

# PHYSIQUE - LES FORCES ET LEURS APPLICATIONS : EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS À UN SYSTÈME DE FORCES

## RÉSUMÉ :

Tout au long de cette séquence, les élèves réaliseront qu'autour d'eux, beaucoup d'objets ou de systèmes se trouvent en équilibre statique ou dynamique. Ils constateront également que nombre de dispositifs fonctionnent lorsque l'on fait agir sur eux une force ou un couple de forces produisant leur rotation autour d'un axe.

## AUTEURS :

- intégration dans Canoprof : Jean Joseph Mackenzie charles

## I. Les forces et leurs applications : Equilibre d'un solide soumis à un système de forces

### 1. Présentation de la séquence et documents à télécharger

DURÉE : 5 heures

RÉSUMÉ :

Documents à télécharger :

- [Télécharger la séquence au format PDF](#)
- [Télécharger tous les documents pour l'élève](#)

#### a. Compétence(s) ciblée(s)

**Compétence 1 : Explorer les phénomènes naturels et les objets techniques à l'aide d'outils et de démarches caractéristiques des sciences expérimentales.**

- **Composante 1b – Niveau visé : application**  
Observer, mesurer, décrire et expliciter le fonctionnement de phénomènes naturels et d'objets techniques à l'aide d'un vocabulaire scientifique et technique et par l'usage d'instruments d'observation et de mesure, de l'infiniment grand à l'infiniment petit.
- **Composante 1c – Niveau visé : application**  
Mettre en œuvre une démarche expérimentale par la formulation d'hypothèses, la définition et la mise en œuvre de stratégies d'exploration simples, le choix d'instruments d'observation et de mesure adaptés, la réalisation d'expériences, la formalisation des résultats obtenus et leur confrontation aux hypothèses émises.

**Compétence 2 : Appréhender les phénomènes naturels et le comportement des objets techniques par le biais des représentations, de la modélisation et du langage mathématique.**

- **Composante 2a – Niveau visé : acquisition.**  
Lire, interpréter, exploiter et produire des dessins d'observation, plans, schémas fonctionnels, diagrammes, courbes et tableaux de données se référant à des phénomènes naturels ou des objets techniques
- **Composante 2b – Niveau visé : acquisition.**  
Faire à la fois la différence et le lien entre un modèle scientifique basé sur l'idéalisation du comportement d'un objet naturel ou artificiel, que ce modèle soit formalisé mathématiquement ou non, et les observations effectuées dans le cadre d'une démarche expérimentale
- **Composante 2c – Niveau visé : application.**  
Utiliser un modèle formalisé issu des sciences expérimentales et effectuer des calculs simples pour expliciter et/ou prévoir un phénomène naturel ou le fonctionnement/comportement d'un objet technique

**Compétence 3 : Se situer et agir en citoyen ou citoyenne responsable, dans un souci d'enrichissement, de préservation et de protection de la vie sociale, de la santé et de l'environnement.**

- *Composante 3a – Niveau visé : acquisition*  
Exercer un regard curieux et adopter une attitude exploratoire face au monde qui l'entoure et responsable face à son propre corps, en faisant preuve d'une distance critique et d'une capacité d'analyse et d'interprétation des informations qui lui sont soumises.
- *Composante 3d – Niveau visé : application*  
Apprendre à l'école et en dehors de l'école, puis tout au long de sa vie, par le biais de la documentation accessible in situ et en ligne, de ses expériences individuelles et des interactions avec les membres de sa communauté, notamment en vue de découvrir les métiers et activités professionnelles qui lui correspondent parmi celles qui l'entourent.

## b. Savoirs, savoir-faire, savoir-être/attitudes à acquérir

- Distinguer les différents types d'équilibres dans lesquels un objet peut se trouver (statique, dynamique, stable, instable ...).
- Définir la résultante d'un système (ou ensemble) de forces et comprendre que cette résultante est nulle lorsque l'objet auquel ces forces s'appliquent est en équilibre.
- Schématiser un système de forces agissant sur un objet en équilibre.
- Schématiser et mesurer la résultante d'un système de forces agissant sur un objet en équilibre.
- Réaliser l'équilibre d'un objet au repos sur une table ou suspendu à un ressort pour identifier et schématiser les forces auxquelles ces objets sont soumis, et comprendre qu'un objet en équilibre est soumis au moins à deux forces opposées.
- Expliquer qu'une force peut provoquer la rotation d'un objet par rapport à un axe et que cet effet de rotation traduit le moment de la force.
- Citer plusieurs exemples de la vie courante où une force produit un moment c'est-à-dire la rotation d'un objet par rapport à un axe.
- Comprendre que le moment d'une force par rapport à un axe est orienté et sa valeur dépend de l'intensité de la force et de la distance de cette force à l'axe de rotation.
- Comprendre qu'un objet peut être en équilibre sous l'action de deux moments contraires produits par deux forces opposées.
- Illustrer à l'aide d'une toupie les différents types d'équilibres auxquels les objets peuvent être soumis.
- Réaliser des expériences où des forces provoquent la rotation d'objets par rapport à un axe en produisant des moments.
- Développer sa curiosité dans l'observation des phénomènes naturels et artificiels afin de les questionner et de chercher à mieux les comprendre.

