MORAJA3A

MATHS · PHYSIQUE-CHIMIE · SVT

$\Delta U = W + Q$

$Q = mc\Delta\theta$

COURS · 1ÈRE ANNÉE BAC SCIENCES MATHS · PHYSIQUE · SEMESTRE 1

Travail et énergie thermique (énergie interne)

$\Sigma Q = 0$

الشغل والطاقة الحرارية

$Q = mL$

Énergie interne d'un système, transferts d'énergie par travail et par chaleur, premier principe, quantité de chaleur, capacité thermique, changements d'état, calorimétrie et équilibre thermique, modes de transfert thermique.

Comprends. Entraîne-toi. Réussis.

Rédigé et vérifié par **Mohammed TAOUFIK**, professeur et fondateur de MORAJA3A

NIVEAU
1ère Bac — Sciences Mathématiques (BIOF)

CONTENU
Cours · Exemples · Pièges · 9 exercices + corrigés

PLATEFORME
moraja3a.app

Sommaire

فهرس الدرس

01	Énergie interne et modes de transfert	الطاقة الداخلية وأنماط انتقال الطاقة
02	Quantité de chaleur et capacité thermique	كمية الحرارة والسعة الحرارية
03	Calorimétrie : équilibre thermique	قياس كمية الحرارة: التوازن الحراري
04	Exercices (9 exercices gradués)	تمارين تطبيقية
05	Corrigés détaillés	التصحيح المفصل
06	Fiche résumé et lexique français–arabe	ملخص ومعجم المصطلحات

POURQUOI CE CHAPITRE EST IMPORTANT

Quand une voiture freine, ses disques chauffent ; quand on frotte ses mains, elles se réchauffent ; quand on chauffe de l'eau, elle bout. Dans tous ces cas, de l'énergie est transférée et stockée sous forme d'**énergie interne**. Ce chapitre explique où « disparaît » l'énergie mécanique perdue par frottement, et apprend à calculer une **quantité de chaleur**, une **température d'équilibre** et une **capacité thermique** (calorimétrie) — des calculs très fréquents au contrôle.

💡 بالعربية

عند الفرملة تسخن الأقراص، وعند حك اليدين تسخنان. في كل هذه الحالات تنتقل طاقة وتخزن على شكل **طاقة داخلية**. يشرح هذا الدرس أين «تختفي» الطاقة الميكانيكية المفقودة بالاحتكاك، ويعلم حساب **كمية الحرارة** و**درجة حرارة التوازن** و**السعة الحرارية**.

Comment utiliser ce cours

- **Définition** (encadré bleu) : ce qu'il faut savoir par cœur.
- **À retenir** (encadré vert) : la loi, la formule ou la méthode clé.
- **Exemple** (encadré doré) : une application corrigée pas à pas.
- **Piège** (encadré rouge) : l'erreur que font beaucoup d'élèves.
- **بالعربية** : une explication courte en arabe pour bien fixer l'idée.
- **Exercices** : énoncés classés APPLICATION APPROFONDISSEMENT TYPE EXAMEN ; tous les corrigés sont regroupés après les exercices.

1 Énergie interne et modes de transfert

الطاقة الداخلية وأنماط انتقال الطاقة

DÉFINITION — ÉNERGIE INTERNE

Un corps est formé d'un très grand nombre de particules (atomes, molécules, ions). L'**énergie interne** U d'un système est la somme :

- des **énergies cinétiques microscopiques** de ses particules, liées à leur **agitation thermique** (elles augmentent avec la température) ;
- des **énergies potentielles d'interaction** entre ces particules (elles changent lors d'un changement d'état ou d'une réaction).

On ne sait pas mesurer U, mais on sait calculer ses **variations** ΔU.

TEMPÉRATURE ET AGITATION THERMIQUE

La **température** est une mesure du degré d'agitation des particules. Relation entre l'échelle Kelvin et l'échelle Celsius : $T(K) = \theta(°C) + 273{,}15$. Une **variation** de 1 °C est égale à une variation de 1 K.

DEUX FAÇONS DE TRANSFÉRER DE L'ÉNERGIE

- Par **travail** W : transfert **macroscopique** dû à une force qui déplace son point d'application (frottements, compression d'un gaz, agitation...).
- Par **transfert thermique** (chaleur) Q : transfert **microscopique** qui se fait spontanément du corps **chaud** vers le corps **froid**.

Convention : W et Q sont **positifs** si le système **reçoit** de l'énergie, négatifs s'il en cède.

