5. Pourcentage de chute.

$$\text{Aire des chutes : } 3\,050\,000 - 2\,880\,000 = 170\,000 \text{ mm}^2$$

$$\%_{\text{chute}} = \frac{170\,000}{3\,050\,000} \times 100 = \mathbf{5,6 \%}$$

C'est un très bon rendement : moins de 6% de chute.



Exercice 2 — Deux tailles de pièces

Méthode

Calepinage systématique :

- (1) Calculer la dimension occupée par chaque pièce (+ 3 mm de trait de scie).
- (2) Placer d'abord les plus grandes pièces.
- (3) Remplir les espaces restants avec les petites pièces.
- (4) Compter les panneaux nécessaires et calculer les chutes.

1. Étagères sur un panneau.

Dimension avec trait de scie : 503×303 mm.

Sur la longueur : $\lfloor 2500 \div 503 \rfloor = \lfloor 4,97 \rfloor = 4$

Sur la largeur : $\lfloor 1220 \div 303 \rfloor = \lfloor 4,03 \rfloor = 4$

Total : $4 \times 4 = 16$ étagères par panneau.

On a besoin de 12 étagères : **un seul panneau suffit** (il en reste 4 en surplus).

2. Place pour les côtés sur le même panneau ?

Après 12 étagères (3 rangées de 4), la zone utilisée occupe :

Hauteur : $3 \times 303 = 909$ mm. Il reste : $1220 - 909 = 311$ mm en largeur.

Un côté mesure 803×403 mm. La bande restante fait 311 mm de large : $311 < 403$ mm.

Non, on ne peut pas placer de côtés dans la bande restante.

Note : On pourrait aussi regarder si un côté tient dans l'espace à droite des étagères (longueur restante = $2500 - 4 \times 503 = 488$ mm). Mais $488 < 803$: non plus.

3. Nombre total de panneaux.

Panneau 1 : 12 étagères (3 rangées \times 4 colonnes). ✓

Côtés : 803×403 mm. Sur un nouveau panneau :

Sur la longueur : $\lfloor 2500 \div 803 \rfloor = 3$

Sur la largeur : $\lfloor 1220 \div 403 \rfloor = 3$

Total : $3 \times 3 = 9$ côtés possibles. On en veut 4 : un panneau suffit.

Panneau 2 : 4 côtés. ✓

Il faut 2 panneaux au total.

4. Coût total.

$$2 \times 28 = 56 \text{ €}$$

5. Chutes.

Aire totale des pièces :

$$\text{Étagères} : 12 \times 500 \times 300 = 1\,800\,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Côtés} : 4 \times 800 \times 400 = 1\,280\,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total pièces} : 1\,800\,000 + 1\,280\,000 = 3\,080\,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire de 2 panneaux} : 2 \times 2\,500 \times 1\,220 = 6\,100\,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chutes} : 6\,100\,000 - 3\,080\,000 = 3\,020\,000 \text{ mm}^2$$

$$\%_{\text{chute}} = \frac{3\,020\,000}{6\,100\,000} \times 100 \approx \mathbf{49,5\%}$$

Près de la moitié de la matière est perdue. Un meilleur calepinage (mixer les deux tailles sur un même panneau) pourrait réduire ce gaspillage.

Exercice 3 — Optimiser l'orientation

1. Option A : 700 mm sur la longueur.

Dimension avec scie : 703×353 mm.

Pièces par rangée (longueur) : $\lfloor 2\,500 \div 703 \rfloor = \lfloor 3,56 \rfloor = 3$

Rangées (largeur) : $\lfloor 1\,220 \div 353 \rfloor = \lfloor 3,46 \rfloor = 3$

Total : $3 \times 3 = 9$ pièces par panneau (option A).

2. Option B : 350 mm sur la longueur (rotation 90°).

Dimension avec scie : 353×703 mm.

Pièces par rangée (longueur) : $\lfloor 2\,500 \div 353 \rfloor = \lfloor 7,08 \rfloor = 7$

Rangées (largeur) : $\lfloor 1\,220 \div 703 \rfloor = \lfloor 1,74 \rfloor = 1$

Total : $7 \times 1 = 7$ pièces par panneau (option B).

3. Meilleure option.

$9 > 7$: **l'option A est meilleure** (9 pièces contre 7 par panneau).

4. Nombre de panneaux pour 20 pièces.

Option A : $\lceil 20 \div 9 \rceil = \lceil 2,22 \rceil = 3$ panneaux

(2 panneaux donnent 18 pièces, il en manque 2 \Rightarrow 3^e panneau)

Option B : $\lceil 20 \div 7 \rceil = \lceil 2,86 \rceil = 3$ panneaux

(2 panneaux donnent 14 pièces, il en manque 6 \Rightarrow 3^e panneau)

Erreur fréquente

Arrondir vers le bas au lieu du haut. Pour le nombre de panneaux, on arrondit toujours à l'entier supérieur : on ne peut pas acheter une fraction de panneau ! Si $20 \div 9 = 2,22$, il faut 3 panneaux, pas 2.

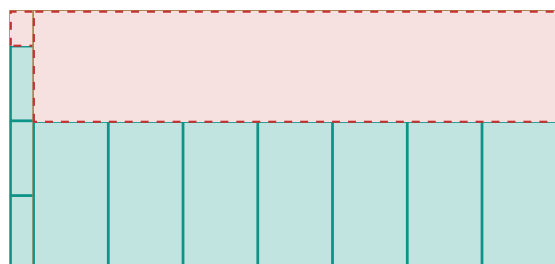
5. Différence de coût.

Les deux options nécessitent 3 panneaux : $3 \times 28 = 84$ € dans les deux cas.

Pas de différence de coût pour 20 pièces.

Cependant, avec l'option A, le 3^e panneau ne sert qu'à 2 pièces (beaucoup de chute), tandis qu'avec l'option B il sert à 6 pièces. L'option A laisse plus de place libre sur le 3^e panneau pour d'éventuelles autres pièces.

Option A 9 pièces/panneau



Exercice 4 — Calepinage d'une cuisine

1. Aire totale des pièces.

Côtés hauts : $6 \times 720 \times 580 = 6 \times 417\,600 = 2\,505\,600 \text{ mm}^2$
 Côtés bas : $4 \times 870 \times 580 = 4 \times 504\,600 = 2\,018\,400 \text{ mm}^2$
 Étagères : $12 \times 568 \times 380 = 12 \times 215\,840 = 2\,590\,080 \text{ mm}^2$
 Fonds : $3 \times 720 \times 568 = 3 \times 409\,056 = 1\,227\,168 \text{ mm}^2$
 Total : $2\,505\,600 + 2\,018\,400 + 2\,590\,080 + 1\,227\,168 = \mathbf{8\,341\,248 \text{ mm}^2}$
 Soit $\mathbf{8,34 \text{ m}^2}$ (en divisant par 1 000 000).

2. Aire d'un panneau.

$$S_{\text{panneau}} = 2\,800 \times 1\,220 = \mathbf{3\,416\,000 \text{ mm}^2} = 3,416 \text{ m}^2$$

3. Nombre minimal théorique de panneaux.

$$\frac{8\,341\,248}{3\,416\,000} = 2,44\dots$$

Arrondi à l'entier supérieur : **3 panneaux minimum en théorie.**

Attention : ce calcul suppose un remplissage parfait, ce qui est rarement possible en pratique.

4. Pourcentage de chute réel (5 panneaux).

$$\text{Aire de 5 panneaux} : 5 \times 3\,416\,000 = 17\,080\,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chutes} : 17\,080\,000 - 8\,341\,248 = 8\,738\,752 \text{ mm}^2$$

$$\%_{\text{chute}} = \frac{8\,738\,752}{17\,080\,000} \times 100 \approx \mathbf{51,2 \%}$$

Plus de la moitié de la matière est perdue. C'est un taux élevé, mais inévitable avec des pièces de tailles variées. Un logiciel de calepinage pourrait optimiser le placement.

5. Coût total et surcoût.

$$\text{Coût total} : 5 \times 32 = \mathbf{160 \text{ €}}$$

$$\text{Avec 1 panneau supplémentaire (6 panneaux)} : 6 \times 32 = 192 \text{ €}$$

$$\text{Surcoût} : 192 - 160 = \mathbf{32 \text{ €}}$$
 (le prix d'un panneau).

C'est 20 % de surcoût pour un seul panneau gaspillé. D'où l'importance du calepinage!

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Forces et équilibre — Fixer, supporter, serrer

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Poids** : $P = m \times g$ (m en kg, $g = 10 \text{ N/kg}$, P en newtons N)
- **Condition d'équilibre** : un objet est en équilibre si la somme des forces est nulle
- **Répartition** : si un objet repose sur n appuis identiques, chaque appui supporte P/n
- **Pression** : $p = F/S$ (F en N, S en m^2 , p en pascals Pa)
- **Conversion** : $1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$

À savoir — Forces et menuiserie

En menuiserie, les forces interviennent partout : le **poids** d'un meuble mural tire sur les fixations, une **étagère chargée** fléchit sous la charge, un **serre-joint** exerce une pression sur le bois pendant le collage. Savoir calculer ces forces permet de **choisir les bonnes fixations** et d'éviter les accidents.

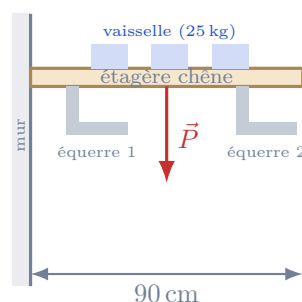
Exercice 1 — Fixer une étagère murale

PHYSIQUE-CHIMIE

MENUISERIE

MATHS

Un menuisier fixe une étagère murale en chêne dans une cuisine. L'étagère pèse **12 kg** à vide. Le client souhaite y ranger de la vaisselle pour une masse totale de **25 kg**. Le menuisier utilise des **équerres de fixation** vissées dans le mur.



1. Calculer la masse totale m (étagère + vaisselle).

.....

2. Calculer le poids total $P = m \times g$ en newtons.

.....

3. L'étagère est fixée par **2 équerres**. Quelle force chaque équerre supporte-t-elle ?

.....

4. Chaque équerre est maintenue par **2 vis**. Quelle force chaque vis supporte-t-elle ?

.....

5. Les vis utilisées supportent au maximum **120 N** en arrachement dans du béton. Les vis sont-elles adaptées? Justifier.

Exercice 2 — Charge maximale

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Le fabricant indique que chaque équerre supporte une charge maximale de **250 N**. Le menuisier doit indiquer au client la **masse maximale** que l'étagère peut porter.

1. L'étagère est fixée par 2 équerres. Quelle est la force maximale totale supportée?

2. En déduire la masse maximale totale (étagère + contenu) que le système peut supporter.
Rappel : $P = m \times g \Rightarrow m = P/g$

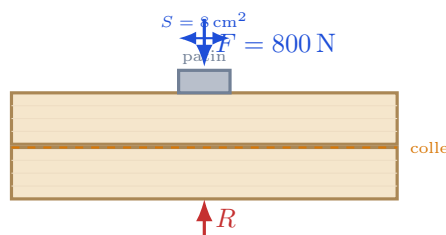
3. L'étagère pèse 12 kg. Quelle est la masse maximale de **contenu** que le client peut poser?

4. Le client souhaite ranger **8 assiettes de 650 g** et **6 bols de 400 g**. Calculer la masse totale. L'étagère tient-elle?

5. Si le menuisier ajoute une **3^e équerre** au milieu, quelle devient la nouvelle masse maximale de contenu?

Exercice 3 — Pression de serrage
PHYSIQUE-CHIMIE
MATHS
MENUISERIE

Lors d'un collage, le menuisier utilise un **serre-joint** pour maintenir deux pièces de bois en contact. Le serre-joint exerce une force de $F = 800 \text{ N}$. Le patin du serre-joint a une surface de contact de $S = 8 \text{ cm}^2$.



- Convertir la surface $S = 8 \text{ cm}^2$ en m^2 .

- Calculer la pression exercée par le serre-joint : $p = F/S$ (en Pa).

- Convertir cette pression en bars.

- Pour le collage du chêne, la pression recommandée est de $p_{\min} = 6 \text{ bars}$. Le serrage est-il suffisant ?

- Si le menuisier remplace le patin par un plus large ($S' = 12 \text{ cm}^2$), que devient la pression ? Est-ce toujours suffisant ?

Exercice 4 — Stockage de panneaux sur un rack
PHYSIQUE-CHIMIE
MATHS
MENUISERIE

Le menuisier stocke des panneaux de contreplaqué sur un **rack métallique**. Chaque panneau mesure $2500 \text{ mm} \times 1220 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ et est en peuplier ($\rho = 390 \text{ kg/m}^3$). Le rack a **3 niveaux**, chacun supportant au maximum **800 N**.

- Calculer le volume d'un panneau en m^3 .

- Calculer la masse d'un panneau ($m = \rho \times V$).

- Calculer le poids d'un panneau.

4. Combien de panneaux peut-on empiler sur **un niveau** du rack sans dépasser 800 N ?

5. Le menuisier a reçu **25 panneaux**. Peut-il tous les ranger sur les 3 niveaux du rack ? Justifier.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Forces et équilibre — Fixer, supporter, serrer

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules clés : $P = m \times g$ $p = F/S$ $m = \rho \times V$ $g = 10 \text{ N/kg}$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$

Exercice 1 — Fixer une étagère murale

Méthode

Pour tout problème de fixation : **(1)** Calculer la masse totale → **(2)** Calculer le poids $P = m \times g$ → **(3)** Répartir sur les fixations → **(4)** Comparer à la charge maximale.

1. Masse totale.

$$m = 12 + 25 = \mathbf{37 \text{ kg}}$$

2. Poids total.

$$P = 37 \times 10 = \mathbf{370 \text{ N}}$$

3. Force par équerre.

$$F_{\text{équerre}} = \frac{370}{2} = \mathbf{185 \text{ N}}$$

4. Force par vis.

$$\text{Chaque équerre a 2 vis : } F_{\text{vis}} = \frac{185}{2} = \mathbf{92,5 \text{ N}}$$

5. Vis adaptées ?

Chaque vis supporte 92,5 N et la charge maximale est 120 N.

92,5 < 120 : **oui, les vis sont adaptées.**

Marge de sécurité : $120 - 92,5 = 27,5 \text{ N}$ soit environ 30 % de marge.

Exercice 2 — Charge maximale

1. Force maximale totale.

$$F_{\text{max}} = 2 \times 250 = \mathbf{500 \text{ N}}$$

2. Masse maximale totale.

$$m_{\text{max}} = \frac{500}{10} = \mathbf{50 \text{ kg}}$$

3. Masse maximale de contenu.

$$m_{\text{contenu}} = 50 - 12 = \mathbf{38 \text{ kg}}$$

4. Vaisselle du client.

$$m = 8 \times 0,650 + 6 \times 0,400 = 5,2 + 2,4 = \mathbf{7,6 \text{ kg}}$$

$7,6 < 38$: **oui, l'étagère tient largement.**

5. Avec 3 équerres.

$$F_{\max} = 3 \times 250 = 750 \text{ N} \Rightarrow m_{\max} = 75 \text{ kg} \Rightarrow m_{\text{contenu}} = 75 - 12 = \mathbf{63 \text{ kg}}$$

Erreur fréquente

Ne pas oublier de **retrancher la masse de l'étagère** pour trouver la charge utile. La masse maximale totale inclut l'étagère elle-même.

Exercice 3 — Pression de serrage

1. Conversion de S .

$$S = 8 \text{ cm}^2 = 8 \times 0,0001 = \mathbf{0,0008 \text{ m}^2}$$

2. Pression.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{800}{0,0008} = \mathbf{1\,000\,000 \text{ Pa}}$$

3. Conversion en bars.

$$p = \frac{1\,000\,000}{100\,000} = \mathbf{10 \text{ bars}}$$

4. Suffisant pour le collage ?

$10 > 6$: **oui, le serrage est suffisant.**
On a même une marge de 4 bars au-dessus du minimum.