## c. Prérequis

Savoir que :

- Les forces peuvent produire des effets statiques ou dynamiques en s'exerçant sur les objets pour modifier leur état de repos ou de mouvement
- Principe d'inertie : tout objet (sur la Terre ou dans l'espace) soumis à des forces qui se compensent est soit immobile, soit en mouvement rectiligne uniforme
- Les forces sont caractérisées par une droite d'action (direction), un sens et une intensité.
- Le poids d'un corps est la force d'attraction (force de pesanteur) exercée par la Terre sur lui. Il est vertical et dirigé vers le bas.
- L'intensité d'une force (ou d'un poids) se mesure à l'aide d'un dynamomètre et s'exprime en Newton (N)
- La formule mettant en relation le poids et la masse d'un objet est  $P = m.g$
- Une force est représentée schématiquement par un segment de droite fléché (vecteur)
- Le mot « équilibre » est utilisé couramment pour parler d'un objet qui ne bouge pas
- Les forces peuvent aussi bien équilibrer des objets que les mettre en mouvement ou les déformer
- Statique veut dire « immobile » et dynamique « en mouvement »
- Un livre déposé sur une table est soumis à l'action de deux forces

# Physique - Les forces et leurs applications : Equilibre d'un solide soumis à un système de forces

- Tout objet sur la Terre soumis à des forces qui se compensent est soit immobile, soit en mouvement rectiligne uniforme

## d. Stratégie d'apprentissage

- Approche socio-constructiviste reposant sur une réflexion en commun relative aux propriétés observées des objets apportés de la maison.
- Approche phénoménologique (construction d'une « intuition » des phénomènes observés).
- Respect de l'autonomie des élèves et de leur goût pour les activités à réaliser afin de développer chez eux le sens de la créativité.

## e. Modalités

- Activités de recherche et partage d'informations
- Mise au point et réalisation de manipulations
- Travail en classe entière et en petits groupes
- Exploitation de documents appropriés
- Devoirs à la maison

## f. Découpage en séances

### Découpage en séances

Séance (Titre et durée)	Thème, place dans la séquence et très brève description
séance 1 <b>A la découverte de l'équilibre des objets</b> (1 heure)	En observant le comportement de certains objets au repos ou en mouvement, les élèves cherchent à identifier des objets en équilibre afin d'en faire la différence et de comprendre leur fonctionnement. Ils réalisent des activités pour mettre en évidence les équilibres statique et dynamique, et dans chaque cas stable et instable, des objets.
séance 2 <b>Les systèmes de forces et leur résultante en situation d'équilibre</b> (1 heure)	En s'appuyant sur les exemples trouvés dans la séance précédente, les élèves représentent graphiquement (géométriquement) les forces qui agissent sur différents objets en équilibre. Ils cherchent à déterminer la résultante de ces forces pour comprendre ce qu'il advient lorsque cette résultante est nulle.
séance 3 <b>Moment d'une force dans la vie courante et équilibre d'un solide mobile autour d'un axe</b> (2 heures)	Avec l'aide de l'enseignant, les élèves utilisent des tournevis, des clés et d'autres matériels pour effectuer eux-mêmes la rotation de certains objets en y exerçant une force ou un « couple de forces ». Ils découvrent l'effet de rotation produit par une force et abordent la notion de « moment d'une force ». Ils analysent également les effets des forces ou des couples de forces sur l'équilibre d'un objet en rotation.
séance 4 <b>Evaluations</b> (1 heure)	Evaluation finale (formative ou sommative) sur les contenus + Evaluation (diagnostique) des compétences.

NB. L'évaluation diagnostique des compétences doit être réalisée en début d'année, à la fin de la première séquence. Si l'enseignant décide de commencer par une autre unité d'apprentissage, cette évaluation diagnostique devra être réalisée à la fin de la première séquence traitée.

## g. Support et matériel

Fiches :

1. Leçon : Résultante d'un système de forces
2. Leçon : Moment d'une force par rapport à un axe

Manuel de sciences physiques (livre de classe), si existant pour ce nouveau programme

## h. Modalités d'évaluation

- **Evaluation initiale (diagnostique) :**  
Sous la supervision de l'enseignant, les élèves s'organisent en petits groupes pour discuter sur des questions relatives aux prérequis sur les forces et le poids, leurs effets, leurs caractéristiques et leurs représentations, suivies de questions posées à l'enseignant. Les questions posées peuvent toutefois l'être sous forme de QCM, de schémas à produire et d'explications précises à donner.
- **Evaluation continue (formative) :**  
L'enseignant organise régulièrement des activités d'évaluation formative, soit à la fin d'une séance, soit au début de la suivante. Il propose à chaque élève différents types d'exercices : « vrai ou faux », « questions à trous », « QCM », « listes de termes à classer », production de schémas, d'explications à donner, etc. dont des exemples sont proposés dans les pages qui suivent. Il s'autorise toutefois une certaine latitude et flexibilité de manière à organiser ces activités en fonction de sa perception de la progression des élèves.
- **Evaluation finale (bilan) et critères/indicateurs de réussite**

## i. Prolongements éventuels

- Observations et recherches supplémentaires à faire à la maison.
- Exercices à faire à la maison et à présenter au cours suivant.
- Analyse des fiches documentaires et visualisation de vidéos.

