

Version professeur

Physique-chimie – Première Bac Pro ERA-MA, groupement 3

Livret d'activités

Chapitre 6

Équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe

Édition : LP-1 – 12 septembre 2026 – Naïm Azzouz

Méthode — Mode d'emploi

Lire la situation et les documents, chercher puis justifier la réponse au problème. Choisir les activités selon la progression et le matériel disponible ; les consignes de manipulation restent à respecter. Les énoncés, documents et questions sont repris avec les corrections au fil du support.

Parcours : 1 – Un levier pour soulever une pièce ; 2 – Peser avec une balance à fléau ; 3 – Où se trouve le centre de gravité ? 4 – Quand la maquette bascule-t-elle ?

Activité 1 – Un levier pour soulever une pièce

Découverte – C1 et C4 – 55 à 65 min indicatives – binômes

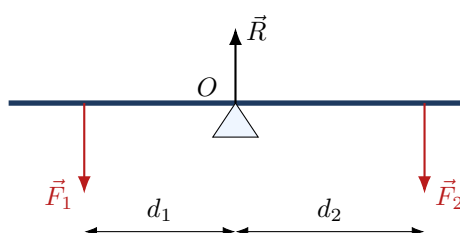
Nom : Classe : Date :

Une menuisière agenceuse étudie sur une maquette le calage d'une pièce. Le levier est une barre qui tourne autour d'un appui : le pivot. La pièce appuie à gauche et la main à droite. **Comment diminuer la force de la main ?**

Remarque — Matériel et préparation

Un appareil connecté par binôme ; pour l'observation réelle, une règle rigide sur un pivot fixé par le professeur, avec une petite charge attachée à gauche. Tester doucement en gardant l'ensemble juste au-dessus de la table. Ne pas essayer avec un meuble réel.

Objectifs : prévoir et observer le sens de rotation, comparer l'effet de deux positions et donner du sens au produit force-distance. Prérequis : lire des distances et comparer des nombres.



Levier étudié : action de la pièce à gauche (F_1), action de la main à droite (F_2), réaction du pivot R. Le poids de la barre est négligé. Schéma sans échelle.

1. Observer réellement. Avec la petite maquette préparée, appuyer doucement à deux positions à droite pour soulever légèrement le côté gauche. Noter où l'effort semble le plus faible. Cette observation est qualitative : aucune intensité n'a encore été mesurée.

2. Prévoir avant de simuler. Dans le modèle numérique, $F_1 = 60\text{ N}$ à gauche et $F_2 = 20\text{ N}$ à droite, avec $d_1 = d_2 = 0,50\text{ m}$. Quel côté va descendre ? Expliquer.

3. Tester. Ouvrir la simulation des moments. Choisir « Commencer le défi 60 N / 20 N », saisir la prévision puis tester. Noter l'observation et dire si elle confirme la prévision.

Activité 1 – Rechercher et expliquer

Suite – résultats simulés, distincts des observations réelles

4. Déplacer seulement la main. Conserver $F_1 = 60 \text{ N}$, $d_1 = 0,50 \text{ m}$ et $F_2 = 20 \text{ N}$. Modifier seulement d_2 pour trouver l'équilibre : $d_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ m.

5. Comparer. Cliquer sur « Préparer le tableau de l'activité ». Pour chaque ligne, prévoir si la force nécessaire sera supérieure, égale ou inférieure à 20 N . Fixer d_2 , puis régler seulement F_2 jusqu'à l'équilibre. Échanger les rôles dans le binôme.

d_2 (m)	Prévision	F_2 relevée (N)	$F_2 \times d_2$
0,50			
1,00			
1,50			

6. Interpréter. Le professeur propose de comparer les produits. À gauche, $60 \times 0,50 = 30$. Compléter la dernière colonne. Que constate-t-on à l'équilibre ?

7. Conclure. Répondre à la menuisière en citant deux résultats du tableau. L'équilibre suffit-il à faire monter le côté gauche ?

À retenir

Après les essais, compléter avec la classe : l'effet de rotation se mesure par le _____. Le produit $F \times d$ s'exprime en _____. Avec une force plus faible, on peut obtenir le même effet en agissant _____ du pivot.

Défi facultatif : $F_1 = 40 \text{ N}$, $d_1 = 0,60 \text{ m}$, $F_2 = 30 \text{ N}$. Trouver d_2 à l'équilibre et vérifier en exploration libre.