5. Avec un patin plus large ($S' = 12 \text{ cm}^2 = 0,0012 \text{ m}^2$).

$$p' = \frac{800}{0,0012} = \mathbf{666\,667 \text{ Pa} \approx 6,7 \text{ bars}}$$

$6,7 > 6$: **oui, c'est encore suffisant**, mais de justesse. Un patin trop large réduit la pression.

Erreur fréquente

Attention à la conversion $\text{cm}^2 \rightarrow \text{m}^2$: $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ (et non 10^{-2}). C'est une erreur très fréquente. Penser : $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$ donc $1 \text{ cm}^2 = (0,01)^2 = 0,0001 \text{ m}^2$.

Exercice 4 — Stockage de panneaux sur un rack

1. Volume d'un panneau.

$$V = 2,500 \times 1,220 \times 0,018 = \mathbf{0,0549 \text{ m}^3}$$

(Convertir les mm en m avant de multiplier.)

2. Masse d'un panneau.

$$m = \rho \times V = 390 \times 0,0549 = \mathbf{21,4 \text{ kg}}$$

3. Poids d'un panneau.

$$P = 21,4 \times 10 = \mathbf{214 \text{ N}}$$

4. Nombre de panneaux par niveau.

$$n = \frac{800}{214} = 3,74$$

On arrondit à l'entier inférieur : **3 panneaux par niveau** (4 panneaux donneraient $4 \times 214 = 856 \text{ N} > 800 \text{ N}$).

5. 25 panneaux sur 3 niveaux ?

Capacité totale : $3 \times 3 = 9$ panneaux.

$9 < 25$: **non, le rack ne peut pas contenir les 25 panneaux.**

Il manque de la place pour $25 - 9 = 16$ panneaux. Il faudrait un deuxième rack, ou des niveaux plus résistants ($25/3 \approx 9$ panneaux par niveau, soit $9 \times 214 = 1926 \text{ N}$ de capacité nécessaire par niveau).

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Pression et hydraulique — Presse à plaquer, serre-joints, vérin

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Pression** : $p = F/S$ (F en N, S en m^2 , p en pascals Pa)
- **Conversions** : $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 10 \text{ N/cm}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$
- **Principe de Pascal** : dans un système hydraulique, la pression est la même en tout point du fluide
- **Multiplication des forces** : $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$ (la force est amplifiée dans le rapport des surfaces)
- **Aire d'un disque** : $S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ (d = diamètre)

À savoir — Pression et hydraulique en menuiserie

En menuiserie, la **presse hydraulique** est utilisée pour le **placage** (collage de feuilles de bois précieux sur un panneau support) et le **stratifié**. Le principe est simple : une pompe exerce une force sur un petit piston, et le fluide transmet cette pression à un grand piston qui appuie sur la pièce. Grâce à la **multiplication des forces**, une faible force sur la pompe produit une force considérable sur le plateau. La **pression de serrage** doit être bien contrôlée : trop faible, la colle ne prend pas ; trop forte, elle est chassée et le joint est fragile.

Exercice 1 — Pression d'un serre-joint

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Un menuisier colle deux pièces de chêne massif. Il utilise un **serre-joint** qui exerce une force de $F = 500 \text{ N}$. Le patin du serre-joint a une surface de contact de $S = 6 \text{ cm}^2$.

1. Convertir la surface $S = 6 \text{ cm}^2$ en m^2 .

2. Calculer la pression exercée par le serre-joint : $p = F/S$ (en Pa).

3. Convertir cette pression en bars.

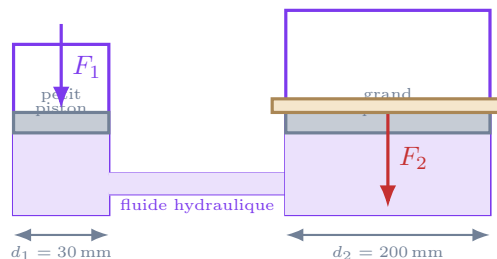
4. La pression recommandée pour le collage du chêne est de **8 bars**. Le serrage est-il suffisant ? Justifier.

5. Quelle force F' faudrait-il exercer pour atteindre exactement 8 bars avec ce même patin de 6 cm^2 ?

Exercice 2 — Presse hydraulique à plaquer
PHYSIQUE-CHIMIE
MATHS
MENUISERIE

L'atelier de menuiserie dispose d'une **presse hydraulique** pour le placage de panneaux.

- Petit piston (pompe) : diamètre $d_1 = 30$ mm
- Grand piston (plateau) : diamètre $d_2 = 200$ mm
- Force exercée sur le petit piston : $F_1 = 150$ N



1. Calculer l'aire du petit piston $S_1 = \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2$ et l'aire du grand piston $S_2 = \pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2$ (en m²).

2. Calculer la pression dans le système hydraulique : $p = F_1/S_1$ (en Pa, puis en bars).

3. En déduire la force exercée par le grand piston : $F_2 = p \times S_2$.

4. Calculer le facteur de multiplication F_2/F_1 . Que constatez-vous ?

5. Le plateau de la presse mesure 600 mm × 400 mm. Calculer la pression appliquée sur le placage (en Pa, puis en bars).

Exercice 3 — Combien de serre-joints ? MATHS MENUISERIE

Un menuisier colle un panneau de dimensions **1 200 mm × 600 mm**. La pression minimale recommandée pour le collage est de **6 bars** soit 60 N/cm^2 . Chaque serre-joint exerce une force de **800 N** à travers un patin de surface $S = 10 \text{ cm}^2$.

- Calculer la pression exercée par chaque serre-joint (en N/cm^2 , puis en bars).

- Calculer la force totale nécessaire sur tout le panneau : $F_{\text{tot}} = p_{\text{min}} \times S_{\text{panneau}}$.
Indication : exprimer S_{panneau} en cm^2 .

- En déduire le nombre minimum de serre-joints nécessaires.

- Le menuisier les dispose tous les 150 mm le long de la longueur (1 200 mm). Combien de rangées obtient-il ?

- Avec 2 serre-joints par rangée, quel est le nombre total ? Est-ce suffisant ?

Exercice 4 — Devis vérin hydraulique MATHS MENUISERIE

Le menuisier souhaite équiper sa presse d'un **vérin hydraulique**. Il compare deux modèles :

Vérin	Diamètre piston	Force max	Course	Prix HT
A	80 mm	25 kN	200 mm	380 €
B	100 mm	40 kN	150 mm	520 €

Le menuisier doit exercer une pression de **8 bars** sur un plateau de **0,5 m²**.

- Calculer l'aire du piston de chaque vérin (en m^2).

- Calculer la pression maximale que chaque vérin peut produire (en Pa).

- Convertir ces pressions en bars.

- Quelle force est nécessaire pour exercer 8 bars sur une surface de $0,5 \text{ m}^2$? Quel vérin convient ?

5. Calculer le prix TTC de chaque vérin (TVA 20%). Quel est le surcoût du vérin B?

Fin du livret — Bon travail!

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Pression et hydraulique — Presse à plaquer, serre-joints, vérin

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules clés : $p = F/S$ $F_2/F_1 = S_2/S_1$ $S = \pi(d/2)^2$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$ $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$

Exercice 1 — Pression d'un serre-joint

Méthode

Pour tout problème de pression : **(1)** Convertir les unités ($\text{cm}^2 \rightarrow \text{m}^2$) \rightarrow **(2)** Appliquer $p = F/S \rightarrow$ **(3)** Convertir en bars si demandé \rightarrow **(4)** Comparer à la valeur recommandée.

1. Conversion de S .

$$S = 6 \text{ cm}^2 = 6 \times 10^{-4} = \mathbf{0,0006 \text{ m}^2}$$

2. Pression exercée.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{500}{0,0006} = \mathbf{833\,333 \text{ Pa}}$$

3. Conversion en bars.

$$p = \frac{833\,333}{100\,000} \approx \mathbf{8,3 \text{ bars}}$$

4. Suffisant pour le collage du chêne ?

$8,3 > 8$: **oui, le serrage est suffisant.**

La marge est faible (0,3 bar), mais la pression minimale est atteinte.

5. Force nécessaire pour atteindre exactement 8 bars.

8 bars = 800 000 Pa

$$F' = p \times S = 800\,000 \times 0,0006 = \mathbf{480 \text{ N}}$$

Vérification : avec la méthode rapide en N/cm^2 : 8 bars = $80 \text{ N}/\text{cm}^2$ donc $F' = 80 \times 6 = 480 \text{ N}$. ✓

Erreur fréquente

Attention à la conversion $\text{cm}^2 \rightarrow \text{m}^2$: $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ (et non 10^{-2}).

Penser : $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$ donc $1 \text{ cm}^2 = (0,01)^2 = 0,0001 \text{ m}^2$.

Exercice 2 — Presse hydraulique à plaquer

1. Aires des pistons.

$$d_1 = 30 \text{ mm} = 0,030 \text{ m} \quad d_2 = 200 \text{ mm} = 0,200 \text{ m}$$

$$S_1 = \pi \left(\frac{0,030}{2} \right)^2 = \pi \times (0,015)^2 = \pi \times 0,000225 \approx \mathbf{7,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$S_2 = \pi \left(\frac{0,200}{2} \right)^2 = \pi \times (0,100)^2 = \pi \times 0,01 \approx 3,14 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Erreur fréquente

Attention : le diamètre n'est pas le rayon ! Il faut **diviser le diamètre par 2** avant de mettre au carré.

Erreur typique : $S = \pi \times d^2$ au lieu de $S = \pi \times (d/2)^2$.

2. Pression dans le système.

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{150}{7,07 \times 10^{-4}} \approx 212\,164 \text{ Pa} \approx 2,12 \text{ bars}$$

3. Force sur le grand piston.

$$F_2 = p \times S_2 = 212\,164 \times 3,14 \times 10^{-2} \approx 6\,662 \text{ N} \approx 6,66 \text{ kN}$$

4. Facteur de multiplication.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{6\,662}{150} \approx 44,4$$

La force est multipliée par environ 44 ! On peut vérifier : $\frac{S_2}{S_1} = \frac{3,14 \times 10^{-2}}{7,07 \times 10^{-4}} \approx 44,4 \checkmark$

C'est le principe de la presse hydraulique : la multiplication des forces est égale au rapport des surfaces.

5. Pression sur le placage.

Surface du plateau : $S_{\text{plateau}} = 0,600 \times 0,400 = 0,24 \text{ m}^2$

$$p_{\text{placage}} = \frac{F_2}{S_{\text{plateau}}} = \frac{6\,662}{0,24} \approx 27\,758 \text{ Pa} \approx 0,28 \text{ bar}$$

Cette pression est faible. Pour le placage, il faudrait une force F_1 beaucoup plus importante sur la pompe, ou utiliser un vérin hydraulique alimenté par un groupe hydraulique.

Exercice 3 — Combien de serre-joints ?

1. Pression par serre-joint.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{800}{10} = 80 \text{ N/cm}^2 = 8 \text{ bars}$$

2. Force totale nécessaire.

$$S_{\text{panneau}} = 120 \times 60 = 7\,200 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{tot}} = p_{\text{min}} \times S_{\text{panneau}} = 60 \times 7\,200 = 432\,000 \text{ N}$$

3. Nombre minimum de serre-joints.

$$n = \frac{F_{\text{tot}}}{F_{\text{serre-joint}}} = \frac{432\,000}{800} = 540 \text{ serre-joints}$$

Ce résultat montre qu'il est impossible de serrer un grand panneau uniquement avec des serre-joints classiques : c'est pourquoi on utilise une **presse hydraulique** pour les grands panneaux.

En pratique, les serre-joints n'exercent la pression que localement (sur la surface du patin), pas sur tout le panneau. Le calcul donne un ordre de grandeur théorique qui illustre l'avantage de la presse.

4. Nombre de rangées.

$$n_{\text{rangées}} = \frac{1\,200}{150} = \mathbf{8 \text{ rangées}}$$

5. Total avec 2 serre-joints par rangée.

$$n_{\text{total}} = 8 \times 2 = \mathbf{16 \text{ serre-joints}}$$

Avec 16 serre-joints de 800 N chacun, la force totale est $16 \times 800 = 12\,800$ N.

La force nécessaire théorique est 432 000 N : **ce n'est pas suffisant pour une pression uniforme sur tout le panneau.**

En atelier, le menuisier accepte que la pression ne soit pas uniforme : les serre-joints exercent une pression locale suffisante (8 bars sous chaque patin), et l'espacement régulier assure un collage correct dans les zones intermédiaires.

Exercice 4 — Devis vérin hydraulique

1. Aires des pistons.

Vérin A : $d_A = 80 \text{ mm} = 0,080 \text{ m}$

$$S_A = \pi \left(\frac{0,080}{2} \right)^2 = \pi \times (0,040)^2 = \pi \times 0,0016 \approx 5,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Vérin B : $d_B = 100 \text{ mm} = 0,100 \text{ m}$

$$S_B = \pi \left(\frac{0,100}{2} \right)^2 = \pi \times (0,050)^2 = \pi \times 0,0025 \approx 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

2. Pression maximale de chaque vérin.

$$p_A = \frac{F_A}{S_A} = \frac{25\,000}{5,03 \times 10^{-3}} \approx 4\,970\,179 \text{ Pa}$$

$$p_B = \frac{F_B}{S_B} = \frac{40\,000}{7,85 \times 10^{-3}} \approx 5\,095\,541 \text{ Pa}$$

3. Conversion en bars.

$$p_A \approx \frac{4\,970\,179}{100\,000} \approx 49,7 \text{ bars}$$

$$p_B \approx \frac{5\,095\,541}{100\,000} \approx 51,0 \text{ bars}$$

Les deux vérins produisent des pressions internes très élevées (environ 50 bars).

4. Vérin adapté.

Force nécessaire : $F = p \times S = 800\,000 \times 0,5 = 400\,000 \text{ N} = 400 \text{ kN}$

$F_A = 25 \text{ kN} < 400 \text{ kN}$: le vérin A ne suffit pas.

$F_B = 40 \text{ kN} < 400 \text{ kN}$: le vérin B ne suffit pas non plus.

Aucun des deux vérins seuls ne convient. Il faudrait un vérin beaucoup plus puissant, ou utiliser **plusieurs vérins en parallèle** : $400/40 = 10$ vérins B, ou $400/25 = 16$ vérins A.

C'est pour cette raison que les presses industrielles utilisent des groupes hydrauliques haute pression avec de très grands vérins.

5. Prix TTC et surcoût.

Prix TTC = Prix HT \times 1,20

Vérin A : $380 \times 1,20 = 456 \text{ € TTC}$

Vérin B : $520 \times 1,20 = 624 \text{ € TTC}$

Surcoût : $624 - 456 = 168 \text{ €}$

Le vérin B coûte 168 € de plus, soit une augmentation de $\frac{168}{456} \times 100 \approx 36,8 \%$.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Vitesse de coupe — Régler les machines de l'atelier

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- Périimètre d'un cercle : $C = \pi \times D$ ($D = \text{diamètre}$)
- Vitesse de coupe : $V_c = \pi \times D \times N$ (D en m, N en tr/s, V_c en m/s)
- Conversion tr/min \rightarrow tr/s : diviser par 60
- Vitesse : $v = d/t$ (distance parcourue par unité de temps)
- Conversions : $1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min}$ $\pi \approx 3,14$

À savoir — Vitesse de coupe en menuiserie

La **vitesse de coupe** V_c est la vitesse à laquelle la dent de l'outil se déplace par rapport au bois. Elle dépend du **diamètre de la lame** D et de la **vitesse de rotation** N du moteur. Un mauvais réglage provoque :

- V_c trop faible \rightarrow état de surface médiocre, arrachement des fibres
- V_c trop élevée \rightarrow échauffement, brûlure du bois, usure prématurée de la lame

Valeurs recommandées : bois tendre (pin) : $V_c = 50$ à 70 m/s bois dur (chêne) : $V_c = 40$ à 60 m/s

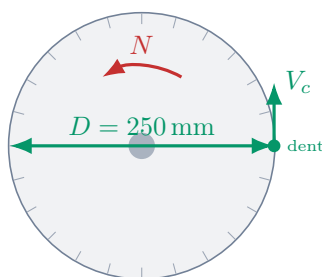
Exercice 1 — La lame de scie circulaire

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

La scie circulaire de l'atelier est équipée d'une lame de **diamètre** $D = 250 \text{ mm}$. Le moteur tourne à $N = 4500 \text{ tr/min}$.