## j. Différenciation et adaptation aux élèves à besoins éducatifs particuliers

L'enseignant propose des tâches plus simples aux élèves en difficulté afin de relever leur niveau pour leur permettre de mieux appréhender les notions et les phénomènes qui paraissent difficiles à comprendre. Ces tâches, qui peuvent être des exercices, des activités d'observation ou de manipulations, des constructions de schémas..., sont données en fonction de la nature des difficultés des élèves.

NB. Ces activités peuvent également être réalisées pour les élèves sans besoins particuliers, qui peuvent en profiter également.

## k. Mise au point pour l'enseignant

### Contenus

- A travers cette séquence, il s'agit de faire découvrir aux élèves qu'il existe des objets ou des systèmes en équilibre statique ou en équilibre dynamique (stables ou instables) à l'état natif, mais que l'homme a su aussi exploiter ces principes d'équilibre dans des systèmes complexes comme la construction d'édifices, des ponts, de certaines machines, etc.
- Les différents types d'équilibre peuvent être résumés dans le tableau ci-dessous.

Equilibre	Stable	Instable
Statique	Livre posé sur une table	Château de cartes
Dynamique	Toupie en rotation rapide sur une surface plane	Pièce de monnaie roulant sur la tranche

NB. Ce tableau pourra éventuellement être ajouté dans les traces écrites des élèves.

# Physique - Les forces et leurs applications : Equilibre d'un solide soumis à un système de forces

- Les notions de systèmes de forces et de résultante seront abordées en faisant des rappels de notions déjà vues auparavant en cette même année de 8<sup>e</sup> pour une meilleure introduction et compréhension des systèmes en équilibre statique.
- Il est à noter qu'à ce niveau les élèves n'ont pas encore abordé la notion de vecteur en mathématique. Ainsi, sur la « représentation vectorielle » des forces ( $\vec{F}$  avec une flèche au-dessus), on n'utilisera pas le terme « vectoriel », mais on parlera tout simplement de « représentation géométrique » des forces sous forme de segment de droit fléché, en introduisant la notation des forces sous la forme d'une lettre surmontée d'une flèche (Ex  $\vec{F}$  force ou  $\vec{f}$ ).
- En classe de 8<sup>e</sup> année fondamentale, on n'étudiera pas formellement la manière dont une force (résultante) « accélère » un objet, ce qui sera traité en classe secondaire. Cependant, il sera bien utile de commencer à instiller auprès des élèves l'idée que :
  - **si la résultante est nulle, l'objet n'est pas forcément immobile (au repos), il peut être en un mouvement rectiligne uniforme à vitesse constante (l'une des facettes du principe d'inertie).**
  - **si la résultante n'est pas nulle, l'objet n'a pas une vitesse constante mais accélère, et ce d'autant plus que la force est élevée** (et que la masse de l'objet est faible).
- On abordera avec les élèves la notion de moment d'une force de façon purement phénoménologique par la réalisation de différentes manipulations, pour expliquer l'équilibre des objets en rotation, mais en évitant tout calcul.
- A ce niveau on évitera les formules, les calculs et les constructions géométriques complexes, mais on utilisera surtout les notions de droites, de segments de droites, de droites perpendiculaires, parallèles et concourantes...).
- On évitera également de manipuler tout ce qui pourrait paraître dangereux pour les élèves dans les activités à réaliser.

## I. Méthodes

- On évitera l'emploi d'un langage trop technique à ce niveau, privilégiant un langage simple et qualitatif afin de faciliter la compréhension intuitive des phénomènes par les élèves.
- Il est conseillé de donner aux élèves des activités à faire à la maison en prélude aux notions qui seront étudiées à chaque séance ultérieure.
- On encouragera les élèves à s'entraider lorsqu'ils travaillent en équipe.
- Lors de cette première séquence du thème (mais également tout au long de l'année), on pensera à valoriser les efforts et les idées des élèves, même lorsqu'elles ne sont pas tout à fait correctes, pour les encourager et les stimuler à participer au cours et leur donner confiance en leurs capacités à apprendre les sciences.

## 2. Séance 1. A la découverte de l'équilibre des objets

DURÉE : 1 heure

RÉSUMÉ :

En observant le comportement de certains objets au repos ou en mouvement, les élèves cherchent à identifier des objets en équilibre afin d'en faire la différence et de comprendre leur fonctionnement. Ils réalisent des activités pour mettre en évidence les équilibres statique et dynamique, et dans chaque cas stable et instable, des objets.