Corrigé et conduite – Activité 1

Découverte du levier – adaptation de l'activité 11 du site

1. L'effort paraît plus faible loin du pivot. Cette impression ne donne pas une mesure en N ; si le frottement masque l'effet, reprendre avec le professeur.
2. À mêmes bras, 60 N à gauche produit un effet plus grand que 20 N à droite : la gauche descend.
3. Le modèle confirme cette prévision. Il signale un sens de rotation ; l'angle animé n'est pas une mesure physique de l'inclinaison.
4. Équilibre à $d_2 = 1,50 \text{ m}$: il a fallu éloigner la main.
5. Tableau attendu dans la simulation :

d_2 (m)	Prévision	F_2 (N)	$F_2 d_2$ (N m)
0,50	supérieure	60	30
1,00	supérieure	30	30
1,50	égale	20	30

6. Les produits sont égaux : les moments opposés se compensent.
7. À 1 m, 30 N suffisent contre 60 N à 0,50 m. À l'équilibre, la barre ne tourne pas ; pour monter à gauche, il faut un moment à droite légèrement supérieur.

Trace : moment ; N m ; plus loin. Défi : $40 \times 0,60 = 24$, donc $d_2 = 24/30 = 0,80 \text{ m}$.

Méthode — Conduite

Répartir approximativement 10 min d'observation réelle, 15 min de prévision et test, 20 min de tableau et 10 à 20 min de conclusion. Faire écrire avant chaque essai. Le modèle néglige le poids du levier et le frottement ; la réaction au pivot a un moment nul. Ne pas confondre la force de contact de la pièce avec son poids total.

Repli sans réseau : donner explicitement les trois couples du tableau comme *résultats simulés*. Cela permet une comparaison, mais ne vaut pas essai réalisé par l'élève. **Suite** : cours 1 à 3, exercices 1 à 6, QCM S01. Le cours peut être distribué par parties après la découverte.

Activité 2 – Peser avec une balance à fléau

Expérience – C1 et C2 – 60 min indicatives – binômes

Nom : Classe : Date :

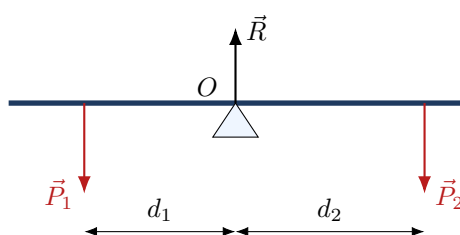
Problème : peut-on déterminer une masse inconnue en utilisant des distances et une masse connue ?

Objectifs : inventorier les moments, mesurer les conditions d'équilibre et confronter calcul et mesure.

Prérequis : moment, poids et conversions.

Remarque — Matériel et conditions

Fléau gradué d'environ 1 m, pivot stable, masses de 50, 100 et 200 g, crochets, objet X de 50 à 100 g, balance. Placer le montage bas au-dessus d'un plateau, fixer les charges et ne pas mettre les mains dessous. Le professeur vérifie le montage. Peser les ensembles suspendus, crochets compris.



Modèle du système fléau + charges : deux poids et la réaction R du pivot. Le poids du fléau est négligé dans ce dessin ; en TP, le fléau est équilibré à vide. Schéma sans échelle.

1. Préparer le zéro. Sans charges, régler le fléau pour qu'il reste horizontal. Vérifier que la verticale de son centre de gravité passe par l'axe dans la position étudiée, donc que son poids a un moment nul. La réaction du pivot a aussi un moment nul. Quelle erreur pourrait produire un fléau déséquilibré à vide ?

2. Mesurer. Suspendre à gauche 100 g à 20 cm de O. Pour chaque masse à droite, prévoir puis rechercher sa distance d'équilibre. Mesurer depuis l'axe jusqu'à la verticale du fil, fléau horizontal.

Masse à droite (g)	Distance prévue (cm)	Distance mesurée (cm)	Produit $m_2 d_2$ (g cm)
50			
100			
200			

Activité 2 – Exploiter et contrôler

Suite – conserver les mesures réellement obtenues

3. Relier aux moments. Pour l'essai avec 50 g, calculer les poids et les moments avec les distances mesurées. Prendre $g = 10 \text{ N/kg}$. Expliquer pourquoi $m_1 d_1 = m_2 d_2$ traduit la même égalité quand les unités de masse et de distance sont communes aux deux côtés.

4. Mesurer X. Placer X à 15 cm à gauche. À droite, essayer successivement 50 puis 100 g. Relever d_e à l'équilibre et utiliser $m_X = m_e d_e / d_X$. Garder les masses en g et les distances en cm dans ce rapport.