1. Convertir le diamètre $D = 250 \text{ mm}$ en mètres.

2. Calculer le périmètre C de la lame (distance parcourue par une dent en un tour).

3. Convertir la vitesse de rotation $N = 4500 \text{ tr/min}$ en tr/s.

4. Calculer la vitesse de coupe $V_c = \pi \times D \times N$ en m/s.

5. Cette vitesse est-elle adaptée pour découper du **chêne**? Justifier à l'aide des valeurs recommandées.

Exercice 2 — Adapter la vitesse au diamètre

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Le menuisier dispose de plusieurs lames de diamètres différents. Le moteur de la scie a une vitesse de rotation **fixe** de $N = 3\,000$ tr/min.

1. Compléter le tableau en calculant V_c pour chaque lame.

Lame	Diamètre	Diamètre (m)	V_c (m/s)
A	160 mm		
B	250 mm		
C	315 mm		
D	400 mm		

2. V_c est-elle proportionnelle au diamètre D (pour N fixe)? Justifier.

3. Pour découper du **pin** (V_c recommandée : 50 à 70 m/s), quelle(s) lame(s) peut-on utiliser?

4. Pour du **chêne** (V_c recommandée : 40 à 60 m/s), quelle(s) lame(s) convient(ent)?

Exercice 3 — Vitesse d'avance du bois
PHYSIQUE-CHIMIE
MATHS
MENUISERIE

La **vitesse d'avance** V_a est la vitesse à laquelle le menuisier pousse la pièce de bois vers la lame. Elle dépend du nombre de dents de la lame, de la vitesse de rotation et de l'**avance par dent** f_z .

$$V_a = f_z \times Z \times N$$

avec f_z = avance par dent (en mm), Z = nombre de dents, N = vitesse de rotation (en tr/min).

Le résultat V_a est en **mm/min**.

Type de bois	Avance par dent f_z	Qualité de coupe
Bois tendre (pin, sapin)	0,10 à 0,20 mm	Bonne
Bois dur (chêne, hêtre)	0,05 à 0,10 mm	Bonne

1. La lame a $Z = 48$ dents. Le moteur tourne à $N = 4\,500$ tr/min. Le menuisier découpe du chêne avec $f_z = 0,08$ mm. Calculer V_a en mm/min.

2. Convertir V_a en m/min.

3. Le menuisier doit découper une planche de **2 400 mm** de long. Combien de temps dure la coupe? ($t = L/V_a$, résultat en minutes puis en secondes)

4. Si le menuisier pousse trop vite ($f_z = 0,25$ mm, hors recommandation), que risque-t-il? Calculer la nouvelle V_a et expliquer les conséquences sur la qualité de coupe.

Exercice 4 — Choisir la bonne machine
MATHS
MENUISERIE

Le menuisier hésite entre deux machines pour son atelier :

	Machine A	Machine B
Vitesse de rotation N	3 000 tr/min	6 000 tr/min
Diamètre lame max	315 mm	216 mm
Nombre de dents Z	60	40
Puissance moteur	2 200 W	1 400 W
Prix	850 €	520 €

1. Calculer V_c pour chaque machine (avec leur lame maximale).

2. Calculer V_a pour chaque machine avec $f_z = 0,08$ mm (chêne).

3. Convertir V_a en m/min pour chaque machine. Laquelle permet de couper plus vite?

4. Le menuisier découpe en moyenne **200 m de bois par jour**. Calculer le temps de coupe quotidien pour chaque machine (en minutes).

5. En tenant compte de la vitesse de coupe (adaptée au chêne ?), de la productivité et du prix, quelle machine recommandez-vous ? Justifier.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Vitesse de coupe — Régler les machines de l'atelier

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules clés : $V_c = \pi \times D \times N$ $V_a = f_z \times Z \times N$ $\pi \approx 3,14$ $t = L/V_a$

Chêne : $V_c = 40$ à 60 m/s **Pin :** $V_c = 50$ à 70 m/s

Exercice 1 — La lame de scie circulaire

Méthode

Pour calculer V_c : **(1)** Convertir D en m **(2)** Convertir N en tr/s **(3)** Appliquer $V_c = \pi \times D \times N$

1. Conversion du diamètre.

$$D = 250 \text{ mm} = \mathbf{0,250 \text{ m}}$$

2. Périmètre de la lame.

$$C = \pi \times D = 3,14 \times 0,250 = \mathbf{0,785 \text{ m}}$$

Chaque dent parcourt 78,5 cm en un tour.

3. Conversion en tr/s.

$$N = \frac{4500}{60} = \mathbf{75 \text{ tr/s}}$$

4. Vitesse de coupe.

$$V_c = \pi \times D \times N = 3,14 \times 0,250 \times 75 = \mathbf{58,9 \text{ m/s}}$$

5. Adaptée au chêne ?

$40 \leq 58,9 \leq 60$: **oui, la vitesse est adaptée au chêne** (dans la plage haute). Le résultat sera une coupe nette sans brûlure.

Exercice 2 — Adapter la vitesse au diamètre

1. Tableau complété ($N = 3000 \text{ tr/min} = 50 \text{ tr/s}$).

Lame	Diamètre	D (m)	V_c (m/s)
A	160 mm	0,160	25,1
B	250 mm	0,250	39,3
C	315 mm	0,315	49,5
D	400 mm	0,400	62,8

2. Proportionnalité ?

$V_c = \pi \times D \times N$ avec N constant. Donc $V_c = k \times D$ avec $k = \pi \times N = 3,14 \times 50 = 157$. **Oui, V_c est proportionnelle à D** (coefficient $k = 157 \text{ s}^{-1}$).

3. Lames pour le pin (50 à 70 m/s).

Lames C (49,5 \approx 50) et **D** (62,8). La lame A (25,1) et B (39,3) sont trop lentes.

4. Lames pour le chêne (40 à 60 m/s).

Lames C (49,5) et **D** (62,8 — légèrement au-dessus). La lame B (39,3) est juste en dessous. En pratique, **la lame C est le meilleur choix** pour le chêne à cette vitesse de rotation.

Erreur fréquente

Ne pas oublier de convertir N en tr/s (et non garder tr/min) avant d'appliquer la formule. Sinon V_c sera en m/min au lieu de m/s (60 fois trop grand).

Exercice 3 — Vitesse d'avance du bois

1. Vitesse d'avance.

$$V_a = f_z \times Z \times N = 0,08 \times 48 \times 4500 = \mathbf{17\,280\text{ mm/min}}$$

2. Conversion en m/min.

$$V_a = \frac{17\,280}{1\,000} = \mathbf{17,28\text{ m/min}}$$

3. Temps de coupe pour 2 400 mm.

$$t = \frac{L}{V_a} = \frac{2\,400}{17\,280} = \mathbf{0,139\text{ min}}$$

$$\text{En secondes : } 0,139 \times 60 = \mathbf{8,3\text{ s}}$$

La coupe dure environ 8 secondes.

4. Avance trop rapide (
- $f_z = 0,25\text{ mm}$
-).

$$V_a = 0,25 \times 48 \times 4500 = \mathbf{54\,000\text{ mm/min}} = \mathbf{54\text{ m/min}}$$

C'est 3 fois plus rapide. **Conséquences** : chaque dent enlève trop de matière (0,25 mm au lieu de 0,08 mm). La coupe sera **grossière** (arrachement des fibres), le **moteur forcera** (risque de blocage), et la **lame s'usera** prématurément. De plus, le risque d'accident augmente (rejet de la pièce).

Exercice 4 — Choisir la bonne machine

1. Vitesse de coupe de chaque machine.

$$\text{Machine A : } N_A = 3\,000/60 = 50\text{ tr/s}$$

$$V_{c,A} = 3,14 \times 0,315 \times 50 = \mathbf{49,5\text{ m/s}}$$

$$\text{Machine B : } N_B = 6\,000/60 = 100\text{ tr/s}$$

$$V_{c,B} = 3,14 \times 0,216 \times 100 = \mathbf{67,8\text{ m/s}}$$

2. Vitesse d'avance (
- $f_z = 0,08\text{ mm}$
-).

$$\text{Machine A : } V_{a,A} = 0,08 \times 60 \times 3\,000 = \mathbf{14\,400\text{ mm/min}}$$

$$\text{Machine B : } V_{a,B} = 0,08 \times 40 \times 6\,000 = \mathbf{19\,200\text{ mm/min}}$$

3. Conversion et comparaison.

$$V_{a,A} = \mathbf{14,4\text{ m/min}} \quad V_{a,B} = \mathbf{19,2\text{ m/min}}$$

La machine B permet de couper plus vite (+33%).

4. Temps quotidien pour 200 m.

$$\text{Machine A : } t_A = \frac{200}{14,4} = \mathbf{13,9\text{ min}}$$

$$\text{Machine B : } t_B = \frac{200}{19,2} = \mathbf{10,4\text{ min}}$$

5. Recommandation.

- Machine A : $V_c = 49,5 \text{ m/s}$ → parfaite pour le chêne (40–60)
- Machine B : $V_c = 67,8 \text{ m/s}$ → trop rapide pour le chêne (au-dessus de 60), risque de brûlure

Recommandation : Machine A. Bien que plus lente et plus chère, elle est la seule dont la vitesse de coupe est adaptée au chêne. La Machine B conviendrait mieux pour du pin (50–70 m/s). La différence de temps de coupe (3,5 min/jour) ne justifie pas le risque de mauvaise qualité.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Acoustique et matériaux — Aménagement d'une salle de répétition

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Niveau sonore** : mesuré en décibels (dB) — l'oreille perçoit à partir de 0 dB, la douleur commence à 120 dB.
- **Indice d'affaiblissement acoustique** R_w : indique de combien de dB une paroi réduit le son.
Niveau intérieur (approx.) = Niveau extérieur - R_w
- **Coefficient d'absorption** α : entre 0 et 1. $\alpha = 0$: le matériau réfléchit tout. $\alpha = 1$: il absorbe tout.
- **Aire d'absorption équivalente** : $A = \sum \alpha_i \times S_i$ (en m²)
- **Formule de Sabine (durée de réverbération)** : $T_{60} = \frac{0,161 \times V}{A}$
 V = volume de la pièce (m³); A = aire d'absorption totale (m²); T_{60} en secondes

À savoir — Acoustique et bois

Un menuisier agenceur est chargé d'aménager une **salle de répétition musicale** pour une école de musique. La salle mesure **6 m × 5 m × 3 m** (longueur × largeur × hauteur). Actuellement, les murs sont en béton brut, le sol sera recouvert d'un parquet en chêne, et le plafond est en plâtre.

Deux phénomènes distincts :

- **L'isolation acoustique** (affaiblissement R_w) : empêche le son de *traverser* une paroi (entre deux pièces).
- **L'absorption acoustique** (coefficient α) : réduit les *réflexions* à l'intérieur d'une pièce (écho, réverbération).

Exercice 1 — Niveaux sonores et isolation d'une porte

PHYSIQUE-CHIMIE MATHS

Situation	Niveau sonore
Seuil d'audibilité	0 dB
Bibliothèque calme	35 dB
Conversation normale	60 dB
Atelier de menuiserie	85 dB
Salle de répétition (batterie)	100 dB
Concert de rock	110 dB
Seuil de douleur	120 dB

1. Dans le couloir adjacent à la salle de répétition, le niveau sonore mesuré est de **95 dB**. Le menuisier installe une porte acoustique d'indice $R_w = 42$ dB. Quel sera le niveau sonore approximatif dans le couloir **une fois la porte posée** ?

2. La réglementation française impose un niveau sonore maximal de **38 dB** dans les logements mitoyens. La porte posée satisfait-elle à cette exigence ? Justifier.

3. Une porte standard (bois creux) a $R_w = 20$ dB, une porte acoustique renforcée a $R_w = 48$ dB. Quelle est la différence d'affaiblissement entre les deux portes ?

4. Le menuisier hésite entre deux portes : porte A ($R_w = 38$ dB, prix : 680 €) et porte B ($R_w = 45$ dB, prix : 1 150 €). Quelle porte choisiriez-vous pour respecter la réglementation tout en maîtrisant le budget ? Justifier.

Exercice 2 — Coefficients d'absorption des matériaux PHYSIQUE-CHIMIE MATHS

MENUISERIE

Le menuisier dispose des coefficients d'absorption acoustique moyens (à 500 Hz) des matériaux envisagés pour la salle :

Matériau / Surface	Coefficient α	Utilisation dans la salle
Béton brut	0,02	Murs (état initial)
Plâtre	0,03	Plafond
Parquet chêne massif	0,05	Sol
Panneau bois perforé	0,55	Revêtement mural acoustique
Laine de roche 50 mm	0,75	Derrière les panneaux perforés
Panneau acoustique composite	0,80	Plafond suspendu

1. Quel matériau absorbe le mieux le son ? Lequel le réfléchit le mieux ?
-
2. Calculer les surfaces de la salle (état initial : sol, plafond, 4 murs).

Rappel : la salle mesure 6 m × 5 m × 3 m.

Surface	Calcul	Aire (m ²)
Sol (parquet)	6×5	
Plafond (plâtre)	6×5	
Murs longs × 2	$2 \times (6 \times 3)$	
Murs courts × 2	$2 \times (5 \times 3)$	

3. Calculer l'aire d'absorption équivalente $A = \sum \alpha_i \times S_i$ pour la salle à l'état initial (béton + plâtre + parquet).

Exercice 3 — Durée de réverbération **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

La **durée de réverbération** T_{60} est le temps mis par le son pour s'atténuer de 60 dB après l'arrêt de la source. Elle caractérise l'acoustique d'une pièce. Les valeurs recommandées sont :

- Salle de répétition musicale : T_{60} entre **0,3 et 0,6 s**
- Salle de classe : T_{60} entre **0,4 et 0,8 s**
- Salle de concert : T_{60} entre **1,5 et 2,5 s**

1. Calculer le volume V de la salle.

2. En utilisant l'aire d'absorption A calculée à l'exercice 2 (état initial), calculer T_{60} de la salle **avant traitement acoustique**.

3. La valeur obtenue est-elle satisfaisante pour une salle de répétition ? Que ressentirait un musicien dans cette salle ?

4. Le menuisier installe des **panneaux acoustiques composites** ($\alpha = 0,80$) sur **30 m²** de murs (en remplacement du béton). Calculer la nouvelle aire d'absorption A' .
Les autres surfaces restent inchangées.

5. Calculer le nouveau T'_{60} après traitement. La salle est-elle maintenant conforme aux recommandations ?

Exercice 4 — Devis de traitement acoustique **MATHS** **MENUISERIE**

Pour atteindre un T_{60} cible de **0,50 s**, le menuisier doit poser des panneaux acoustiques composites ($\alpha = 0,80$). Il doit calculer la surface nécessaire et établir le devis.

1. À partir de la formule de Sabine et du T_{60} cible de 0,50 s, calculer l'aire d'absorption totale A_{cible} nécessaire.
Isoler A dans $T_{60} = \frac{0,161 \times V}{A}$.

2. En reprenant l'absorption de l'état initial (sol + plafond + murs nus), calculer la surface S_p de panneaux acoustiques ($\alpha = 0,80$) à poser pour atteindre A_{cible} .
On a : $A_{\text{cible}} = A_{\text{initial}} + 0,80 \times S_p$

3. Le panneau acoustique composite est vendu **55 €/m²** HT. La pose est facturée **20 €/m²** HT. Calculer le coût total HT du traitement acoustique.