PREMIER PRINCIPE (CONSERVATION DE L'ÉNERGIE)

Pour un système au repos macroscopique (son énergie mécanique ne varie pas) :

$$\Delta U = W + Q$$

La variation d'énergie interne est égale à la somme des énergies reçues par travail et par chaleur.

EXEMPLES

- On comprime un gaz dans une seringue en lui fournissant W = 500 J ; il cède 200 J à l'extérieur par chaleur : $\Delta U = 500 - 200 = 300$ J (le gaz s'échauffe).
- Un bloc glisse avec frottement et s'arrête : l'énergie mécanique perdue $|\Delta E_m|$ est transformée en énergie interne du bloc et du support.

LES TROIS MODES DE TRANSFERT THERMIQUE

- **Conduction** : de proche en proche dans la matière, sans déplacement de matière (cuillère dans un thé chaud). Les métaux sont de bons conducteurs ; l'air, le bois, le polystyrène sont des isolants.
- **Convection** : par déplacement de matière dans un fluide (liquide ou gaz) : chauffage d'une pièce, courants dans une casserole.
- **Rayonnement** : par ondes électromagnétiques, même dans le vide (énergie du Soleil).

💡 **بالعربية**

الطاقة الداخلية U مجموع الطاقات الحركية المجهرية (الإثارة الحرارية) وطاقات التأثير البيني بين الدقائق. تنتقل الطاقة **بالشغل** W أو **بالتحويل الحراري** Q (من الجسم الساخن نحو البارد). **المبدأ الأول**: $\Delta U = W + Q$. أنماط التحويل الحراري: **التوصيل**، **الحمل**، **الإشعاع**.

2 Quantité de chaleur et capacité thermique

كمية الحرارة والسعة الحرارية

VARIATION DE TEMPÉRATURE

Lorsqu'un corps de masse m passe de la température θ_i à θ_f **sans changer d'état**, la quantité de chaleur qu'il reçoit est :

$$Q = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$$

- c : **capacité thermique massique** du corps ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ou $J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}$) : énergie nécessaire pour élever de 1 °C la température de 1 kg ;
- $Q > 0$ si le corps s'échauffe (il reçoit), $Q < 0$ s'il se refroidit (il cède).

DÉFINITION — CAPACITÉ THERMIQUE

La **capacité thermique** d'un corps (ou d'un récipient) est $C = m \times c$, en $J \cdot K^{-1}$. Alors $Q = C \times \Delta\theta$.

VALEURS USUELLES

Substance	c ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
eau liquide	4185
glace	2100
aluminium	900
fer	460
cuivre	385

L'eau a une capacité thermique très élevée : elle stocke beaucoup d'énergie (rôle régulateur des océans sur le climat).

EXEMPLE

Énergie pour chauffer 2 kg d'eau de 20 °C à 80 °C : $Q = 2 \times 4185 \times 60 = 502\,200$ J ≈ 502 kJ. Avec une résistance de 2000 W (sans pertes), il faut $t = 502\,200/2000 \approx 251$ s, soit un peu plus de 4 min.

DÉFINITION — CHANGEMENT D'ÉTAT

Pendant un changement d'état d'un corps pur (fusion, vaporisation...), la température reste **constante**. La chaleur reçue sert à rompre des liaisons entre particules :

$$Q = m \times L$$

L : **chaleur latente** massique de changement d'état ($J \cdot kg^{-1}$). Pour l'eau : fusion $L_f = 3{,}34 \times 10^5$ $J \cdot kg^{-1}$ à 0 °C ; vaporisation $L_v = 2{,}26 \times 10^6$ $J \cdot kg^{-1}$ à 100 °C. Pour la transformation inverse (solidification, liquéfaction), $Q = -mL$.

PIÈGES

- Écrire toujours $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$ (final − initial) : le signe de Q en découle automatiquement.
- Les masses en **kg** (pas en g) avec c en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.
- Pendant un changement d'état, θ ne varie pas : on n'utilise pas **mcΔθ**.

💡 **بالعربية**

كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة جسم: $Q = m\ c\ (\theta_f - \theta_i)$، حيث c **السعة الحرارية الكتلية**. **السعة الحرارية** C = mc. أثناء **تغير الحالة** تبقى درجة الحرارة ثابتة و $Q = mL$ حيث L **الحرارة الكامنة**.

3 Calorimétrie : équilibre thermique

قياس كمية الحرارة: التوازن الحراري

DÉFINITION — CALORIMÈTRE

Un **calorimètre** est un récipient **isolé thermiquement** (parois doubles, couvercle) : il n'échange pratiquement pas de chaleur avec l'extérieur. On l'utilise pour mesurer des quantités de chaleur, des capacités thermiques ou des chaleurs latentes.