Essai	m_e (g)	d_e mesurée (cm)	m_X calculée (g)
1	50		
2	100		

5. Vérifier. Peser X, avec son crochet, sur la balance : _____ g. Comparer aux deux résultats précédents. Écrire l'écart en g pour chaque essai. Ne pas remplacer une mesure par la valeur attendue.

6. Valider la méthode. Citer deux causes possibles d'écart puis une amélioration réalisable. Peut-on annoncer une précision de 1 % sans avoir étudié le matériel ?

7. Conclure. Rédiger trois phrases : principe utilisé, masse trouvée et limite de la mesure.

Corrigé et conduite – Activité 2

Balance à fléau – adaptation de l'activité 10 du site

1. Un déséquilibre à vide ajouterait un moment parasite. Le poids du fléau et la réaction sont de moment nul dans la position horizontale correctement réglée.
2. Distances théoriques : 40 cm pour 50 g, 20 cm pour 100 g, 10 cm pour 200 g. Les produits valent 2000 g cm. Les mesures peuvent s'en écarter : conserver les valeurs réelles.
3. Avec $g = 10 \text{ N/kg}$, à gauche $P_1 = 0,100 \times 10 = 1 \text{ N}$; à droite $P_2 = 0,050 \times 10 = 0,5 \text{ N}$. Les valeurs théoriques des moments sont $1 \times 0,20 = 0,5 \times 0,40 = 0,20 \text{ N m}$. Le facteur g commun s'élimine dans l'égalité des moments. Les g cm ne sont pas des N m.
4. Exemple **fictif** si X vaut 75 g : distances théoriques 22,5 cm avec 50 g, puis 11,25 cm avec 100 g. La relation redonne 75 g dans les deux cas. Ces valeurs ne remplacent pas les mesures de la classe.
5. Calculer la différence de chaque masse estimée à la pesée de référence. Exemple : résultat 74 g, référence 75 g, écart absolu 1 g.
6. Causes : lecture des bras, frottement au pivot, zéro mal réglé, masses des crochets oubliées. Améliorations : peser l'ensemble suspendu, attendre l'immobilité, lire perpendiculairement, refaire le zéro. Aucune précision en pourcentage n'est garantie sans étude du matériel.
7. La conclusion cite la loi des moments, le résultat mesuré et les limites observées ; elle ne recopie pas les nombres de l'exemple fictif.

Remarque — Préparation enseignante

Réserver environ 10 min au zéro, 20 min à la comparaison, 20 min à X , 10 min à la conclusion. Préparer X dans la gamme 50 à 100 g pour que les distances restent accessibles sur le fléau. Compter les charges et leur support ensemble ; les deux charges et le pivot constituent les trois actions du modèle à poids de fléau négligé. Dans le montage réel, vérifier le moment nul du poids propre à l'équilibre horizontal.

Suite : cours 4 et 5, exercices 7 à 12, QCM S02.

Activité 3 – Où se trouve le centre de gravité ?

Expérience – C5 – 50 à 60 min indicatives – binômes

Nom : Classe : Date :

Un agenceur prépare une maquette de plateau de forme irrégulière. La symétrie ne permet pas d'en repérer le centre. **Comment trouver le point par lequel passe le poids ? Objectifs :** déterminer G expérimentalement et contrôler la construction. Prérequis : verticale, poids et équilibre.

Remarque — Matériel

Une plaque légère en carton rigide, de forme irrégulière, préparée et percée en trois points par le professeur ; support stable, attache laissant tourner la plaque, fil à plomb léger, crayon, règle. Suspendre la plaque au-dessus de la table sans la bloquer contre le support.

1. Prévoir. Dessiner le contour simplifié dans le cadre. Placer au crayon un point où l'on pense trouver G ; noter « hypothèse ».



2. Première suspension. Suspendre la plaque en A avec le fil à plomb passant par A. Attendre l'immobilité. Tracer sur la plaque la verticale du fil et la nommer « trace A ». Pourquoi faut-il attendre ?

3. Seconde suspension. Recommencer en B, éloigné de A, pour obtenir « trace B ». Repérer leur intersection et la reporter sur le croquis. Où se situe le point par rapport à l'hypothèse initiale ?

Activité 3 – Justifier et vérifier

Suite – une construction issue de plusieurs observations

4. Expliquer. À l'équilibre, le poids doit avoir un moment nul autour du point de suspension. Où doit alors passer sa droite d'action ? Pourquoi l'intersection des deux traces permet-elle de trouver G ?

5. Contrôler. Suspendre en C, tracer « trace C », puis relever sa distance au point d'intersection des deux premières traces.