4. La TVA applicable est de **10 %** (travaux de rénovation). Calculer le montant TTC.

5. Le budget de l'école de musique est de **3 500 € TTC**. Ce budget est-il suffisant ? Si non, de combien est-il dépassé ?

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Acoustique et matériaux — Salle de répétition

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Salle : $6 \times 5 \times 3 \text{ m}$ — $V = 90 \text{ m}^3$ Formule de Sabine : $T_{60} = \frac{0,161 \times V}{A}$ Cible : $0,3 \leq T_{60} \leq 0,6 \text{ s}$

Exercice 1 — Niveaux sonores et isolation d'une porte

1. Niveau sonore après pose de la porte ($R_w = 42 \text{ dB}$).

Niveau intérieur = $95 - 42 = 53 \text{ dB}$

2. La réglementation impose 38 dB maximum.

$53 \text{ dB} > 38 \text{ dB}$: **la porte ne satisfait pas** à la réglementation.

Il faudrait $R_w \geq 95 - 38 = 57 \text{ dB}$ pour être conforme.

3. Différence entre porte standard et renforcée.

$48 - 20 = 28 \text{ dB}$ d'affaiblissement supplémentaire.

4. Choix entre porte A ($R_w = 38 \text{ dB}$, 680 €) et porte B ($R_w = 45 \text{ dB}$, 1 150 €).

Porte A : niveau intérieur = $95 - 38 = 57 \text{ dB} > 38 \text{ dB} \rightarrow$ **non conforme**.

Porte B : niveau intérieur = $95 - 45 = 50 \text{ dB} > 38 \text{ dB} \rightarrow$ **non conforme non plus**.

Aucune des deux portes ne satisfait seule la réglementation. Il faudrait une porte avec $R_w \geq 57 \text{ dB}$ (porte acoustique haute performance, ou double-porte). **Cependant**, si le budget est contraint, la porte B reste le meilleur compromis : elle offre 7 dB supplémentaires par rapport à la porte A.

Erreur fréquente

On ne peut pas soustraire les dB comme des grandeurs ordinaires que dans une approximation simplifiée (valable ici pour estimer un ordre de grandeur). En réalité, le niveau sonore reçu dépend aussi de la surface de la paroi, du volume des pièces et des autres chemins de transmission. En pratique, un bureau d'acousticien est nécessaire pour une conception rigoureuse.

Exercice 2 — Coefficients d'absorption des matériaux

1. Meilleur / moins bon absorbant.

Meilleur absorbant : **panneau acoustique composite** ($\alpha = 0,80$)

Moins bon absorbant (meilleur réflecteur) : **béton brut** ($\alpha = 0,02$)

2. Surfaces de la salle.

Surface	Calcul	Aire
Sol	6×5	30 m^2
Plafond	6×5	30 m^2
Murs longs $\times 2$	$2 \times (6 \times 3)$	36 m^2
Murs courts $\times 2$	$2 \times (5 \times 3)$	30 m^2
Total murs		66 m^2

3. Aire d'absorption A à l'état initial.

$$A = \underbrace{0,05 \times 30}_{\text{sol}} + \underbrace{0,03 \times 30}_{\text{plafond}} + \underbrace{0,02 \times 66}_{\text{murs béton}} = 1,50 + 0,90 + 1,32 = \mathbf{3,72 \text{ m}^2}$$

Exercice 3 — Durée de réverbération

1. Volume de la salle.

$$V = 6 \times 5 \times 3 = \mathbf{90 \text{ m}^3}$$

- 2.
- T_{60}
- avant traitement.

$$T_{60} = \frac{0,161 \times 90}{3,72} = \frac{14,49}{3,72} \approx \mathbf{3,9 \text{ s}}$$

3. Analyse du résultat.

3,9 s est **largement au-dessus** de la valeur recommandée (0,3 à 0,6 s). Dans cette salle, chaque note jouée continue de résonner presque 4 secondes : les sons se superposent, rendant la musique **incompréhensible et fatigante**. On dit que la salle est très *réverbérante*.

4. Nouvelle aire d'absorption
- A'
- après pose de 30 m
- ²
- de panneaux (
- $\alpha = 0,80$
-).

Les 30 m² de béton remplacés par des panneaux :

$$A' = \underbrace{0,05 \times 30}_{\text{sol}} + \underbrace{0,03 \times 30}_{\text{plafond}} + \underbrace{0,80 \times 30}_{\text{panneaux}} + \underbrace{0,02 \times 36}_{\text{béton restant}} = 1,50 + 0,90 + 24,00 + 0,72 = \mathbf{27,12 \text{ m}^2}$$

- 5.
- T'_{60}
- après traitement.

$$T'_{60} = \frac{0,161 \times 90}{27,12} \approx \mathbf{0,53 \text{ s}}$$

$0,3 \leq 0,53 \leq 0,6$: **la salle est maintenant conforme** aux recommandations pour une salle de répétition.

Exercice 4 — Devis de traitement acoustique

1. Aire d'absorption cible pour
- $T_{60} = 0,50$
- s.

$$T_{60} = \frac{0,161 \times V}{A} \Rightarrow A = \frac{0,161 \times V}{T_{60}} = \frac{0,161 \times 90}{0,50} = \mathbf{28,98 \text{ m}^2}$$

2. Surface de panneaux à poser.

$$A_{\text{cible}} = A_{\text{initial}} + 0,80 \times S_p$$

$$28,98 = 3,72 + 0,80 \times S_p$$

$$0,80 \times S_p = 28,98 - 3,72 = 25,26$$

$$S_p = \frac{25,26}{0,80} \approx \mathbf{31,6 \text{ m}^2}, \text{ soit } \mathbf{32 \text{ m}^2} \text{ en pratique (arrondi au m}^2 \text{ supérieur).}$$

3. Coût total HT.

Poste	Prix/m ²	Surface	Sous-total HT
Panneaux acoustiques	55 €	32 m ²	1 760 €
Pose	20 €	32 m ²	640 €
Total HT			2 400 €

4. Montant TTC (TVA 10%).

$$\text{TTC} = 2\,400 \times 1,10 = \mathbf{2\,640}$$

5. Comparaison avec le budget (3 500 € TTC).

$2\,640 < 3\,500$: **le budget est suffisant**. Il reste $3\,500 - 2\,640 = \mathbf{860}$ de marge, que l'école pourrait utiliser pour améliorer également la porte acoustique.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Électricité dans l'atelier — Équipement d'un atelier de menuiserie

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Puissance électrique** : $P = U \times I$ (P en watts, U en volts, I en ampères)
- **Énergie consommée** : $E = P \times t$ (E en Wh si P en W et t en h)
- **Conversion** : 1 kW = 1 000 W et 1 kWh = 1 000 Wh
- **Prix du kWh** : 0,22 €/kWh
- **Disjoncteur** : protège le circuit si $I > I_{\max}$; il coupe automatiquement le courant.

Contexte — Atelier de menuiserie

Un menuisier équipe son **nouvel atelier** de machines-outils. Avant de commencer à travailler, il doit vérifier que l'**installation électrique** supporte la charge de toutes les machines. L'atelier est alimenté en **monophasé 230 V**. Le menuisier doit dimensionner les câbles, vérifier les disjoncteurs et estimer le coût de sa consommation électrique.

Exercice 1 — Puissance des machines de l'atelier

Voici les machines installées dans l'atelier et leur puissance électrique :

Machine	Puissance
Scie circulaire	2 200 W
Dégauchisseuse	1 500 W
Perceuse à colonne	750 W
Aspirateur à copeaux	1 100 W
Éclairage atelier	400 W

1. Convertir la puissance de chaque machine en kilowatts (kW).

Machine	Puissance (W)	Puissance (kW)
Scie circulaire	2 200	
Dégauchisseuse	1 500	
Perceuse à colonne	750	
Aspirateur à copeaux	1 100	
Éclairage atelier	400	

2. Le menuisier utilise la **scie circulaire** et l'**aspirateur à copeaux** en même temps. Calculer la puissance totale appelée.

3. Calculer l'intensité I du courant tiré par ces deux machines, sachant que $U = 230 \text{ V}$.

$$\text{Utiliser } I = \frac{P}{U}.$$

4. Le circuit est protégé par un disjoncteur de **20 A**. Les deux machines peuvent-elles fonctionner simultanément ? Justifier.
-
-

5. Le menuisier souhaite ajouter la **dégauchisseuse** sur le même circuit. Calculer la nouvelle intensité totale et dire si le disjoncteur de 20 A le permet.
-
-
-

Exercice 2 — Consommation électrique journalière PHYSIQUE-CHIMIE MATHS

Le menuisier estime la durée d'utilisation quotidienne de chaque machine :

Machine	Puissance (W)	Durée/jour
Scie circulaire	2 200	2 h 30
Dégauchisseuse	1 500	1 h 45
Perceuse à colonne	750	0 h 30
Aspirateur à copeaux	1 100	3 h 00
Éclairage atelier	400	8 h 00

1. Calculer l'énergie consommée par chaque machine en une journée ($E = P \times t$). Exprimer le résultat en Wh puis en kWh.

Machine	P (W)	t (h)	E (Wh)	E (kWh)
Scie circulaire	2 200	2,5		
Dégauchisseuse	1 500	1,75		
Perceuse à colonne	750	0,5		
Aspirateur à copeaux	1 100	3		
Éclairage atelier	400	8		

2. Calculer l'énergie totale consommée en une journée (en kWh).
-

3. Calculer le coût journalier de l'électricité au tarif de 0,22 €/kWh.
-

4. Calculer le coût mensuel pour **22 jours ouvrés**.
-

5. Le menuisier souhaite réduire sa facture de **15 %**. Combien doit-il économiser par mois ?
-
-

Exercice 3 — Section de câble électrique **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

La scie circulaire est installée à **15 m** du tableau électrique. Le câble d'alimentation doit pouvoir supporter l'intensité du courant. Voici les intensités maximales admissibles selon la section du câble :

Section du câble (mm ²)	Intensité maximale I_{\max} (A)
1,5	10
2,5	20
4	25
6	32

1. Quelle intensité la scie circulaire tire-t-elle ? (*Reprendre le résultat de l'exercice 1.*)

2. Quelle section minimale de câble faut-il choisir pour alimenter la scie circulaire seule ?

3. Si l'aspirateur à copeaux est branché sur le même circuit que la scie, quelle est l'intensité totale ?

4. Le câble de 2,5 mm² est-il encore suffisant ? Si non, quelle section faut-il choisir ?

5. Le câble de 4 mm² coûte **2,80 €/m** et celui de 6 mm² coûte **4,50 €/m**. Calculer le coût pour **15 m** de chacun.

Exercice 4 — Facture et panneaux solaires **MATHS** **MENUISERIE**

Le menuisier compare deux options pour alimenter son atelier :

— **Option A — Tout électrique** : consommation de 850 kWh/mois au tarif de 0,22 €/kWh.

— **Option B — Panneaux solaires** : même consommation (850 kWh/mois), mais **40 %** de l'électricité est auto-produite (gratuite). Le reste est acheté au réseau à 0,22 €/kWh.

L'installation des panneaux solaires coûte **8 500 €**.

1. Calculer le coût mensuel de l'électricité **sans panneaux solaires** (option A).

2. Calculer le coût mensuel de l'électricité **avec panneaux solaires** (option B).
Calculer d'abord la part achetée au réseau.

3. Calculer l'économie mensuelle réalisée grâce aux panneaux solaires.

4. En combien de mois l'investissement de 8 500 € sera-t-il rentabilisé ?
Diviser le coût de l'installation par l'économie mensuelle.

5. Est-ce rentable sur **10 ans** ? Calculer les économies totales sur 10 ans (120 mois) et comparer à l'investissement.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Électricité dans l'atelier — Équipement d'un atelier de menuiserie

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Tension : $U = 230 \text{ V}$ **Formules :** $P = U \times I$ $E = P \times t$ **Tarif :** 0,22 €/kWh

Exercice 1 — Puissance des machines de l'atelier

1. Conversion en kilowatts.

Machine	Puissance (W)	Puissance (kW)
Scie circulaire	2 200	2,2 kW
Dégauchisseuse	1 500	1,5 kW
Perceuse à colonne	750	0,75 kW
Aspirateur à copeaux	1 100	1,1 kW
Éclairage atelier	400	0,4 kW

On divise par 1 000 pour convertir des watts en kilowatts.

2. Puissance totale scie + aspirateur.

$$P_{\text{totale}} = 2\,200 + 1\,100 = \mathbf{3\,300 \text{ W}}$$
 soit 3,3 kW.

3. Intensité du courant.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{3\,300}{230} \approx \mathbf{14,3 \text{ A}}$$

Méthode

Pour calculer l'intensité à partir de la puissance : isoler I dans $P = U \times I$, ce qui donne $I = \frac{P}{U}$.

Attention aux unités : P en watts (W), U en volts (V), et on obtient I en ampères (A).

4. Le disjoncteur de 20 A supporte-t-il les deux machines ?

$I = 14,3 \text{ A} < 20 \text{ A}$: **oui, le disjoncteur de 20 A est suffisant.**

Il reste une marge de $20 - 14,3 = 5,7 \text{ A}$.

5. Ajout de la dégauchisseuse.

Puissance totale : $P = 2\,200 + 1\,100 + 1\,500 = 4\,800 \text{ W}$

$$I = \frac{4\,800}{230} \approx \mathbf{20,9 \text{ A}}$$

$20,9 \text{ A} > 20 \text{ A}$: **non, le disjoncteur de 20 A ne le permet pas.** Il disjonctera. Le menuisier doit utiliser un circuit séparé pour la dégauchisseuse ou installer un disjoncteur de 25 A (avec un câble adapté).

Erreur fréquente

Ne pas oublier que le disjoncteur protège le circuit : si $I > I_{\max}$, il coupe le courant pour éviter un échauffement dangereux du câble. Ce n'est pas une panne, c'est une **protection**.

Exercice 2 — Consommation électrique journalière

1. Énergie consommée par chaque machine.

Machine	P (W)	t (h)	E (Wh)	E (kWh)
Scie circulaire	2 200	2,5	5 500	5,5
Dégauchisseuse	1 500	1,75	2 625	2,625
Perceuse à colonne	750	0,5	375	0,375
Aspirateur à copeaux	1 100	3	3 300	3,3
Éclairage atelier	400	8	3 200	3,2

2. Énergie totale journalière.

$$E_{\text{totale}} = 5,5 + 2,625 + 0,375 + 3,3 + 3,2 = \mathbf{15 \text{ kWh}}$$

3. Coût journalier.

$$\text{Coût} = 15 \times 0,22 = \mathbf{3,30 \text{ €}}$$

4. Coût mensuel (22 jours ouvrés).

$$\text{Coût mensuel} = 3,30 \times 22 = \mathbf{72,60 \text{ €}}$$

5. Économie de 15 %.

$$\text{Économie} = 72,60 \times 0,15 = \mathbf{10,89 \text{ € par mois}}$$

Le menuisier doit trouver un moyen de réduire sa consommation de $15 \times 0,15 = 2,25 \text{ kWh}$ par jour (par exemple, en remplaçant l'éclairage par des LED moins énergivores).

Exercice 3 — Section de câble électrique

1. Intensité de la scie circulaire.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2\,200}{230} \approx \mathbf{9,6\text{ A}}$$

2. Section minimale pour la scie seule.

$I = 9,6\text{ A}$. D'après le tableau : la section de $\mathbf{1,5\text{ mm}^2}$ supporte 10 A.

$9,6 < 10$: **un câble de $1,5\text{ mm}^2$ suffit** en théorie.

En pratique, on choisit la section au-dessus pour avoir une marge de sécurité : **$2,5\text{ mm}^2$** est recommandé.