PRINCIPE DES ÉCHANGES THERMIQUES

Dans un calorimètre, les corps échangent de la chaleur jusqu'à atteindre une **température d'équilibre** θ_e commune. Le système étant isolé :

$$\Sigma Q_i = 0 \text{ (somme des chaleurs reçues algébriquement)}$$

La chaleur cédée par les corps chauds est égale à la chaleur reçue par les corps froids.

MÉLANGE DE DEUX MASSES D'EAU

On mélange $m_1 = 300$ g d'eau à 20 °C et $m_2 = 200$ g d'eau à 80 °C (capacité du récipient négligée).

$m_1c(\theta_e - 20) + m_2c(\theta_e - 80) = 0$, donc $\theta_e = (m_1 \times 20 + m_2 \times 80)/(m_1 + m_2) = (6 + 16)/0{,}5 = 44$ °C.
C'est une **moyenne pondérée** par les masses (car même c).

CAPACITÉ THERMIQUE DU CALORIMÈTRE — VALEUR EN EAU

Le calorimètre et ses accessoires (agitateur, thermomètre) participent aux échanges ; on les caractérise par leur capacité thermique C_{cal}. On appelle **valeur en eau** μ la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique : $C_{cal} = \mu \times c_{eau}$.

MÉTHODE GÉNÉRALE

1. Faire la liste de tous les corps : masse, capacité, température initiale (et changement d'état éventuel).
2. Écrire Q pour chacun avec $\Delta\theta = \theta_e - \theta_{initiale}$.
3. Écrire $\Sigma Q = 0$ et résoudre.
4. Vérifier que θ_e est comprise entre les températures extrêmes.

PIÈGE

Avec de la glace, vérifier d'abord si toute la glace peut fondre : comparer la chaleur nécessaire à la fusion complète avec celle que l'eau chaude peut céder en refroidissant jusqu'à 0 °C.

💡 بالعربية

المسعر وعاء معزول حراريا. داخل المسعر تتبادل الأجسام الحرارة حتى بلوغ **درجة حرارة التوازن** θ_e، ويكون $\Sigma Q = 0$.

القيمة المائية للمسعر μ هي كتلة الماء التي لها نفس سعته الحرارية.

4 Exercices

تمارين — حاول أولاً قبل قراءة التصحيح!

9 exercices classés par difficulté. On prend g = 10 N·kg^{-1}, c_{eau} = 4185 J·kg^{-1}·K^{-1}, L_f(glace) = 3,34 × 10^5 J·kg^{-1}, L_v(eau) = 2,26 × 10^6 J·kg^{-1}. Les corrigés sont regroupés dans la partie suivante : cherche d'abord seul !

EXERCICE 1 — PREMIER PRINCIPE — APPLICATION

1. Un gaz reçoit un travail W = 500 J lors d'une compression et cède Q = 200 J au milieu extérieur. Calculer ΔU.
2. Un moteur de vélo d'appartement transforme 3 kJ de travail en énergie interne d'un frein, qui cède ensuite 2,5 kJ à l'air. De combien a varié l'énergie interne du frein ?
3. Quel est le signe de Q pour une boisson qu'on met au réfrigérateur ?

EXERCICE 2 — CHAUFFER DE L'EAU — APPLICATION

On chauffe 2 kg d'eau de 20 °C à 80 °C.

1. Calculer la quantité de chaleur reçue par l'eau.
2. On utilise une résistance de puissance 2000 W. Quelle durée minimale faut-il ?
3. En réalité le chauffage dure 5 min. Calculer le rendement.

EXERCICE 3 — MÉLANGE D'EAU — APPLICATION

On mélange 300 g d'eau à 20 °C et 200 g d'eau à 80 °C dans un récipient de capacité thermique négligeable.

1. Écrire l'équation des échanges thermiques et calculer la température d'équilibre.
2. Quelle masse d'eau à 80 °C aurait-il fallu ajouter aux 300 g d'eau froide pour obtenir 50 °C ?

EXERCICE 4 — CAPACITÉ THERMIQUE D'UN CALORIMÈTRE — APPROFONDISSEMENT

Un calorimètre contient 200 g d'eau à 20 °C. On y verse 100 g d'eau à 60 °C. La température d'équilibre est 32 °C.

1. Pourquoi la température d'équilibre n'est-elle pas égale à celle qu'on obtiendrait sans calorimètre ? Calculer cette dernière.
2. Calculer la capacité thermique C du calorimètre et sa valeur en eau μ.