### a. Supports et matériel

#### Supports

- 2 Vidéos : une sur l'équilibre stable et instable ; une sur l'équilibre statique des objets et ses conditions.
- Manuel de sciences physiques (livre de classe), si existant pour ce nouveau programme

#### Matériel

- Cahier, crayon, toupie, planche, cale ou coin (point d'appui), etc.

b. Déroulement de la séance

Etape	Durée	Ce que fait l'enseignant	Ce que fait l'élève
<p>Temps 1</p> <p><b>Evaluation initiale (diagnostique) sur les prérequis relatifs à la matière</b></p>	15 minutes	<p>L'enseignant demande aux élèves de s'organiser en petits groupes pour discuter sur des questions préparées au préalable, relatives aux prérequis sur les forces et le poids, leurs effets, leurs caractéristiques et leurs représentations afin de lui poser ensuite des questions.</p> <p>A noter que ces questions préparées au préalable peuvent être sous forme de QCM, de schémas à produire et d'explications précises à donner.</p> <p>Après 15 minutes, l'enseignant fait l'inventaire des réponses des élèves et discute avec eux sur leur propre questionnement.</p>	<p>Les élèves se mettent en groupe, essaient de répondre aux questions et posent à leur tour leurs propres questions.</p>
<p>Temps 2</p> <p><b>Equilibre d'un solide</b></p> <p>Réalisation d'activités relatives à l'équilibre des objets</p>	15 minutes	<p>L'enseignant demande à un élève volontaire de passer devant la classe et de suivre les consignes suivantes :</p> <p><b>Consigne 1</b></p> <p>Se mettre debout et s'appuyer dos au mur en se croisant les bras.</p> <p>L'enseignant demande à la classe : « Est-ce que le volontaire est en équilibre ? Est-il en équilibre stable ou en équilibre instable ? »</p> <p><b>Consigne 2</b></p> <p>Se mettre debout sur un pied en ouvrant les bras horizontalement, l'un à gauche et l'autre à droite, puis bouger le corps en essayant de ne pas déplacer le pied au sol.</p> <p>L'enseignant questionne à nouveau la classe : « Le volontaire est-il toujours en équilibre ? Est-il en équilibre stable ou en équilibre instable ? »</p> <p>Dans ces positions d'équilibre, le volontaire est-il au repos ou en mouvement ? Préciser dans chaque cas si l'équilibre est statique ou dynamique ?</p> <p>L'enseignant conclut alors en expliquant que le volontaire, dans les deux positions, est en équilibre. Mais dans le premier cas l'équilibre était statique et stable, et dans le second cas l'équilibre était dynamique et instable.</p> <p>Pendant les 5 minutes qui suivent, l'enseignant invite les élèves à visualiser une vidéo sur « <b>l'équilibre stable et instable</b> » pour comprendre qu'un objet en équilibre stable revient toujours à sa position initiale après avoir été perturbé, alors qu'un objet en équilibre instable s'écarte de sa position initiale après avoir été perturbé, même lorsqu'il peut</p>	<p>L'élève en question donne sa réponse à l'enseignant</p> <p>Le second élève essaie de répondre à la question</p> <p>Les élèves discutent entre eux et avec l'enseignant sur les conditions d'équilibre d'un solide au repos.</p> <p>Chaque élève prend un cahier et un crayon et cherche à trouver l'équilibre du cahier.</p> <p>Ils cherchent ensuite à identifier les forces agissant sur le système cahier-crayon et à préciser leurs caractéristiques.</p> <p>Les élèves notent la conclusion dans leur cahier de cours.</p> <p>Les élèves assistent à la projection et posent des questions à l'enseignant.</p>

<p>Temps 3  <b>Réalisation d'activités sur l'équilibre dynamique des objets.</b>                  Conditions d'équilibre dynamique d'un système</p>	<p>15 minutes</p>	<p>L'enseignant dépose un livre sur son bureau, choisit un élève et lui pose la question : « Est-ce que le livre est en équilibre ? Si oui, quel type d'équilibre ? »                  Il reprend en disant qu'effectivement le livre est en équilibre statique stable. Il appelle ensuite un autre élève pour lui demander : « Y a-t-il des forces qui agissent sur le livre en équilibre sur le bureau ? Si oui, laquelle ou lesquelles ? »                  A partir de la réponse de l'élève, l'enseignant ouvre un débat dans la classe sur les conditions d'équilibre d'un solide au repos.                  Il demande à chaque élève de prendre un cahier et un crayon, puis d'essayer de faire tenir le cahier sur l'une des extrémités du crayon par l'une de ses grandes faces.                  Au vu de l'équilibre du cahier chez certains, l'enseignant demande d'identifier les forces qui agissent sur le cahier, puis de préciser leurs caractéristiques.                  La conclusion est que le poids (force de pesanteur) du cahier agit verticalement vers le bas sur le crayon et la force qui retient le crayon réagit verticalement vers le haut sur le cahier avec la même intensité pendant que l'extrémité du crayon est située juste sous le centre de gravité du cahier.                  On peut alors dire que le système cahier-crayon est soumis à deux forces : le poids du cahier et la réaction du crayon qui se compensent, car :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. les deux forces sont <b>de même ligne d'action</b> : la <b>verticale</b> ;</li> <li>2. elles sont <b>de sens contraires</b> : l'une vers le bas et l'autre vers le haut ;</li> <li>3. elles sont <b>de même intensité</b> : de même valeur.</li> </ol>	<p>L'élève en question donne sa réponse à l'enseignant                  Le second élève essaie de répondre à la question                  Les élèves discutent entre eux et avec l'enseignant sur les conditions d'équilibre d'un solide au repos.                  Chaque élève prend un cahier et un crayon et cherche à trouver l'équilibre du cahier.                  Ils cherchent ensuite à identifier les forces agissant sur le système cahier-crayon et à préciser leurs caractéristiques.                  Les élèves notent la conclusion dans leur cahier de cours.                  Les élèves assistent à la projection et posent des questions à l'enseignant.</p>
---	-------------------	--	--