3. Intensité totale scie + aspirateur.

$$I_{\text{totale}} = \frac{2\,200 + 1\,100}{230} = \frac{3\,300}{230} \approx \mathbf{14,3\text{ A}}$$

4. Le câble de
- $2,5\text{ mm}^2$
- est-il suffisant ?

Le câble de $2,5\text{ mm}^2$ supporte $I_{\text{max}} = 20\text{ A}$.

$14,3\text{ A} < 20\text{ A}$: **oui, le câble de $2,5\text{ mm}^2$ est suffisant** pour alimenter la scie et l'aspirateur sur le même circuit.

5. Coût des câbles pour 15 m.

Câble	Prix/m	Longueur	Coût total
4 mm^2	2,80 €	15 m	$2,80 \times 15 = \mathbf{42\text{ €}}$
6 mm^2	4,50 €	15 m	$4,50 \times 15 = \mathbf{67,50\text{ €}}$

Différence : $67,50 - 42 = 25,50\text{ €}$. Le câble de 6 mm^2 coûte $25,50\text{ €}$ de plus mais offre une capacité de 32 A au lieu de 25 A.

Erreur fréquente

Ne pas confondre la section du câble (en mm^2) avec son diamètre (en mm). La section est l'aire de la coupe transversale du conducteur. Un câble de $2,5\text{ mm}^2$ n'a **pas** un diamètre de 2,5 mm.

Exercice 4 — Facture et panneaux solaires

1. Coût mensuel sans panneaux (option A).

$$\text{Coût} = 850 \times 0,22 = \mathbf{187\text{ € par mois}}$$

2. Coût mensuel avec panneaux (option B).

Part auto-produite (gratuite) : $850 \times 0,40 = 340\text{ kWh}$

Part achetée au réseau : $850 - 340 = 510\text{ kWh}$

$$\text{Coût} = 510 \times 0,22 = \mathbf{112,20\text{ € par mois}}$$

3. Économie mensuelle.

$$\text{Économie} = 187 - 112,20 = \mathbf{74,80 \text{ €}} \text{ par mois}$$

4. Durée de rentabilisation.

$$\text{Nombre de mois} = \frac{8\,500}{74,80} \approx \mathbf{113,6 \text{ mois}}, \text{ soit environ } \mathbf{9 \text{ ans et } 6 \text{ mois}}.$$

5. Rentabilité sur 10 ans.

$$\text{Économies totales sur 120 mois} : 74,80 \times 120 = \mathbf{8\,976 \text{ €}}$$

$$\text{Investissement} : 8\,500 \text{ €}$$

$$8\,976 > 8\,500 : \mathbf{\text{oui, c'est rentable sur 10 ans.}}$$

$$\text{Bénéfice net} : 8\,976 - 8\,500 = \mathbf{476 \text{ €}} \text{ d'économies nettes sur 10 ans.}$$

De plus, les panneaux solaires ont une durée de vie de 25 à 30 ans : l'investissement sera largement rentabilisé à long terme.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Énergie et rendement — Le séchoir à bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

— **Énergie thermique** : $Q = m \times c \times \Delta T$ avec $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ et $c_{\text{bois}} \approx 1700 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

— **Énergie électrique** : $E = P \times t$ (E en Wh si P en W et t en h ; E en J si P en W et t en s)

— **Rendement** : $\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{consommée}}} \times 100$ (en %)

— **Conversion** : $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$

— **Chaleur latente de vaporisation de l'eau** : $L_v = 2\,260 \text{ kJ}/\text{kg}$

Contexte professionnel — Le séchoir à bois

Un artisan menuisier exploite un **séchoir à bois** pour sécher ses planches de chêne avant utilisation en atelier. Le bois vert (fraîchement scié) contient beaucoup d'eau : il doit être séché jusqu'à un taux d'humidité de 10 % pour pouvoir être travaillé (assemblage, collage, finition).

Le séchoir fonctionne à l'**énergie électrique** : des **résistances chauffantes** portent l'air à haute température, et un **ventilateur** fait circuler cet air chaud sur les planches empilées. L'eau contenue dans le bois s'évapore progressivement.

Données du séchoir : puissance électrique $P = 12 \text{ kW}$ — capacité : 500 kg de bois par cycle — durée d'un cycle : 72 h.

Exercice 1 — Température et énergie thermique PHYSIQUE-CHIMIE MATHS

Le séchoir chauffe l'air de **15 °C** (température ambiante) à **55 °C** (température de séchage). L'air chaud circule autour de **500 kg** de planches de chêne.

- Calculer la variation de température ΔT entre la température initiale et la température de séchage.

- Calculer l'énergie thermique Q nécessaire pour chauffer les 500 kg de bois de 15 °C à 55 °C.
Utiliser $Q = m \times c_{\text{bois}} \times \Delta T$ avec $c_{\text{bois}} = 1700 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.

- Convertir Q en kilojoules (kJ), puis en kilowattheures (kWh).
Rappel : $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$

- Le séchoir a une puissance de $P = 12 \text{ kW}$. Calculer le temps nécessaire pour fournir cette énergie Q au bois.

Utiliser $t = \frac{E}{P}$ avec E en kWh et P en kW. Le résultat sera en heures.

5. Convertir ce temps en heures et minutes.

Exercice 2 — Évaporation de l'eau du bois **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

Le bois entre dans le séchoir avec un taux d'humidité $H_1 = 45\%$ et doit en sortir à $H_2 = 10\%$.

Définition : le taux d'humidité du bois est le rapport de la masse d'eau sur la masse de bois sec :

$$H = \frac{m_{\text{eau}}}{m_{\text{sec}}} \times 100$$

La masse totale (bois humide) vaut : $m_{\text{humide}} = m_{\text{sec}} + m_{\text{eau}} = m_{\text{sec}} \times (1 + H)$

- La masse de bois humide chargée est $m_{\text{humide}} = 500$ kg avec $H_1 = 45\% = 0,45$.
Calculer la masse de bois sec : $m_{\text{sec}} = \frac{m_{\text{humide}}}{1 + H_1}$
- En déduire la masse d'eau contenue dans le bois à l'entrée : $m_{\text{eau},1} = m_{\text{humide}} - m_{\text{sec}}$
- Calculer la masse d'eau restante à la sortie ($H_2 = 10\%$) : $m_{\text{eau},2} = H_2 \times m_{\text{sec}}$
- En déduire la masse d'eau à évaporer : $m_{\text{évap}} = m_{\text{eau},1} - m_{\text{eau},2}$
- L'énergie nécessaire pour évaporer cette eau est $Q_{\text{évap}} = m_{\text{évap}} \times L_v$ avec $L_v = 2\,260$ kJ/kg. Calculer $Q_{\text{évap}}$ en kJ.
- Convertir $Q_{\text{évap}}$ en kWh.
Rappel : 1 kWh = 3 600 kJ

Exercice 3 — Rendement du séchoir **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

L'énergie utile du séchoir est la somme de l'énergie de chauffage du bois (exercice 1) et de l'énergie d'évaporation de l'eau (exercice 2). Le séchoir fonctionne pendant 72 h à une puissance de 12 kW.

1. Calculer l'énergie totale consommée par le séchoir : $E_{\text{consommée}} = P \times t$ en kWh.

2. Calculer l'énergie utile totale en kWh : $E_{\text{utile}} = Q_{\text{chauffage}} + Q_{\text{évaporation}}$
Reprendre les résultats des exercices 1 et 2.

3. Calculer le rendement du séchoir : $\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{consommée}}} \times 100$

4. Interpréter le résultat : le rendement est-il élevé? Où part l'énergie perdue?
Citer au moins deux sources de pertes d'énergie.

5. Le menuisier décide d'isoler les parois du séchoir, ce qui fait passer le rendement à $\eta' = 65\%$. Pour la même énergie utile, quelle serait la nouvelle énergie consommée?

Utiliser $E'_{\text{consommée}} = \frac{E_{\text{utile}}}{\eta'} \times 100$

Exercice 4 — Coût et rentabilité du séchoir **MATHS** **MENUISERIE**

Le menuisier veut savoir si sécher son bois lui-même est rentable par rapport à l'achat de bois déjà séché. Le prix de l'électricité est de **0,22 €/kWh**.

1. Calculer le coût en électricité d'un cycle de séchage (72 h à 12 kW, au tarif de 0,22 €/kWh).

2. Le menuisier effectue **12 cycles de séchage par an**. Calculer le coût annuel d'électricité pour le séchoir.

3. Chaque cycle permet de sécher **2 m³** de bois. Le bois vert coûte **450 €/m³** et le bois pré-séché coûte **850 €/m³**. Calculer l'économie réalisée sur le prix du bois pour un cycle, puis pour un an.

	1 cycle (2 m ³)	12 cycles (24 m ³)
Coût bois vert		
Coût bois pré-séché		
Économie sur le bois		

4. Le coût annuel total du séchoir comprend l'électricité (question 2) et la **maintenance** (800 €/an). Calculer le coût annuel total d'utilisation du séchoir.

5. En comparant l'économie annuelle sur le bois (question 3) et le coût annuel du séchoir (question 4), le séchage est-il rentable ? Calculer le bénéfice ou la perte annuelle.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Énergie et rendement — Le séchoir à bois

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Séchoir : $P = 12 \text{ kW}$ — 500 kg de chêne — cycle de 72 h **Températures :** $15 \text{ C} \rightarrow 55 \text{ C}$ **Humidité :**
 $H_1 = 45 \% \rightarrow H_2 = 10 \%$

Exercice 1 — Température et énergie thermique

1. Variation de température.

$$\Delta T = 55 - 15 = 40 \text{ C}$$

2. Énergie thermique pour chauffer le bois.

$$Q = m \times c_{\text{bois}} \times \Delta T = 500 \times 1\,700 \times 40 = 34\,000\,000 \text{ J}$$

3. Conversion en kJ puis en kWh.

$$Q = 34\,000\,000 \text{ J} = 34\,000 \text{ kJ}$$

$$Q = \frac{34\,000\,000}{3\,600\,000} \approx 9,44 \text{ kWh}$$

4. Temps pour fournir cette énergie.

$$t = \frac{E}{P} = \frac{9,44}{12} \approx 0,79 \text{ h}$$

5. Conversion en heures et minutes.

$$0,79 \text{ h} = 0 \text{ h et } 0,79 \times 60 = 47,4 \text{ min}$$

Soit environ **47 minutes**. Le chauffage du bois est rapide comparé à la durée totale du cycle (72 h) : c'est l'évaporation de l'eau qui prend le plus de temps.

Méthode

Attention aux unités dans $E = P \times t$:

— Si P en watts (W) et t en secondes (s) $\Rightarrow E$ en joules (J)

— Si P en kilowatts (kW) et t en heures (h) $\Rightarrow E$ en kilowattheures (kWh)

Ne jamais mélanger les unités ! Ici on travaille en kW et h pour obtenir directement des kWh.

Exercice 2 — Évaporation de l'eau du bois

1. Masse de bois sec.

$$m_{\text{sec}} = \frac{m_{\text{humide}}}{1 + H_1} = \frac{500}{1 + 0,45} = \frac{500}{1,45} \approx 344,8 \text{ kg}$$

2. Masse d'eau à l'entrée.

$$m_{\text{eau},1} = m_{\text{humide}} - m_{\text{sec}} = 500 - 344,8 = \mathbf{155,2 \text{ kg}}$$

Erreur fréquente

Ne pas confondre le taux d'humidité du bois avec un pourcentage de la masse totale !
 $H = 45\%$ signifie que la masse d'eau vaut 45% de la **masse sèche**, et non 45% de la masse totale.

Erreur : $m_{\text{eau}} = 0,45 \times 500 = 225 \text{ kg}$ ← **FAUX**

Correct : $m_{\text{sec}} = \frac{500}{1,45} = 344,8 \text{ kg}$, puis $m_{\text{eau}} = 500 - 344,8 = 155,2 \text{ kg}$

En menuiserie, l'humidité sur base sèche est la convention normalisée (NF EN 13183-1).

3. Masse d'eau à la sortie ($H_2 = 10\%$).

$$m_{\text{eau},2} = H_2 \times m_{\text{sec}} = 0,10 \times 344,8 = \mathbf{34,5 \text{ kg}}$$

4. Masse d'eau à évaporer.

$$m_{\text{évap}} = m_{\text{eau},1} - m_{\text{eau},2} = 155,2 - 34,5 = \mathbf{120,7 \text{ kg}}$$

5. Énergie d'évaporation.

$$Q_{\text{évap}} = m_{\text{évap}} \times L_v = 120,7 \times 2\,260 = \mathbf{272\,782 \text{ kJ}}$$

6. Conversion en kWh.

$$Q_{\text{évap}} = \frac{272\,782}{3\,600} \approx \mathbf{75,8 \text{ kWh}}$$

Exercice 3 — Rendement du séchoir

1. Énergie totale consommée.

$$E_{\text{consommée}} = P \times t = 12 \times 72 = \mathbf{864 \text{ kWh}}$$

2. Énergie utile totale.

$$E_{\text{utile}} = Q_{\text{chauffage}} + Q_{\text{évaporation}} = 9,44 + 75,8 = \mathbf{85,2 \text{ kWh}}$$

3. Rendement du séchoir.

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{consommée}}} \times 100 = \frac{85,2}{864} \times 100 \approx \mathbf{9,9 \%}$$

4. Interprétation.

Le rendement est **très faible** (environ 10 %). Cela signifie que seulement 10 % de l'énergie électrique consommée sert effectivement à chauffer le bois et évaporer l'eau. Les 90 % restants sont perdus :

- **Pertes thermiques par les parois** du séchoir (murs, porte, toit mal isolés)
- **Renouvellement d'air** : l'air humide est évacué et remplacé par de l'air froid extérieur
- **Chauffage de l'air lui-même** (pas seulement le bois)
- **Fonctionnement du ventilateur** (énergie mécanique + friction)

Note : un séchoir professionnel bien isolé atteint un rendement de 50 à 70 %.

5. Nouvelle énergie consommée avec
- $\eta' = 65 \%$
- .

$$E'_{\text{consommée}} = \frac{E_{\text{utile}}}{\eta'} \times 100 = \frac{85,2}{65} \times 100 = \mathbf{131,1 \text{ kWh}}$$

Économie : $864 - 131,1 = \mathbf{732,9 \text{ kWh}}$ par cycle, soit une réduction de 85 % de la consommation !

Erreur fréquente

Attention au sens de la formule du rendement.

Pour trouver l'énergie consommée à partir de l'énergie utile et du rendement :

$$E_{\text{consommée}} = \frac{E_{\text{utile}} \times 100}{\eta} \quad \text{et non} \quad E_{\text{consommée}} = E_{\text{utile}} \times \eta$$

Plus le rendement est élevé, **moins** on consomme pour le même travail utile.

Exercice 4 — Coût et rentabilité du séchoir

1. Coût d'un cycle de séchage.

$$\text{Coût} = E_{\text{consommée}} \times \text{prix} = 864 \times 0,22 = \mathbf{190,08}$$

2. Coût annuel (12 cycles).

$$\text{Coût annuel} = 190,08 \times 12 = \mathbf{2\,280,96}$$

3. Économie sur le prix du bois.

	1 cycle (2 m ³)	12 cycles (24 m ³)
Coût bois vert	$2 \times 450 = 900$	$24 \times 450 = 10\,800$
Coût bois pré-séché	$2 \times 850 = 1\,700$	$24 \times 850 = 20\,400$
Économie sur le bois	$1\,700 - 900 = 800$	$20\,400 - 10\,800 = 9\,600$

4. Coût annuel total du séchoir.

$$\text{Coût total} = \text{électricité} + \text{maintenance} = 2\,280,96 + 800 = 3\,080,96$$

5. Bilan de rentabilité.

Économie annuelle sur le bois : 9 600 €

Coût annuel du séchoir : 3 080,96 €

Bénéfice annuel : $9\,600 - 3\,080,96 = 6\,519,04$

Le séchage est très rentable. Malgré le coût élevé de l'électricité, l'écart de prix entre le bois vert et le bois pré-séché est tel que le menuisier économise plus de 6 500 € par an en séchant lui-même. Cela justifie largement l'investissement dans un séchoir et son isolation.