EXERCICE 5 — IDENTIFIER UN MÉTAL APPROFONDISSEMENT

Dans le calorimètre précédent ($C = 139{,}5\ J \cdot K^{-1}$) contenant 200 g d'eau à 20 °C, on plonge un bloc métallique de 150 g sorti d'une étuve à 100 °C. L'équilibre s'établit à 29,7 °C.

1. Écrire le bilan des échanges thermiques.
2. Calculer la capacité thermique massique du métal et l'identifier (aluminium : 900 ; fer : 460 ; cuivre : 385, en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$).

EXERCICE 6 — FUSION DE LA GLACE APPROFONDISSEMENT

On place un glaçon de 50 g à 0 °C dans 300 g d'eau à 25 °C (capacité du récipient négligée).

1. Calculer l'énergie nécessaire pour faire fondre tout le glaçon, et l'énergie que peut céder l'eau en se refroidissant jusqu'à 0 °C. Le glaçon fond-il entièrement ?
2. Calculer la température d'équilibre.

EXERCICE 7 — FREINAGE D'UNE VOITURE APPROFONDISSEMENT

Une voiture de masse 1000 kg roulant à 72 km/h freine jusqu'à l'arrêt sur une route horizontale. On suppose que toute l'énergie cinétique est transférée aux quatre disques de frein, de masse totale 4 kg et de capacité thermique massique 460 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.

1. Calculer l'énergie cinétique initiale de la voiture.
2. Calculer l'élévation de température des disques.
3. Pourquoi les disques sont-ils souvent ventilés ?

EXERCICE 8 — CHUTE D'EAU APPROFONDISSEMENT

Une chute d'eau a une hauteur $h = 100$ m. On suppose que toute l'énergie mécanique perdue par l'eau à l'arrivée en bas est transformée en énergie interne de l'eau.

1. Exprimer l'élévation de température $\Delta\theta$ de l'eau en fonction de g, h et c.
2. Calculer $\Delta\theta$. Commenter.

EXERCICE 9 — BOUILLOIRE ÉLECTRIQUE — TYPE EXAMEN TYPE EXAMEN

Une bouilloire de puissance 1800 W contient 1,5 L d'eau à 20 °C (1 L d'eau = 1 kg).

1. Calculer l'énergie nécessaire pour porter l'eau à 100 °C.
2. L'ébullition commence au bout de 5 min 30 s. Calculer l'énergie électrique consommée et le rendement de la bouilloire.
3. Où est passée l'énergie perdue ?
4. On laisse la bouilloire fonctionner (même rendement) : combien de temps faut-il pour vaporiser 200 g d'eau ?

5 Corrigés détaillés

التصحيح المفصل للتمارين

CORRIGÉ 1 — PREMIER PRINCIPE

1. $\Delta U = W + Q = 500 + (-200) = 300$ J.

2. $\Delta U = 3000 - 2500 = 500$ J (le frein s'échauffe).

3. La boisson cède de la chaleur : $Q < 0$.

CORRIGÉ 2 — CHAUFFER DE L'EAU

1. $Q = 2 \times 4185 \times 60 = 502\,200$ J.

2. $t = Q/P \approx 251$ s.

3. Énergie fournie : $2000 \times 300 = 600\,000$ J ; $\eta = 502\,200/600\,000 \approx 0{,}84$, soit 84 %.

CORRIGÉ 3 — MÉLANGE D'EAU

1. $0{,}3c(\theta - 20) + 0{,}2c(\theta - 80) = 0 \Rightarrow \theta = 44$ °C.

2. $0{,}3 \times (50 - 20) + m(50 - 80) = 0 \Rightarrow 9 = 30m \Rightarrow m = 0{,}3$ kg $= 300$ g.

CORRIGÉ 4 — CAPACITÉ THERMIQUE D'UN CALORIMÈTRE

1. Sans calorimètre : $(0{,}2 \times 20 + 0{,}1 \times 60)/0{,}3 \approx 33{,}3$ °C. Le calorimètre (initialement à 20 °C) absorbe aussi de la chaleur, donc l'équilibre est plus bas.

2. $(0{,}2 \times 4185 + C)(32 - 20) + 0{,}1 \times 4185 \times (32 - 60) = 0$: $12C + 10\,044 - 11\,718 = 0$, donc $C \approx 139{,}5$ J·K^{-1}. $\mu = C/c \approx 0{,}0333$ kg ≈ 33 g.

CORRIGÉ 5 — IDENTIFIER UN MÉTAL

1. $(0{,}2 \times 4185 + 139{,}5)(29{,}7 - 20) + 0{,}15\,c\,(29{,}7 - 100) = 0$.