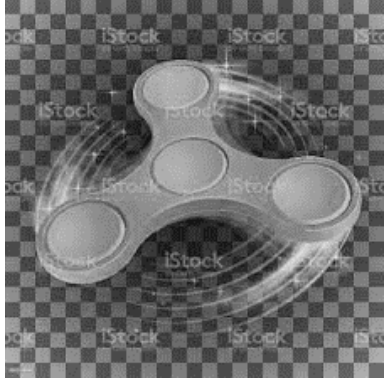
<p>Temps 4  <b>Réalisation d'activités l'équilibre dynamique des objets.</b>                  Conditions d'équilibre dynamique d'un système</p>	<p>sur des 10 minutes</p>	<p>L'enseignant invite un élève à faire jouer la toupie quelque part dans la salle et cette dernière se déplace jusqu'à se fixer en un point où elle reste à tourner sur elle-même.</p> <p>L'enseignant demande à la classe d'observer et de dire si la toupie est en équilibre ou pas dans la position fixe en ce point où elle tourne sur elle-même ; et si c'est bien le cas, de définir la nature de cet équilibre : statique ou dynamique ? Stable ou instable ?</p> <p>L'enseignant prend ensuite l'exemple d'une personne qui monte au huitième étage d'un immeuble en ascenseur. Il demande aux élèves est-ce que l'ascenseur, en montant à vitesse constante, est en équilibre. Si oui, cet équilibre est-il statique ou dynamique ? Et pourquoi ? Stable ou instable ?</p> <div data-bbox="571 815 938 1323" data-label="Image"> </div> <p>Il dessine au tableau l'image de l'ascenseur et de la personne à l'intérieur, identifie avec les élèves les forces qui agissent sur le système ascenseur-passager et conclut sur les conditions d'équilibre dynamique stable de l'ascenseur qui sont les suivantes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le système se déplace en ligne droite, donc en mouvement rectiligne ;</li> <li>• La vitesse et la masse du système sont constantes pendant le trajet .</li> <li>• Les forces agissant sur le système se compensent.</li> </ul>	<p>L'élève fait jouer la toupie comme l'a demandé l'enseignant.</p> <p>Les élèves répondent aux questions, mais les réponses diffèrent.</p> <p>Encore une fois, les élèves donnent des réponses différentes et essaient d'expliquer pourquoi.</p> <p>Les élèves participent à l'identification des forces agissant sur l'ascenseur et notent les conditions d'équilibre dynamique.</p>
---	---------------------------	---	--



<p>Temps 5 Consolidation des apprentissages, résumé du cours et activités de maison</p>	<p>5 min</p>	<p>Au cours des 5 dernières minutes, l'enseignant questionne la classe sur les notions d'équilibre qui viennent d'être abordées. Il conclut en faisant un résumé du cours et distribue une page d'exercices à faire à la maison et la fiche documentaire sur la résultante d'un système de forces à lire et à essayer de comprendre pour la séance suivante.</p>	<p>Les élèves répondent aux questions de l'enseignant, puis prennent connaissance des devoirs à faire à la maison et de la fiche documentaire.</p>
---	--------------	--	--

### c. Devoir à la maison

#### Exercice 1.

<p><b>Observer attentivement les situations suivantes. Dire dans chaque cas s'il y a équilibre ou non. Si oui, préciser sa nature.</b></p>		
		
<p>Ballon tenu sur le doigt</p>	<p>Passerelle reliant deux montages</p>	<p>Toupie en rotation autour d'un axe fixe</p>

#### Exercice 2

Un homme explique qu'il a l'habitude de se mettre en position de l'ours de la façon suivante :

- Je me mets à quatre pattes ;
- Je soulève mes genoux ;
- J'avance en déplaçant chaque main en même temps que le pied opposé ;
- Je respire normalement.