Observation	Relevé du binôme
Distance du point G à la troisième trace	 mm
Cause possible d'un écart	
Amélioration proposée	

6. Changer de plaque. Pour une plaque rectangulaire homogène d'épaisseur constante, peut-on prévoir G sans suspension ? Proposer une construction, puis vérifier avec le matériel si disponible.

7. Conclure pour l'agenceur. Expliquer comment déterminer G sur une maquette. La position de G permet-elle, à elle seule, de choisir la fixation d'un plateau réel ?

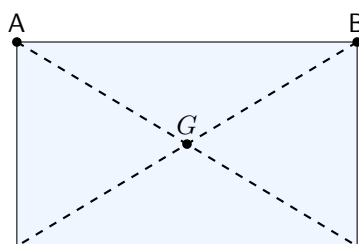
À retenir

Compléter : le poids passe par _____. Lors d'une suspension libre à l'équilibre, G se trouve sur la _____ du point de suspension. Deux traces permettent de le localiser ; la troisième sert à _____.

Corrigé et conduite – Activité 3

Centre de gravité – adaptation du cours, section 6

1. Toute hypothèse initiale argumentée est recevable ; elle n'est pas encore une mesure.
2. Attendre l'arrêt évite de tracer une direction liée à une oscillation. Le fil matérialise la verticale passant par A.
3. Les traces A et B se coupent près de G. Leurs directions sur la plaque sont différentes, car la plaque a pivoté entre les essais.
4. Le poids doit avoir un moment nul au point de suspension : sa droite d'action passe par ce point. G appartient à chacune des verticales tracées ; il appartient donc à leur intersection.
5. La troisième trace doit passer près de G. Une petite zone d'intersection est possible avec l'épaisseur du trait et les erreurs de lecture. Mesurer l'écart et reprendre le tracé si nécessaire ; ne pas forcer la troisième droite à passer par G.
6. Pour un rectangle homogène d'épaisseur constante, G est au croisement des diagonales. La suspension fournit un contrôle indépendant.
7. On reporte les verticales de deux suspensions puis leur intersection sur la maquette. Cela localise G, mais ne dimensionne ni le pied ni une fixation réelle : les appuis, les charges et les autres actions restent à examiner.



Plaque remise à plat après les deux suspensions

Exemple d'une plaque rectangulaire homogène. Les deux traits sont les traces laissées par le fil à plomb lors des suspensions en A puis B. Leur intersection repère G.

Trace : G ; verticale ; contrôler.

Méthode — Conduite

Préparer les trous avant la séance. Prévoir 10 min d'hypothèse et de mise en place, 20 min pour les deux suspensions, 10 min pour le contrôle et 10 à 20 min pour la justification. Laisser l'élève corriger son hypothèse sans effacer sa première proposition.

Suite : cours 6, exercices 13 et 14, QCM S03. La suspension doit être faite réellement ; le QCM vérifie seulement la compréhension du protocole.

Activité 4 – Quand la maquette bascule-t-elle ?

Expérience – C5, reprise de C2 – 55 à 65 min indicatives

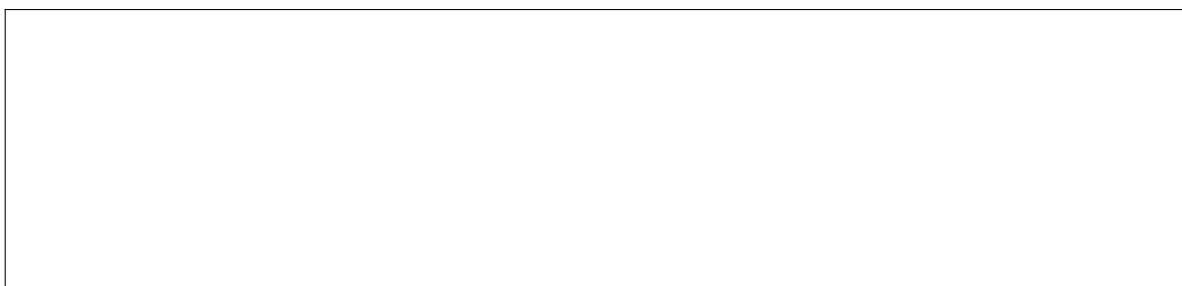
Nom : Classe : Date :

Une boîte rectangulaire légère représente une maquette de meuble. **Une même boîte résiste-t-elle de la même façon au basculement lorsqu'on change sa face d'appui ? Objectifs :** observer la limite, repérer la verticale de G et comparer deux positions. Prérequis : poids, G et bras de levier.