Méthode

Analyse de rentabilité — Structure type :

- Calculer les **dépenses** liées à l'équipement (énergie + maintenance)
- Calculer les **économies** réalisées (différence de prix avec l'alternative)
- Comparer** : si économies > dépenses \Rightarrow rentable
- Calculer éventuellement le **temps de retour sur investissement** (prix d'achat / bénéfice annuel)

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Éclairage et optique — Normes d'éclairage en atelier de menuiserie

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

— **Éclairement** E (en lux) = **Flux lumineux** Φ (en lumens) / **Surface** S (en m²)

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad \Phi = E \times S \quad S = \frac{\Phi}{E}$$

— **Puissance** P : en watts (W) — consommation électrique d'un luminaire.

— **Efficacité lumineuse** : $\eta = \frac{\Phi}{P}$ (en lm/W) — mesure le rendement lumineux.

— **Énergie électrique** : $E_{\text{elec}} = P \times t$ (en Wh ou kWh) **Coût** = $E_{\text{elec}} \times \text{prix du kWh}$

À savoir — Normes d'éclairage

Un menuisier réaménage l'éclairage de son atelier pour **respecter les normes** et **réduire sa facture d'électricité**. Le Code du travail impose des niveaux d'éclairage minimaux :

Lieu	Éclairement minimum
Atelier de menuiserie	500 lux
Zone de finition / vernissage	750 lux
Stockage	150 lux
Bureaux	400 lux

Exercice 1 — Éclairement de l'atelier PHYSIQUE-CHIMIE MATHS MENUISERIE

L'atelier principal mesure **12 m × 8 m**. Il est actuellement équipé de **10 tubes fluorescents** fournissant chacun **3 200 lumens**.

1. Calculer la surface S de l'atelier.

2. Calculer le flux lumineux total Φ émis par les 10 tubes.

3. En déduire l'éclairement E de l'atelier (en lux).

4. La norme de 500 lux est-elle respectée ? Justifier.

5. Combien de tubes supplémentaires faut-il installer pour atteindre la norme de 500 lux ?

Exercice 2 — Comparaison LED vs fluorescent **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS**

Le menuisier envisage de remplacer ses tubes fluorescents par des tubes LED. Voici les caractéristiques :

Type	Puissance	Flux lumineux	Durée de vie	Prix unitaire
Tube fluorescent T8	36 W	3 200 lm	10 000 h	8 €
Tube LED	18 W	3 400 lm	50 000 h	22 €

1. Calculer l'efficacité lumineuse η (en lm/W) de chaque type de tube.

2. L'atelier fonctionne avec **15 tubes**, allumés **10 h par jour**, **250 jours par an**. Calculer la consommation annuelle d'énergie (en kWh) pour chaque type.

3. Le prix de l'électricité est de **0,22 €/kWh**. Calculer le coût annuel d'électricité pour chaque type.

4. En déduire l'économie annuelle réalisée avec les LED.

5. Calculer le surcoût d'achat de 15 tubes LED par rapport à 15 tubes fluorescents. En combien d'années le menuisier rentabilise-t-il son investissement ?

Exercice 3 — Zone de finition **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

La zone de vernissage mesure **4 m × 3 m**. La norme impose un éclairage minimum de **750 lux** pour les travaux de finition (contrôle visuel de la teinte, détection des défauts de surface).

- Calculer le flux lumineux Φ nécessaire pour atteindre 750 lux.

- Chaque spot LED fournit **1 800 lumens**. Combien de spots faut-il installer ?

- Chaque spot consomme **15 W**. Calculer la puissance totale de la zone.

- Les spots fonctionnent **6 h par jour**. Calculer l'énergie consommée quotidiennement (en kWh).

- Calculer le coût mensuel d'électricité (22 jours ouvrés) au tarif de **0,22 €/kWh**.

Exercice 4 — Plan d'éclairage complet **MATHS** **MENUISERIE**

Le menuisier établit le plan d'éclairage complet de ses locaux :

Zone	Surface	Norme (lux)	Type choisi
Atelier principal	96 m ²	500	Tube LED 3 400 lm — 22 €
Zone de finition	12 m ²	750	Spot LED 1 800 lm — 28 €
Stockage	30 m ²	150	LED 2 000 lm — 18 €

- Calculer le nombre de luminaires nécessaires pour chaque zone.

Zone	Flux total nécessaire	Flux par luminaire	Nombre de luminaires
Atelier principal		3 400 lm	
Zone de finition		1 800 lm	
Stockage		2 000 lm	

- Calculer le nombre total de luminaires à commander.

- Calculer le coût total des luminaires (prix unitaires indiqués dans le tableau).

4. Le fournisseur accorde une **remise professionnelle de 10 %**. Calculer le montant de la remise puis le total HT.

5. La TVA est de **20 %**. Calculer le montant TTC.

Fin du livret — Bon travail!

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Éclairage et optique — Normes d'éclairage en atelier

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

$$\text{Formules : } E = \frac{\Phi}{S} \quad \Phi = E \times S \quad \eta = \frac{\Phi}{P} \quad \text{Atelier : } 12 \times 8 = 96 \text{ m}^2 \quad \text{Finition : } 4 \times 3 = 12 \text{ m}^2$$

Exercice 1 — Éclairage de l'atelier

1. Surface de l'atelier.

$$S = 12 \times 8 = 96 \text{ m}^2$$

2. Flux lumineux total.

$$\Phi = 10 \times 3\,200 = 32\,000 \text{ lm}$$

3. Éclairage de l'atelier.

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{32\,000}{96} \approx 333 \text{ lux}$$

4. Conformité à la norme.

333 lux < 500 lux : **la norme n'est pas respectée.** L'atelier est sous-éclairé, ce qui peut entraîner une fatigue visuelle et un risque accru d'accidents (coupes imprécises, projection de copeaux non détectée).

Erreur fréquente

Ne pas confondre lux et lumens !

Le **lumen** (lm) mesure le flux lumineux total émis par une lampe (quantité de lumière produite).

Le **lux** (lx) mesure l'éclairage reçu par une surface : $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$.

Un tube de 3 200 lm n'éclaire pas à 3 200 lux ! L'éclairage dépend de la surface à couvrir.

5. Nombre de tubes supplémentaires.

$$\text{Flux nécessaire : } \Phi_{\text{nécessaire}} = E \times S = 500 \times 96 = 48\,000 \text{ lm}$$

$$\text{Flux manquant : } 48\,000 - 32\,000 = 16\,000 \text{ lm}$$

$$\text{Nombre de tubes : } \frac{16\,000}{3\,200} = 5 \text{ tubes supplémentaires.}$$

Il faudra donc **15 tubes au total** pour respecter la norme.

Exercice 2 — Comparaison LED vs fluorescent

1. Efficacité lumineuse.

$$\text{Tube fluorescent : } \eta = \frac{3\,200}{36} \approx 88,9 \text{ lm/W}$$

$$\text{Tube LED : } \eta = \frac{3\,400}{18} \approx \mathbf{188,9 \text{ lm/W}}$$

Le tube LED est environ **2 fois plus efficace** : il produit plus de lumière en consommant moins.

Méthode

Calculer une consommation annuelle d'énergie en kWh :

1. Calculer la puissance totale : $P_{\text{totale}} = \text{nombre} \times P_{\text{unitaire}}$ (en W)
2. Convertir en kW : diviser par 1 000
3. Calculer le temps annuel : $t = \text{heures/jour} \times \text{jours/an}$ (en h)
4. Énergie : $E = P_{\text{totale}} \times t$ (en kWh)

2. Consommation annuelle.

$$\text{Temps annuel : } t = 10 \times 250 = 2\,500 \text{ h/an}$$

Fluorescent :

$$P_{\text{totale}} = 15 \times 36 = 540 \text{ W} = 0,540 \text{ kW}$$

$$E = 0,540 \times 2\,500 = \mathbf{1\,350 \text{ kWh/an}}$$

LED :

$$P_{\text{totale}} = 15 \times 18 = 270 \text{ W} = 0,270 \text{ kW}$$

$$E = 0,270 \times 2\,500 = \mathbf{675 \text{ kWh/an}}$$

3. Coût annuel d'électricité.

$$\text{Fluorescent : } 1\,350 \times 0,22 = \mathbf{297 \text{ €/an}}$$

$$\text{LED : } 675 \times 0,22 = \mathbf{148,50 \text{ €/an}}$$

4. Économie annuelle.

$$297 - 148,50 = \mathbf{148,50 \text{ €/an}}$$
 d'économie avec les LED.

5. Surcoût et temps de retour sur investissement.

$$\text{Surcoût : } 15 \times 22 - 15 \times 8 = 330 - 120 = \mathbf{210 \text{ €}}$$

$$\text{Temps de retour : } \frac{210}{148,50} \approx \mathbf{1,4 \text{ an}}, \text{ soit environ } \mathbf{1 \text{ an et } 5 \text{ mois}}.$$

L'investissement est rentabilisé en moins de 2 ans. De plus, les LED durent 5 fois plus longtemps (50 000 h contre 10 000 h), ce qui évite 4 remplacements de tubes fluorescents.

Exercice 3 — Zone de finition

1. Flux lumineux nécessaire.

$$\Phi = E \times S = 750 \times 12 = \mathbf{9\,000\text{ lm}}$$

2. Nombre de spots.

$$n = \frac{9\,000}{1\,800} = \mathbf{5\text{ spots.}}$$

3. Puissance totale.

$$P_{\text{totale}} = 5 \times 15 = \mathbf{75\text{ W}}$$

4. Énergie quotidienne.

$$E = P \times t = 75 \times 6 = 450\text{ Wh} = \mathbf{0,45\text{ kWh}}$$

Erreur fréquente

Ne pas oublier de convertir les watts en kilowatts !

75 W × 6 h = 450 Wh. Or le prix est en €/kWh, il faut donc diviser par 1 000 : 450 Wh = 0,45 kWh.

5. Coût mensuel.

Énergie mensuelle : 0,45 × 22 = 9,90 kWh

Coût : 9,90 × 0,22 = **2,18 €/mois**

Le coût d'éclairage de la zone de finition est très faible grâce à la technologie LED.

Exercice 4 — Plan d'éclairage complet

1. Nombre de luminaires par zone.

Zone	Flux nécessaire	Flux / luminaire	Nombre
Atelier	500 × 96 = 48 000 lm	3 400 lm	48 000 ÷ 3 400 ≈ 14,1 → 15
Finition	750 × 12 = 9 000 lm	1 800 lm	9 000 ÷ 1 800 = 5
Stockage	150 × 30 = 4 500 lm	2 000 lm	4 500 ÷ 2 000 = 2,25 → 3

On arrondit toujours au nombre entier supérieur pour respecter la norme.

2. Nombre total de luminaires.

$$15 + 5 + 3 = \mathbf{23\text{ luminaires au total.}}$$

3. Coût total des luminaires.

Zone	Nombre	Prix unitaire	Sous-total
Atelier (tubes LED)	15	22 €	330 €
Finition (spots LED)	5	28 €	140 €
Stockage (LED)	3	18 €	54 €
Total brut	23		524 €

4. Remise professionnelle de 10 %.

Montant de la remise : $524 \times 0,10 = 52,40 \text{ €}$

Total HT après remise : $524 - 52,40 = 471,60 \text{ €}$

5. Montant TTC (TVA 20 %).

TTC = $471,60 \times 1,20 = 565,92 \text{ €}$

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHÉMATIQUES

MENUISERIE

Isolation thermique — Cloisons et menuiseries

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

— **Conductivité thermique** : λ en $W/(m \cdot K)$ — plus λ est petit, meilleur est l'isolant

— **Résistance thermique** : $R = \frac{e}{\lambda}$ (e = épaisseur en m, R en $m^2 \cdot K/W$)

— **Paroi multicouche** : $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

— **Flux thermique** : $\Phi = \frac{S \times \Delta T}{R_{total}}$ (S en m^2 , ΔT en $^{\circ}C$, Φ en W)

— **Règle** : plus R est grand, mieux la paroi isole (moins de chaleur traverse)

À savoir — Isolation thermique et bois

Le bois est un **bon isolant naturel** comparé aux métaux et au béton. Un menuisier agenceur fabrique des cloisons, des portes et des fenêtres qui doivent respecter la **réglementation thermique** (RT 2020). Il doit savoir calculer la résistance thermique des parois qu'il construit.

Matériau	λ ($W/(m \cdot K)$)	Qualité d'isolant
Acier	50	Très mauvais
Béton	1,75	Mauvais
Verre	1,00	Mauvais
Chêne	0,18	Moyen (12× mieux que le béton)
Pin	0,12	Bon
Laine de verre	0,035	Très bon
Fibre de bois	0,040	Très bon (isolant biosourcé)
Air immobile	0,025	Excellent (piégé dans les isolants)

Exercice 1 — Quel matériau isole le mieux ?

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

1. Calculer la résistance thermique R d'un panneau de chêne de 22 mm d'épaisseur.

2. Calculer R pour un panneau de béton de même épaisseur (22 mm).

3. Combien de fois le chêne isole-t-il mieux que le béton ? (Calculer le rapport $R_{chêne}/R_{béton}$.)

4. Pour obtenir la même résistance thermique que 22 mm de chêne, quelle épaisseur de béton faudrait-il ?
(Isoler e dans $R = e/\lambda$.)
-
-

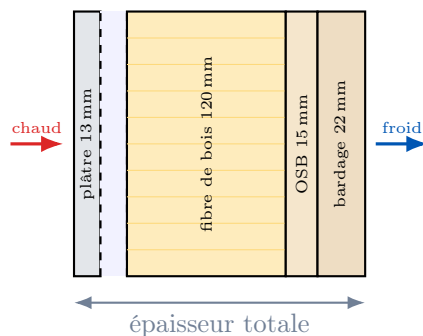
Exercice 2 — Résistance d'une cloison ossature bois

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Un menuisier construit une **cloison à ossature bois** composée de plusieurs couches :



Couche	Épaisseur	λ (W/(m·K))	R (m ² ·K/W)
Plaque de plâtre	13 mm	0,32	
Fibre de bois	120 mm	0,040	
Panneau OSB	15 mm	0,13	
Bardage pin	22 mm	0,12	
R_{total}			

- Calculer R pour chaque couche et compléter le tableau.
 - Calculer R_{total} de la cloison.
-
3. La réglementation exige $R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour un mur extérieur. La cloison est-elle conforme ?
-
-
4. Quelle couche contribue le plus à l'isolation ? Calculer son pourcentage de R_{total} .
-
-

Exercice 3 — Pertes de chaleur par une cloison **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

La cloison de l'exercice 2 a une surface de $S = 12 \text{ m}^2$. En hiver, la température intérieure est $T_{\text{int}} = 20 \text{ C}$ et la température extérieure est $T_{\text{ext}} = 0 \text{ C}$.

1. Calculer $\Delta T = T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$.

2. Calculer le flux thermique $\Phi = \frac{S \times \Delta T}{R_{\text{total}}}$ à travers la cloison (en watts).

3. Convertir cette puissance en kW. Interpréter : à quoi correspond cette perte ?

4. Si le chauffage fonctionne **10 h par jour** à ce régime, calculer l'énergie perdue par jour en kWh, puis le coût journalier (0,22 €/kWh).

5. Le menuisier propose d'ajouter un **doublage intérieur** en fibre de bois de 60 mm ($\lambda = 0,040$). Calculer le nouveau R_{total} , le nouveau flux Φ' , et l'économie réalisée en pourcentage.