1. D'après vous, en se déplaçant suivant cette position de l'ours, cet homme est-il en équilibre ou non ?
2. Si oui, cet équilibre est-il statique ou dynamique ? Expliquer brièvement votre réponse.

### d. Production attendue

Il est attendu que l'élève :

- définisse la notion d'équilibre,
- parvienne à différencier l'équilibre stable de l'équilibre instable, et l'équilibre statique de l'équilibre dynamique,
- énonce et comprenne les conditions d'équilibre statique ou dynamique d'un solide.

Traces écrites pour l'élève :

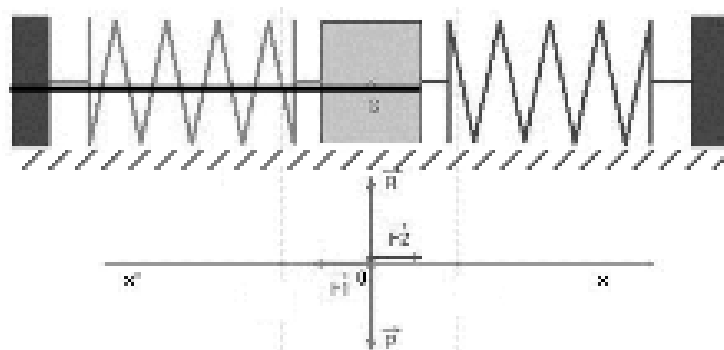
- Un objet est en équilibre lorsqu'il n'y a pas de changement dans son état de mouvement. S'il est au repos, il reste au repos ; s'il est en mouvement, son mouvement est rectiligne et sa vitesse est constante.
- Un objet est en équilibre stable s'il revient toujours à sa position initiale après avoir été perturbé.
- Un objet est en équilibre instable s'il s'écarte de sa position initiale après avoir été perturbé ; il peut toujours rejoindre une nouvelle position d'équilibre stable.
- Les différents types d'équilibre peuvent être résumés dans le tableau ci-dessous.

Equilibre	Stable	Instable
Statique	Livre posé sur une table	Château de cartes
Dynamique	Toupie en rotation rapide sur une surface plane	Pièce de monnaie roulant sur la tranche

- Deux forces se compensent quand elles sont exactement opposées.
- Un objet soumis à deux forces est en équilibre statique quand les deux forces sont exactement opposées c'est-à-dire de même ligne d'action, de même intensité, mais de sens contraires.
- Un objet est en équilibre dynamique quand il se déplace à vitesse constante et que les forces qui agissent sur lui se compensent.

### e. Évaluation et régulation

Observer la photo ci-contre où un solide G, posé sur une table, est maintenu en équilibre par deux ressorts horizontaux.



1. Identifier les forces agissant sur le solide et précisez leurs caractéristiques.
2. Que peut-on dire des forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  en les comparant deux à deux, de même que des forces  $\vec{P}$  et  $\vec{R}$ ?
3. Que peut-on conclure de l'ensemble des forces agissant sur le solide G ? Ce dernier est-il alors en équilibre ? Si oui, quel type d'équilibre ?

**NB :** Cette évaluation sera effectuée au début de la séance n° 2.

Si le niveau de l'élève par rapport aux éléments évalués est « Insuffisant », soit moins de 3 sur 5, il est conseillé à l'enseignant d'investiguer et d'échanger avec l'élève pour comprendre d'où viennent ses difficultés (cognitives, attentionnelles, familiales, etc.) en vue d'y remédier plus efficacement.

### f. Éléments de remédiation

Si, à travers les évaluations, un élève a souvent des hésitations dans ses réponses ou donne fréquemment des réponses incorrectes, il est probable qu'il ait besoin de remédiation.

L'enseignant propose à l'élève des notions de base à revoir et des exercices plus faciles, en découpant les apprentissages en étapes plus simples et en donnant des exercices de difficulté intermédiaire.

Dans le cas des classes pléthoriques, l'enseignant peut réhabiliter l'enseignement mutuel en demandant à un élève qui a compris d'aider un élève qui n'a pas compris (tout en promettant comme récompense à l'élève-aide le même surplus de note de l'élève en difficulté s'il s'améliore lors du prochain test).

## 3. Séance 2. Les systèmes de forces et leur résultante en situation d'équilibre

**DURÉE : 1 heure**

**DÉMARCHE :**

En s'appuyant sur les exemples trouvés dans la séance précédente, les élèves représentent graphiquement (géométriquement) les forces qui agissent sur différents objets en équilibre. Ils cherchent à déterminer la résultante de ces forces pour comprendre ce qu'il advient lorsque cette résultante est nulle.