Remarque — Matériel et conditions

Boîte rectangulaire légère, uniforme et fermée, deux dimensions nettement différentes ; repère G placé au centre de sa face latérale ; fil à plomb ; surface horizontale antidérapante. Manipuler lentement au ras de la table et retenir la boîte après observation. Aucun essai sur un meuble réel. Si la boîte glisse, arrêter : le protocole de basculement n'est plus applicable.

1. Prévoir. Choisir deux faces d'appui. Dessiner les deux positions de côté, noter A et B et indiquer laquelle semble moins facile à faire basculer.



2. Observer. Incliner doucement la boîte autour d'un bord, en maintenant ce bord sur la table. À chaque position, visualiser la verticale de G avec le fil à plomb. Repérer le retour vers la base ou la tendance à poursuivre la rotation quand on relâche très légèrement, en restant prêt à la retenir. **Relevé :** décrire une position où la boîte revient et une position où elle poursuit la rotation.

Activité 4 – Relier l'observation au poids

Suite – modèle : poids et contacts, sans glissement

3. Repérer la limite. Chercher la position où la verticale de G passe exactement par le bord de rotation. Faire un croquis avec G, la verticale et le bord. Quel est alors le bras de levier du poids par rapport à ce bord ?



4. Comparer. Recommencer sur l'autre face. Mesurer les largeurs des bases et les hauteurs de G quand la boîte est posée à plat. Indiquer la position qui demande l'inclinaison la plus grande avant la limite (aucun angle chiffré n'est exigé).

Position	Largeur de base (cm)	Hauteur de G (cm)	Observation
A			
B			

5. Interpréter. Expliquer le rôle du poids avant, à la limite et après la limite. Comparer la largeur de la base et la hauteur de G pour interpréter les deux essais.

6. Conclure. Répondre au problème initial. Pourquoi cette expérience ne suffit-elle pas à garantir la stabilité d'un meuble réel chargé ?

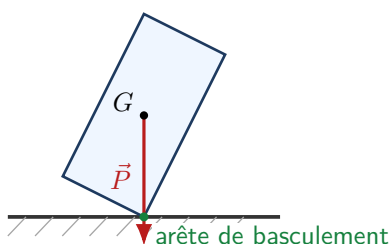
À retenir

Compléter : la limite est atteinte lorsque la verticale de G passe par _____. Au-delà, le poids _____ la rotation. Pour comparer deux maquettes, on examine la base d'appui et _____.

Corrigé et conduite – Activité 4

Basculement – adaptation du cours, section 7

1. Conserver les deux croquis et les prévisions. Pour une boîte de section rectangulaire homogène, la position large et basse devrait demander davantage d'inclinaison.
2. Avant la limite, la verticale de G reste du côté de la base par rapport au bord : le poids ramène la boîte. Au-delà du bord, le poids poursuit sa rotation. Si l'observation montre du glissement, reprendre le montage et ne pas l'interpréter comme un basculement.
3. À la limite, la verticale de G passe par le bord de rotation : $d_P = 0$, donc le moment du poids est nul autour de ce bord.
4. Reporter les dimensions réelles. Exemple géométrique fictif : une boîte de section 8 cm par 16 cm a, debout, une base de 8 cm et G à 8 cm de haut ; couchée, une base de 16 cm et G à 4 cm. La seconde position demande une inclinaison plus grande. Aucun calcul trigonométrique n'est exigé.
5. À la limite, l'effet du poids change de sens. À même hauteur de G, une base plus large augmente la marge ; à même base, abaisser G augmente aussi la marge.
6. Une même boîte ne se comporte pas de la même façon selon sa face d'appui. Un meuble réel peut être chargé de manière inégale, subir une poussée et avoir d'autres appuis ou fixations : l'expérience seule ne garantit pas sa stabilité réelle.



Boîte inclinée exactement à la limite : la verticale du poids passe par l'arête de basculement, en vert. Le bras de levier du poids par rapport à cette arête est donc nul, et le poids ne fait plus tourner la boîte ni dans un sens ni dans l'autre. Inclinaison calculée à partir des proportions de la boîte ; longueurs sans échelle.

Trace : le bord de rotation ; poursuit ; la hauteur de G.

Méthode — Conduite

Faire vérifier le repère G par symétrie d'une boîte uniforme. Garder le fil indépendant du mouvement de la boîte. Prévoir 10 min de prévisions, 20 min d'essais, 15 min de comparaison et 10 à 20 min de bilan. Arrêter après repérage de la tendance à basculer : laisser tomber la boîte n'apporte aucune information supplémentaire.

Suite : cours 7, exercices 15 et 16, QCM S04. Les durées proposées n'ont pas encore été éprouvées en classe.