Exercice 4 — Porte d'entrée : bois ou PVC ? **PHYSIQUE-CHIMIE** **MATHS** **MENUISERIE**

Un client hésite entre deux portes d'entrée. Le menuisier doit le conseiller en comparant les performances thermiques et le coût sur 10 ans.

	Porte bois (chêne)	Porte PVC
Épaisseur	72 mm	70 mm
λ moyen	0,18 W/(m·K)	0,16 W/(m·K)
Surface	2 10 m × 0,90 m	2,10 m × 0,90 m
Prix	1 800 €	950 €
Durée de vie	40 ans	20 ans

1. Calculer R pour chaque porte.

2. Calculer le flux thermique Φ à travers chaque porte pour $\Delta T = 20 \text{ C}$.

3. Calculer la perte annuelle en kWh pour chaque porte (10 h/jour, 150 jours de chauffage par an), puis le coût annuel.

4. Sur 40 ans, calculer le coût total (achat + énergie) pour chaque solution. (*Attention : le client doit racheter la porte PVC après 20 ans.*)

5. Quelle porte recommandez-vous ? Justifier en citant au moins 2 critères.

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Isolation thermique — Cloisons et menuiseries

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

$$\text{Formules : } R = e/\lambda \quad R_{\text{total}} = \sum R_i \quad \Phi = S \times \Delta T / R_{\text{total}} \quad E = \Phi \times t$$

Exercice 1 — Quel matériau isole le mieux ?

1. R du chêne (22 mm).

$$R = \frac{0,022}{0,18} = \mathbf{0,122 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

2. R du béton (22 mm).

$$R = \frac{0,022}{1,75} = \mathbf{0,0126 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

3. Rapport.

$$\frac{R_{\text{chêne}}}{R_{\text{béton}}} = \frac{0,122}{0,0126} \approx \mathbf{9,7}$$

Le chêne isole environ **10 fois mieux** que le béton à épaisseur égale.

4. Épaisseur de béton équivalente.

$$R = \frac{e}{\lambda} \Rightarrow e = R \times \lambda = 0,122 \times 1,75 = \mathbf{0,214 \text{ m} \approx 214 \text{ mm}}$$

Il faudrait **21 cm de béton** pour isoler autant que 22 mm de chêne.

Exercice 2 — Résistance d'une cloison ossature bois

Méthode

Pour une paroi multicouche : calculer $R_i = e_i/\lambda_i$ pour chaque couche, puis additionner.

1. Tableau complété.

Couche	Épaisseur (m)	λ	R
Plâtre	0,013	0,32	0,041
Fibre de bois	0,120	0,040	3,000
OSB	0,015	0,13	0,115
Bardage pin	0,022	0,12	0,183

2. R_{total} .

$$R_{\text{total}} = 0,041 + 3,000 + 0,115 + 0,183 = \mathbf{3,339 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

3. Conforme ($R \geq 3,7$)?

$3,339 < 3,7$: **la cloison n'est pas conforme**. Il manque $3,7 - 3,339 = 0,361 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

4. Couche dominante.

La fibre de bois : $\frac{3,000}{3,339} \times 100 = \mathbf{89,8\%}$ de l'isolation totale.

Erreur fréquente

Ne pas oublier de convertir les épaisseurs en **mètres** avant de diviser par λ . Si on garde les mm, le résultat sera 1 000 fois trop grand.

Exercice 3 — Pertes de chaleur par une cloison1. ΔT .

$$\Delta T = 20 - 0 = \mathbf{20\text{ C}}$$

2. Flux thermique.

$$\Phi = \frac{12 \times 20}{3,339} = \frac{240}{3,339} = \mathbf{71,9\text{ W}}$$

3. Conversion et interprétation.

$\Phi = 0,072\text{ kW}$. Cela correspond à la puissance d'une **ampoule de 72 W** qui chauffe en permanence pour compenser les pertes à travers cette seule cloison.

4. Énergie et coût journalier.

$$E = 0,072 \times 10 = \mathbf{0,72\text{ kWh/jour}}$$

$$\text{Coût} : 0,72 \times 0,22 = \mathbf{0,16\text{ €/jour}}$$

5. Doublage 60 mm de fibre de bois.

$$R_{\text{doublage}} = \frac{0,060}{0,040} = 1,500$$

$$R'_{\text{total}} = 3,339 + 1,500 = \mathbf{4,839\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

$$\text{Nouveau flux} : \Phi' = \frac{12 \times 20}{4,839} = \mathbf{49,6\text{ W}}$$

$$\text{Économie} : \frac{71,9 - 49,6}{71,9} \times 100 = \mathbf{31\% \text{ d'économie.}}$$

De plus, $R' = 4,839 > 3,7$: la cloison est maintenant conforme.

Exercice 4 — Porte d'entrée : bois ou PVC ?1. R de chaque porte.

$$\text{Bois} : R = \frac{0,072}{0,18} = \mathbf{0,400\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

$$\text{PVC} : R = \frac{0,070}{0,16} = \mathbf{0,438\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$

2. Flux thermique ($\Delta T = 20\text{ °C}$, $S = 2,10 \times 0,90 = 1,89\text{ m}^2$).

$$\text{Bois} : \Phi = \frac{1,89 \times 20}{0,400} = \mathbf{94,5\text{ W}}$$

$$\text{PVC} : \Phi = \frac{1,89 \times 20}{0,438} = \mathbf{86,3\text{ W}}$$

3. Pertes annuelles.

$$\text{Durée annuelle} : 10 \times 150 = 1\,500\text{ h}$$

$$\text{Bois} : E = 0,0945 \times 1\,500 = 141,8\text{ kWh} \rightarrow 141,8 \times 0,22 = \mathbf{31,19\text{ €/an}}$$

$$\text{PVC} : E = 0,0863 \times 1\,500 = 129,5\text{ kWh} \rightarrow 129,5 \times 0,22 = \mathbf{28,48\text{ €/an}}$$

4. Coût total sur 40 ans.

Porte bois : $1\,800 + 40 \times 31,19 = 1\,800 + 1\,248 = \mathbf{3\,048\ €}$

Porte PVC : $2 \times 950 + 40 \times 28,48 = 1\,900 + 1\,139 = \mathbf{3\,039\ €}$

(Le client rachète la porte PVC après 20 ans.)

5. Recommandation.

Les deux portes ont un **coût total quasi identique sur 40 ans** ($\approx 3\,040\ €$). Les critères de choix sont donc :

- **Durabilité** : la porte bois dure 40 ans (1 seul achat), la PVC doit être remplacée.
- **Esthétique** : le chêne massif a un aspect noble, valorisant pour la maison.
- **Environnement** : le bois est un matériau renouvelable et recyclable, le PVC est issu de la pétrochimie.

Recommandation : la **porte bois**, pour sa durabilité et son bilan environnemental.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

MATHÉMATIQUES

MENUISERIE

Concevoir un escalier — Loi de Blondel et calculs

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

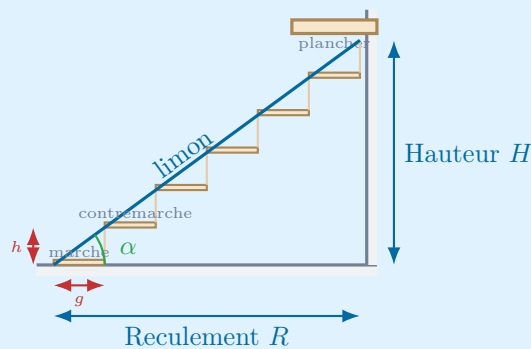
Classe : Date :

Rappels

- **Loi de Blondel** : $2h + g = 630$ mm (entre 600 et 660 mm)
 h = hauteur de marche, g = giron (profondeur de la marche)
- **Nombre de marches** : $n = H_{\text{totale}}/h$
- **Longueur du limon** : $L = \sqrt{H^2 + R^2}$ (Pythagore)
- **Angle d'inclinaison** : $\tan(\alpha) = H/R$
- **Angles recommandés** : entre 25° et 35° pour un escalier confortable

À savoir — Vocabulaire de l'escalier

- **Marche** : surface horizontale sur laquelle on pose le pied
- **Contremarche** : partie verticale entre deux marches
- **Giron (g)** : profondeur utile de la marche (distance horizontale entre deux nez de marche)
- **Limon** : pièce de bois inclinée qui supporte les marches sur le côté
- **Emmarchement** : largeur utile de l'escalier (largeur de passage)
- **Trémie** : ouverture dans le plancher pour le passage de l'escalier
- **Échappée** : hauteur libre au-dessus des marches (minimum 1 900 mm)



Exercice 1 — Nombre de marches et loi de Blondel

MATHS

MENUISERIE

Un menuisier conçoit un **escalier droit en chêne** pour un client. La hauteur à franchir est $H = 2\,800$ mm et le reculement disponible est $R = 4\,200$ mm.

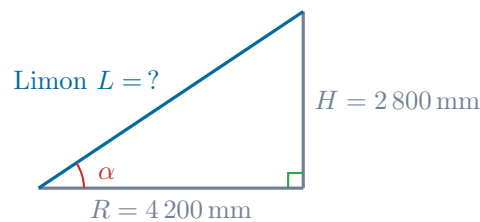
1. Le menuisier propose une hauteur de marche $h = 175$ mm. Combien de marches faut-il ? Calculer $n = H/h$.
.....
2. Calculer le giron $g = R/(n - 1)$. (*Attention : n marches mais $n - 1$ girons.*)
.....
3. Vérifier la loi de Blondel : calculer $2h + g$. Le résultat est-il entre 600 et 660 mm ?
.....

4. Le client souhaite seulement **14 marches**. Recalculer $h = H/14$ et $g = R/13$. Vérifier la loi de Blondel.

5. Quelle solution (16 ou 14 marches) est la plus confortable ? Justifier en comparant les valeurs de $2h + g$.

Exercice 2 — Longueur du limon **MATHS** **MENUISERIE**

On utilise la solution retenue de l'exercice 1 : **16 marches**, $h = 175$ mm, $g = 280$ mm, $H = 2\,800$ mm, $R = 4\,200$ mm.



1. Calculer la longueur du limon $L = \sqrt{H^2 + R^2}$.

2. Le menuisier achète une planche de chêne de 5 500 mm. Quelle sera la chute ?

3. Calculer $\tan(\alpha) = H/R$ puis, à l'aide du tableau ci-dessous, déterminer l'angle α .

Angle	25°	30°	33°	34°	35°
$\tan(\alpha)$	0,466	0,577	0,649	0,675	0,700

4. L'angle est compris entre quelles valeurs ? Est-il dans la plage confortable (25° à 35°) ?

5. Le limon est en chêne (masse volumique $\rho = 720$ kg/m³), de section 50 mm × 250 mm et de longueur L . Calculer son volume en m³ puis sa masse en kg.

Exercice 3 — Devis matériaux **MATHS** **MENUISERIE**

Le menuisier prépare le devis pour l'escalier complet. Voici la liste des pièces nécessaires :

Pièce	Essence	Dimensions (mm)	Nombre	Prix unit. HT	Total HT
Limon	Chêne	50 × 250 × 5 500	2	85 €
Marche	Chêne	40 × 280 × 900	16	28 €
Contremarche	Pin	18 × 175 × 900	16	12 €
Main courante	Chêne	45 × 70 × 5 500	1	65 €
Balustre	Chêne	40 × 40 × 900	32	8 €

- Calculer le total HT pour chaque ligne du tableau.

- Calculer le total HT de l'ensemble des matériaux.

- L'artisan bénéficie d'une **remise de 10 %** chez son fournisseur. Calculer le montant HT après remise.

- Calculer le montant TTC des matériaux (TVA à 10 %).

- La main-d'œuvre représente 35 h à 45 €/h HT. Calculer le coût total TTC du projet complet (matériaux + main-d'œuvre + TVA 10 %).

Exercice 4 — Escalier quart tournant **MATHS** **MENUISERIE**

L'espace chez le client ne permet pas un escalier droit. Le menuisier propose un **escalier quart tournant** (virage à 90° après 8 marches). Les données restent identiques : $H = 2\,800$ mm, $h = 175$ mm, 16 marches au total, $g = 280$ mm.

- **Volée 1** : 8 marches droites → hauteur franchie $H_1 = 8 \times 175 = 1\,400$ mm
- **Volée 2** : 8 marches droites perpendiculaires → hauteur franchie $H_2 = 1\,400$ mm

- Calculer le reculement R_1 de la première volée. (*8 marches → 7 girons, donc $R_1 = 7 \times g$.*)

- Calculer le reculement R_2 de la deuxième volée. (*Même raisonnement.*)

- Calculer l'emprise au sol totale de l'escalier quart tournant : $R_1 \times R_2$ (rectangle au sol).

- Calculer l'emprise au sol de l'escalier droit : $R \times e$ avec $e = 900$ mm (emmarchement).

- Quelle solution occupe le moins de place au sol ? De quel pourcentage ?

Fin du livret — Bon travail!

Correction — Livret de Co-intervention

Mathématiques & Menuiserie

Concevoir un escalier — Loi de Blondel et calculs

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Formules clés : $n = H/h$ $g = R/(n - 1)$ Blondel : $2h + g \in [600; 660]$ $L = \sqrt{H^2 + R^2}$
 $\tan(\alpha) = H/R$

Exercice 1 — Nombre de marches et loi de Blondel

Méthode

Vérification par la loi de Blondel : (1) Calculer $n = H/h \rightarrow$ (2) Calculer $g = R/(n - 1) \rightarrow$ (3) Vérifier $2h + g \in [600; 660]$ mm. Si le résultat est proche de 630 mm, l'escalier est confortable.

1. Nombre de marches.

$$n = \frac{H}{h} = \frac{2800}{175} = \mathbf{16 \text{ marches}}$$

2. Giron.

$$g = \frac{R}{n - 1} = \frac{4200}{16 - 1} = \frac{4200}{15} = \mathbf{280 \text{ mm}}$$

Erreur fréquente

n **marches** mais $n - 1$ **girons** ! Un escalier de 16 marches ne comporte que **15 girons** : la dernière marche arrive au niveau du plancher, il n'y a pas de giron supplémentaire. Diviser par n au lieu de $n - 1$ est une erreur très fréquente.

3. Vérification de Blondel.

$$2h + g = 2 \times 175 + 280 = 350 + 280 = \mathbf{630 \text{ mm}}$$

$630 \in [600; 660]$ ✓ **L'escalier est conforme et parfaitement confortable** (valeur idéale de 630 mm).

4. Avec 14 marches.

$$h = \frac{2800}{14} = \mathbf{200 \text{ mm}}$$

$$g = \frac{4200}{14 - 1} = \frac{4200}{13} \approx \mathbf{323,1 \text{ mm}}$$

Vérification : $2h + g = 2 \times 200 + 323,1 = 400 + 323,1 = \mathbf{723,1 \text{ mm}}$

$723,1 > 660$: **l'escalier ne respecte pas la loi de Blondel**. Les marches sont trop hautes et trop profondes.

5. Comparaison.

- 16 marches : $2h + g = 630 \text{ mm}$ ✓ (valeur idéale)
- 14 marches : $2h + g = 723 \text{ mm}$ × (hors norme)

La solution à 16 marches est nettement plus confortable. La solution à 14 marches donne des marches trop hautes ($h = 200 \text{ mm} > 180 \text{ mm}$ recommandé) et un giron excessif.

Exercice 2 — Longueur du limon

1. Longueur du limon.

$$L = \sqrt{H^2 + R^2} = \sqrt{2\,800^2 + 4\,200^2} = \sqrt{7\,840\,000 + 17\,640\,000} = \sqrt{25\,480\,000} \approx \mathbf{5\,047,8 \text{ mm}}$$

2. Chute.

Chute = $5\,500 - 5\,048 = \mathbf{452 \text{ mm}}$ (environ 45 cm)
La planche de 5 500 mm est suffisante.

3. Angle d'inclinaison.

$$\tan(\alpha) = \frac{H}{R} = \frac{2\,800}{4\,200} = \mathbf{0,667}$$

D'après le tableau : $\tan(33^\circ) = 0,649$ et $\tan(34^\circ) = 0,675$.