### a. Supports et matériel

#### Supports

- Fiche : Résultante d'un système de forces.
- Manuel de sciences physiques (livre de classe), si existant pour ce nouveau programme

#### Matériel

- Parpaing (bloc de construction en béton)

### b. Déroulement de la séance

Etape	Durée	Ce que fait l'enseignant	Ce que fait l'élève
Temps 1 <b>Correction des devoirs à la maison</b>	10 minutes	L'enseignant vérifie le devoir de certains élèves, puis il choisit un élève pour présenter le sien. Ensuite il demande à deux autres s'ils ont des choses à ajouter pour compléter la présentation réalisée par leur camarade. Enfin, il corrige avec toute la classe.	Certains élèves présentent leurs devoirs effectués et la classe participe aux corrections.
Temps 2 <b>Evaluation de la séance précédente</b>	15 minutes	L'enseignant réalise l'évaluation de la séance précédente en remettant une feuille à chaque élève contenant l'exercice prévu à cet effet. Après 10 minutes, il ramasse les copies pour appréciation et questionne la classe sur les réponses aux questions de l'exercice en faisant la correction.	Les élèves effectuent l'exercice, remettent leurs copies et participent aux corrections.

# Physique - Les forces et leurs applications : Equilibre d'un solide soumis à un système de forces

<p>Temps 3</p> <p><b>Etude d'un système immobile soumis à l'action de son poids et de deux autres forces</b></p> <p>Compréhension et représentation de la résultante</p> <p>Représentation d'un système soumis à l'action de deux forces</p>	<p>25 minutes</p>	<p>L'enseignant demande aux élèves de prendre la fiche relative à la résultante. Il discute avec eux sur les activités, leur pose des questions, leur donne des explications et répond à leurs interrogations.</p> <p>Ensuite, il prend le parpaing et pose alors la question : "Un enfant de deux ans peut-il soulever ce parpaing ? Pourquoi?"</p> <p>Il appelle ensuite un volontaire pour venir soulever le parpaing devant la classe, puis de la tenir en équilibre pendant 5 secondes. Il pose à nouveau la question : "Pourquoi votre camarade a-t-il pu soulever ce parpaing?"</p> <p>L'enseignant reprend en disant : "Vous avez parlé de « assez de force » à chaque réponse. Mais « Assez de force » par rapport à quoi ?</p> <p>L'enseignant demande alors à chaque élève de représenter sur une feuille blanche, d'abord le parpaing à l'aide d'un rectangle vertical, puis les forces agissant sur ce parpaing en tenant compte du moment précis où il est soulevé du sol par l'élève volontaire.</p> <p>Il demande de refaire la représentation en tenant compte des 5 secondes pendant lequel le parpaing est tenu en équilibre par l'élève volontaire.</p> <p>En analysant les deux représentations avec la classe, à partir des caractéristiques des forces et de leur comparaison, l'enseignant conclut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La force exercée par l'élève volontaire pour équilibrer le parpaing produit un seul effet : compenser le poids du parpaing.</li> <li>• La force exercée par l'élève volontaire au moment précis où il soulève le parpaing du sol produit deux effets : 1) d'abord compenser le poids du parpaing ; 2) ensuite vaincre ce poids.</li> </ul> <p>Après la conclusion, l'enseignant demande à la classe : "Si le poids du parpaing vaut 150 N, quelle sera la valeur de la force de compensation ? »</p> <p>Après la réponse de la classe, il leur dit : "Si la force de l'élève volontaire au moment de soulever le parpaing du sol est 160 N, quelle serait l'intensité de la force qui vaincra réellement le poids de 150 N?"</p> <p>Suite à leur réponse, l'enseignant précise pour la classe que dans les 160 N, 150 N</p>	<p>Les élèves effectuent l'exercice, remettent leurs copies et participent aux corrections.</p> <p>Les élèves participent aux discussions sur la fiche en essayant de répondre aux questions de l'enseignant et d'en poser à leur tour.</p> <p>Ils répondent non parce que l'enfant n'a pas assez de force.</p> <p>Un volontaire vient exécuter la demande de l'enseignant.</p> <p>La classe répond parce qu'il a assez de force pour le soulever.</p> <p>Certains élèves disent « assez de force par rapport au poids du parpaing.</p> <p>Les élèves exécutent les consignes de l'enseignant en représentant le parpaing et les forces dans les deux cas.</p> <p>La classe analyse les représentations avec l'enseignant, répondent à ses questions et participent aux conclusions.</p> <p>Les élèves répondent 20 N aussi.</p> <p>Plusieurs réponses sont émises par les élèves.</p> <p>Les élèves cherchent à comprendre et notent les conclusions dans leur cahier de notes.</p>
--	-------------------	---	--

Temps 4 <b>Consolidation des acquis</b>	des 5 minutes	Après avoir résumé la séance, En guise d'activité à la maison, l'enseignant distribue à chaque élève la fiche sur le moment d'une force en demandant de le lire attentivement tout en cherchant à identifier autour de lui tous les objets qui peuvent tourner sous l'action d'une force lorsqu'on les utilise.	Ils prennent connaissance de la fiche sur le moment d'une force et écoutent les explications de l'enseignant concernant le travail à faire.
--	------------------	---	---

### c. Production attendue

Il est attendu que l'élève :

- identifie les caractéristiques de deux forces agissant sur un système,
- représente graphiquement les deux forces qui agissent sur un système,
- comprenne la notion de résultante de deux forces agissant sur un système,
- définisse brièvement le résultante de plusieurs forces,
- calcule l'intensité de la résultante de deux forces de même direction.