2. $976{,}5 \times 9{,}7 = 0{,}15 \times 70{,}3 \times c$, soit $9472 = 10{,}545c$ et $c \approx 898$ J·kg^{-1}·K^{-1} : c'est de l'**aluminium**.

CORRIGÉ 6 — FUSION DE LA GLACE

1. Fusion : $0{,}05 \times 3{,}34 \times 10^5 = 16\,700$ J. Eau jusqu'à 0 °C : $0{,}3 \times 4185 \times 25 \approx 31\,388$ J $> 16\,700$ J : tout le glaçon fond.

2. Le glaçon fond puis l'eau de fusion chauffe de 0 à θ :
$0{,}05 \times 3{,}34 \times 10^5 + 0{,}05 \times 4185 \times \theta + 0{,}3 \times 4185 \times (\theta - 25) = 0$, soit
$16\,700 + 209{,}25\theta + 1255{,}5\theta - 31\,387{,}5 = 0$, d'où $\theta = 14\,687{,}5/1464{,}75 \approx 10{,}0$ °C.

CORRIGÉ 7 — FREINAGE D'UNE VOITURE

1. v = 20 m/s : E_c = ½ × 1000 × 400 = 200 000 J.

2. Δθ = 200 000/(4 × 460) ≈ 109 °C.

3. Pour évacuer l'énergie thermique par convection (et éviter une surchauffe qui diminue l'efficacité du freinage).

CORRIGÉ 8 — CHUTE D'EAU

1. Pour une masse m : mgh = mcΔθ, donc Δθ = gh/c (indépendant de la masse).

2. Δθ = 1000/4185 ≈ 0,24 °C : très faible, à cause de la grande capacité thermique de l'eau.

CORRIGÉ 9 — BOUILLOIRE ÉLECTRIQUE — TYPE EXAMEN

1. Q = 1,5 × 4185 × 80 = 502 200 J.

2. E = 1800 × 330 = 594 000 J ; η = 502 200/594 000 ≈ 0,845 (84,5 %).

3. Elle a chauffé la bouilloire elle-même et a été cédée à l'air (conduction, convection, rayonnement).

4. Q_v = 0,2 × 2,26 × 10^6 = 452 000 J. Puissance utile : 0,845 × 1800 ≈ 1521 W.
t = 452 000/1521 ≈ 297 s ≈ 5 min.

6 Fiche résumé

ملخص الدرس — للمراجعة السريعة

Les formules à connaître

Situation	Formule	بالعربية
bilan d'énergie interne	$\Delta U = W + Q$	المبدأ الأول
variation de température	$Q = mc(\theta_f - \theta_i) = C\Delta\theta$	كمية الحرارة
changement d'état	$Q = \pm mL$	تغير الحالة
système isolé (calorimètre)	$\Sigma Q = 0$	التوازن الحراري
énergie mécanique perdue par frottement	$\Delta U = \lvert\Delta E_m\rvert$	الاحتكاك والطاقة الداخلية

REPÈRES

$$T(K) = \theta(°C) + 273{,}15$$

$$c_{eau} = 4185\ J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}$$

$$L_f = 3{,}34 \times 10^5\ J/kg\ ;\ L_v = 2{,}26 \times 10^6\ J/kg$$

$$C_{cal} = \mu\, c_{eau}$$

TOP 5 DES ERREURS

- Masses en grammes avec c en $J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}$.
- Écrire $\Delta\theta = \theta_i - \theta_f$.
- Oublier le calorimètre dans le bilan.
- Oublier de vérifier si toute la glace fond.
- Utiliser $mc\Delta\theta$ pendant un changement d'état.

Lexique français — arabe معجم المصطلحات

Français	العربية	Français	العربية
Énergie interne	الطاقة الداخلية	Fusion	انصهار
Agitation thermique	الإثارة الحرارية	Vaporisation	تبخر
Transfert thermique	التحويل الحراري	Calorimètre	مسعر
Chaleur	حرارة	Équilibre thermique	توازن حراري
Température	درجة الحرارة	Valeur en eau	القيمة المائية
Capacité thermique massique	السعة الحرارية الكتلية	Conduction	توصيل
Capacité thermique	السعة الحرارية	Convection	حمل
Chaleur latente	الحرارة الكامنة	Rayonnement	إشعاع

Besoin d'aide sur ce chapitre ? Séance d'essai 100 % gratuite.

Cours en direct sur Google Meet · Petits groupes de 8 élèves max · Programme marocain · moraja3a.app · WhatsApp +212 617 638 536

احجز حصتك التجريبية المجانية على موقع moraja3a.app — افهم، تدرّب، انجح.