$0,649 < 0,667 < 0,675$ donc α est compris entre 33° et 34° (plus proche de 34°).

Erreur fréquente

Lire le tableau correctement : on cherche la valeur de $\tan(\alpha)$ dans la ligne du bas et on lit l'angle correspondant en haut. On ne calcule pas α directement — on **encadre** la valeur dans le tableau.

4. Plage confortable.

$33^\circ < \alpha < 34^\circ$ et la plage confortable est $[25^\circ ; 35^\circ]$.

Oui, l'angle est bien dans la plage confortable.

5. Masse du limon.

Dimensions en mètres : $0,050 \times 0,250 \times 5,048 = \mathbf{0,0631 \text{ m}^3}$

$$m = \rho \times V = 720 \times 0,0631 = \mathbf{45,4 \text{ kg}}$$

Le limon pèse environ **45 kg** — une pièce lourde qui nécessite deux personnes pour la manutention.

Exercice 3 — Devis matériaux

1. Total HT par ligne.

Limons :	$2 \times 85 = 170 \text{ €}$
Marches :	$16 \times 28 = 448 \text{ €}$
Contremarches :	$16 \times 12 = 192 \text{ €}$
Main courante :	$1 \times 65 = 65 \text{ €}$
Balustres :	$32 \times 8 = 256 \text{ €}$

2. Total HT.

$$170 + 448 + 192 + 65 + 256 = 1\,131 \text{ € HT}$$

3. Remise 10%.

$$\begin{aligned} \text{Remise} &= 1\,131 \times 0,10 = 113,10 \text{ €} \\ \text{HT après remise} &= 1\,131 - 113,10 = 1\,017,90 \text{ € HT} \\ (\text{Ou directement : } 1\,131 \times 0,90 &= 1\,017,90 \text{ €}) \end{aligned}$$

4. TTC matériaux.

$$\text{TTC} = 1\,017,90 \times 1,10 = 1\,119,69 \text{ € TTC}$$

5. Coût total du projet.

$$\begin{aligned} \text{Main-d'œuvre HT} &= 35 \times 45 = 1\,575 \text{ € HT} \\ \text{Total HT du projet} &= 1\,017,90 + 1\,575 = 2\,592,90 \text{ € HT} \\ \text{Total TTC} &= 2\,592,90 \times 1,10 = 2\,852,19 \text{ € TTC} \end{aligned}$$

Exercice 4 — Escalier quart tournant1. Reculement R_1 .

$$\begin{aligned} 8 \text{ marches} &\rightarrow 7 \text{ girons} \\ R_1 &= 7 \times 280 = 1\,960 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Reculement R_2 .

$$\text{Même raisonnement : } R_2 = 7 \times 280 = 1\,960 \text{ mm}$$

3. Emprise au sol du quart tournant.

$$S_{\text{QT}} = R_1 \times R_2 = 1\,960 \times 1\,960 = 3\,841\,600 \text{ mm}^2 = 3,84 \text{ m}^2$$

4. Emprise au sol de l'escalier droit.

$$S_{\text{droit}} = R \times e = 4\,200 \times 900 = 3\,780\,000 \text{ mm}^2 = 3,78 \text{ m}^2$$

5. Comparaison.

$$S_{QT} = 3,84 \text{ m}^2 \text{ et } S_{\text{droit}} = 3,78 \text{ m}^2$$

L'escalier droit occupe légèrement moins de surface au sol ($3,78 < 3,84$).

$$\text{Différence : } \frac{3,84 - 3,78}{3,78} \times 100 \approx \mathbf{1,6 \%}$$

La différence est minime. Cependant, l'intérêt du quart tournant est que l'emprise est **quasi carrée** ($1,96 \times 1,96 \text{ m}$) au lieu d'un rectangle allongé ($4,20 \times 0,90 \text{ m}$). Le quart tournant s'intègre mieux dans un **angle de pièce**, libérant l'espace central.

Fin de la correction.

Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie — Filière bois

PHYSIQUE-CHIMIE MATHÉMATIQUES MENUISERIE

Colles et vernis — Dosage, séchage, ventilation

Seconde Baccalauréat Professionnel — Filière bois (MAMA)

Nom : Prénom :

Classe : Date :

Rappels

- **Masse volumique** : $\rho = m/V$ (m en g, V en mL ou cm^3 , ρ en g/mL)
- **Proportion / dosage** : rapport entre deux quantités (ex : 100 parts de résine pour 50 parts de durcisseur = $100/50 = 2/1$)
- **Consommation** : quantité de produit par unité de surface (en g/m^2 ou mL/m^2)
- **Débit de ventilation** : $Q = V_{\text{pièce}} \times n$ (n = nombre de renouvellements/heure)
- **Temps** : $t = V/Q$ (volume / débit)

À savoir — Colles et finitions en menuiserie

En menuiserie, les **colles** et les **finitions** (vernis, lasure, huile) sont des produits chimiques. Le menuisier doit savoir :

- **Doser** correctement un mélange (colle bi-composant : résine + durcisseur)
- **Calculer la quantité** nécessaire selon la surface à traiter
- **Respecter les temps de séchage** qui dépendent de la température
- **Ventiler** l'atelier pour éviter l'inhalation de solvants (COV)

Exercice 1 — Préparer une colle époxy

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Le menuisier utilise une **colle époxy bi-composant** pour assembler un plan de travail en chêne sur un support. La fiche technique indique un rapport de mélange **résine / durcisseur = 100 / 50 en masse** (pour 100 g de résine, ajouter 50 g de durcisseur). La consommation est de **250 g/m²**.

1. Le plan de travail mesure **2 400 mm × 650 mm**. Calculer sa surface en **m²**.

2. Calculer la masse totale de colle nécessaire (en g).

3. Dans le mélange, quel pourcentage représente la résine ? Le durcisseur ?
(Le mélange total = $100 + 50 = 150$ parts.)

4. Calculer la masse de résine et la masse de durcisseur à peser pour cette surface.

5. Le menuisier doit aussi coller des chants sur les bords du plan (2 longueurs de 2400 mm et 2 largeurs de 650 mm, chant de 22 mm de large). Calculer la surface totale de chant à coller, puis la masse de colle supplémentaire nécessaire.

Exercice 2 — Temps de séchage d'un vernis

PHYSIQUE-CHIMIE

MATHS

MENUISERIE

Le menuisier applique un **vernis polyuréthane** sur une bibliothèque en chêne. La fiche technique indique les temps de séchage suivants :

Température	Sec au toucher	Sec pour recouvrir
15 °C	6 h	24 h
20 °C	4 h	16 h
25 °C	2 h 30	10 h
30 °C	1 h 30	6 h

1. Le menuisier applique la 1^{re} couche à **8 h du matin** dans un atelier à **20 °C**. À quelle heure peut-il appliquer la 2^e couche ?

2. Le vernis nécessite **3 couches**. Si le menuisier commence à 8 h à 20 °C, à quelle heure la dernière couche sera-t-elle terminée ? (On suppose que chaque couche prend 30 min à appliquer.)

3. En été, l'atelier est à 30 °C. Combien de temps gagne-t-il sur l'ensemble des 3 couches par rapport à 20 °C ?

4. Quand la température double-t-elle le temps de séchage ? Comparer 20 °C et 15 °C. Le temps de séchage est-il proportionnel à la température ?

Exercice 3 — Commander le bon volume de vernis MATHS MENUISERIE

Le vernis est vendu en pots de différentes contenances. Le rendement est de **12 m²/L** (un litre couvre 12 m²). La bibliothèque a les surfaces suivantes à vernir :

Surface	Dimensions	Nombre
Côtés extérieurs	400 mm × 1 800 mm	2
Étagères (dessus + dessous)	380 mm × 1 160 mm	4 × 2 faces
Dessus et dessous du meuble	400 mm × 1 200 mm	2
Face avant (pas de porte)	1 200 mm × 1 800 mm	1

1. Calculer la surface totale à vernir en m² (attention au nombre de faces).

2. Il faut 3 couches. Calculer la surface totale à couvrir (surface × 3 couches).

3. Calculer le volume de vernis nécessaire (en litres).

4. Le vernis est vendu en pots de **0,75 L** (18 €) et **2,5 L** (48 €). Quelle combinaison de pots est la plus économique ?

5. Calculer le prix au litre pour chaque contenance. Lequel est le plus avantageux ?

Exercice 4 — Ventilation de la cabine de vernissage PHYSIQUE-CHIMIE MATHS MENUISERIE**Sécurité**

Les vernis et colles émettent des **COV** (Composés Organiques Volatils) : toluène, xylène, acétone... Ces solvants sont **nocifs par inhalation** et **inflammables**. La réglementation impose un renouvellement d'air minimum dans les zones de vernissage.

La cabine de vernissage mesure **4 m × 3 m × 2,8 m**. La norme impose un renouvellement d'air de $n = 15$ **volumes par heure** pendant l'application du vernis et $n = 5$ **volumes par heure** pendant le séchage.

1. Calculer le volume de la cabine en m³.

2. Calculer le débit d'air nécessaire pendant l'application : $Q = V \times n$ (en m^3/h).

3. Convertir ce débit en m^3/min , puis en L/min .

Rappel : $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$

4. Le ventilateur installé a un débit de **600 m^3/h** . Est-il suffisant pour la phase d'application ? Pour la phase de séchage ?

5. Le menuisier vernit pendant **45 min** puis laisse sécher **4 h**. Calculer le volume total d'air renouvelé pendant toute l'opération. Exprimer en m^3 .

Fin du livret — Bon travail !

Correction — Livret de Co-intervention

Physique-Chimie, Mathématiques & Menuiserie

Colles et vernis — Dosage, séchage, ventilation

Seconde Baccalauréat Professionnel — MAMA

Données : Colle époxy 100/50 — Consommation 250 g/m² — Vernis 12 m²/L — Cabine 4×3×2,8 m

Exercice 1 — Préparer une colle époxy

Méthode

Pour doser un bi-composant : **(1)** Calculer la surface **(2)** Calculer la masse totale de mélange **(3)** Répartir selon le rapport résine/durcisseur.

1. Surface du plan de travail.

$$S = 2,400 \times 0,650 = \mathbf{1,56 \text{ m}^2}$$

2. Masse totale de colle.

$$m = 250 \times 1,56 = \mathbf{390 \text{ g}}$$

3. Pourcentages dans le mélange.

$$\text{Total} = 100 + 50 = 150 \text{ parts}$$

$$\text{Résine} : \frac{100}{150} \times 100 = \mathbf{66,7 \%}$$

$$\text{Durcisseur} : \frac{50}{150} \times 100 = \mathbf{33,3 \%}$$

4. Masses à peser.

$$\text{Résine} : 390 \times \frac{100}{150} = \mathbf{260 \text{ g}}$$

$$\text{Durcisseur} : 390 \times \frac{50}{150} = \mathbf{130 \text{ g}}$$

$$\text{Vérification} : 260 + 130 = 390 \quad \checkmark$$

Erreur fréquente

Ne pas confondre le **rapport** 100/50 avec les **quantités absolues**. Le rapport signifie « pour 100 parts de résine, 50 parts de durcisseur », pas « 100 g de résine et 50 g de durcisseur ».

5. Surface de chant et colle supplémentaire.

$$\text{Périmètre du plan} : 2 \times 2400 + 2 \times 650 = 6100 \text{ mm} = 6,1 \text{ m}$$

$$\text{Largeur du chant} : 22 \text{ mm} = 0,022 \text{ m}$$

$$\text{Surface de chant} : 6,1 \times 0,022 = \mathbf{0,134 \text{ m}^2}$$

$$\text{Colle} : 250 \times 0,134 = \mathbf{33,6 \text{ g}}$$

Exercice 2 — Temps de séchage d'un vernis

1. 2^e couche à 20 °C.

Sec pour recouvrir à 20 °C = 16 h.

8h + 16h = 0h (minuit), soit le lendemain matin en pratique.

2. 3 couches à 20 °C.

Couche 1 : 8 h → 8 h 30 (application 30 min)

Séchage 16 h → prêt à 0 h 30 (le lendemain)

Couche 2 : 0 h 30 → 1 h (application)

Séchage 16 h → prêt à 17 h

Couche 3 : 17 h → 17 h 30 (application)

La 3^e couche est terminée à 17 h 30 le surlendemain (J+2).

En pratique, le menuisier étale le travail sur 3 jours ouverts.

3. Gain à 30 °C vs 20 °C.

À 20 °C : 2 séchages × 16 h = 32 h de séchage

À 30 °C : 2 séchages × 6 h = 12 h de séchage

Gain : 32 – 12 = **20 h**

4. Proportionnalité ?

De 20 °C à 15 °C : le temps passe de 16 h à 24 h (ratio ×1,5).

La température baisse de 20 à 15 (ratio ×0,75).

Le temps de séchage n'est pas proportionnel à la température. Quand la température diminue, le séchage ralentit de façon non linéaire (relation chimique, pas mathématique simple).

Exercice 3 — Commander le bon volume de vernis

1. Surface totale à vernir.

Surface	Calcul	Résultat (m ²)
Côtés ext.	$2 \times 0,400 \times 1,800$	1,44
Étagères (2 faces \times 4)	$8 \times 0,380 \times 1,160$	3,53
Dessus + dessous	$2 \times 0,400 \times 1,200$	0,96
Face avant	$1 \times 1,200 \times 1,800$	2,16
Total		8,09 m²

2. Surface pour 3 couches.

$$8,09 \times 3 = \mathbf{24,27 \text{ m}^2}$$

3. Volume de vernis.

$$V = \frac{24,27}{12} = \mathbf{2,02 \text{ L}}$$

4. Combinaison la plus économique.

$$\text{Option 1 : } 3 \times 0,75 \text{ L} = 2,25 \text{ L} \rightarrow 3 \times 18 = \mathbf{54 \text{ €}}$$

$$\text{Option 2 : } 1 \times 2,5 \text{ L} = 2,5 \text{ L} \rightarrow \mathbf{48 \text{ €}}$$

Le pot de 2,5 L est le plus économique ($48 \text{ €} < 54 \text{ €}$), et il reste 0,48 L pour des retouches.

5. Prix au litre.

$$\text{Pot } 0,75 \text{ L : } 18/0,75 = \mathbf{24 \text{ €/L}}$$

$$\text{Pot } 2,5 \text{ L : } 48/2,5 = \mathbf{19,20 \text{ €/L}}$$

Le pot de 2,5 L est 20 % moins cher au litre.

Exercice 4 — Ventilation de la cabine de vernissage

1. Volume de la cabine.

$$V = 4 \times 3 \times 2,8 = \mathbf{33,6 \text{ m}^3}$$

2. Débit pendant l'application ($n = 15$).

$$Q = 33,6 \times 15 = \mathbf{504 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3. Conversions.

$$Q = \frac{504}{60} = \mathbf{8,4 \text{ m}^3/\text{min}}$$

$$Q = 8,4 \times 1000 = \mathbf{8\,400 \text{ L}/\text{min}}$$

4. Ventilateur de 600 m³/h suffisant ?

Application : $600 > 504 \rightarrow$ **oui, suffisant** pour l'application.

Séchage ($n = 5$) : $Q_{\text{séchage}} = 33,6 \times 5 = 168 \text{ m}^3/\text{h}$. $600 > 168 \rightarrow$ **largement suffisant**.

5. Volume total d'air renouvelé.

Application (45 min = 0,75 h) : $V_1 = 504 \times 0,75 = 378 \text{ m}^3$

Séchage (4 h) : $V_2 = 168 \times 4 = 672 \text{ m}^3$

Total : $378 + 672 = 1\ 050 \text{ m}^3$

Erreur fréquente

Le débit de ventilation change entre l'application et le séchage ($n = 15$ vs $n = 5$). Ne pas appliquer le même débit sur toute la durée.

Fin de la correction.