### d. Trace écrite pour l'élève

- Pour soulever un objet, on doit exercer une force qui produit deux effets :
  - 1) d'abord compenser le poids de cet objet.
  - 2) ensuite vaincre ce poids et accélérer l'objet vers le haut.
- La force résultante ou la « résultante » est la force unique qui a le même effet que deux ou plusieurs forces agissant ensemble sur un point donné.
- Etant une force, la résultante elle aussi a une direction, un sens et une intensité.
- La résultante de deux forces qui se compensent est nulle.

### e. Évaluation et régulation

Jules et Ralph tirent chacun sur l'une des extrémités d'une corde au centre de laquelle est attaché un anneau. Au moment précis où Ralph déplace Jules et l'anneau vers lui, les forces exercées sont respectivement 100 N et 110 N.

1. Identifier la direction, le sens et l'intensité de chacune des forces.
2. Représenter graphiquement le système (anneau - force de Jules - force de Ralph) en considérant que le poids de la corde est négligeable et en représentant l'anneau par un point C.
3. L'anneau est-il en équilibre ? Pourquoi ?
4. Quels sont la direction, le sens et l'intensité de la résultante du système de forces ?

Après quelques secondes, Jules et Ralph deviennent immobiles, bien qu'ils continuent à tirer sur la corde.

1. Que peut-on dire de leurs forces dans ce cas ?
2. Représenter à nouveau le système de forces sur l'anneau.
3. Que peut-on dire de la résultante du système de forces dans ce cas ?

**(Pour les schémas, prendre 1 cm pour 20 N)**

**NB :** Cette évaluation sera effectuée au début de la séance n° 3.

Si le niveau de l'élève par rapport aux éléments évalués est « Insuffisant », soit moins de 3 sur 5, il est conseillé à l'enseignant d'investiguer et d'échanger avec l'élève pour comprendre d'où viennent ses difficultés (cognitives, attentionnelles, familiales, etc.) en vue d'y remédier plus efficacement.

### f. Éléments de remédiation

Si, à travers les évaluations, un élève a souvent des hésitations dans ses réponses ou donne fréquemment des réponses incorrectes, il est probable qu'il ait besoin de remédiation.

L'enseignant propose à l'élève des notions de base à revoir et des exercices plus faciles, en découpant les apprentissages en étapes plus simples et en donnant des exercices de difficulté intermédiaire.

Dans le cas des classes pléthoriques, l'enseignant peut réhabiliter l'enseignement mutuel en demandant à un élève qui a compris d'aider un élève qui n'a pas compris (tout en promettant comme récompense à l'élève-aide le même surplus de note de l'élève en difficulté s'il progresse lors du prochain test).

## 4. Séance 3. Moment d'une force dans la vie courante et équilibre d'un solide mobile autour d'un axe

**DURÉE : 2 heures**

**DÉMARCHE :**

Avec l'aide de l'enseignant, les élèves utilisent des tournevis, des clés et d'autres matériels pour effectuer eux-mêmes la rotation de certains objets en y exerçant une force ou un « couple de forces ». Ils découvrent l'effet de rotation produit par une force et abordent la notion de « moment d'une force ».

Ils analysent également les effets des forces ou des couples de forces sur l'équilibre d'un objet en rotation.

### a. Supports et matériel

#### Supports

- Fiche : Moment d'une force par rapport à un axe.
- Manuel de sciences physiques (livre de classe), si existant pour ce nouveau programme

#### Matériel

- Clés, tire-bouchon, tournevis, bouteille avec bouchon de liège, plaque en bois avec vis, plaque en bois avec boulon et écrou, etc.

### b. Déroulement de la séance

Etape	Durée	Ce que fait l'enseignant	Ce que fait l'élève
Temps 1 <b>Rappel relatif à la dernière séance</b>	10 minutes	L'enseignant distribue les copies de l'évaluation de la séance 1 et questionne les élèves sur les contenus abordés lors du dernier cours.	Les élèves prennent connaissance de l'appréciation de leurs copies et échangent avec l'enseignant
Temps 2 <b>Evaluation de la séance précédente</b>	20 minutes	L'enseignant demande aux élèves de former des groupes de trois pour discuter entre eux sur un exercice résumant la séance précédente qu'il passe à chaque groupe. Après 10 minutes, il discute avec les élèves sur ce qui est sorti de leurs discussions en groupe puis corrige l'exercice au tableau avec la classe.	Les élèves se mettent en groupe, effectuent l'exercice, discutent de leurs réponses avec l'enseignant et participent aux corrections.

Physique - Les forces et leurs applications : Equilibre d'un solide soumis à un système de forces

<p>Temps 3</p> <p><b>Identification de plusieurs objets pouvant tourner sous l'action de forces</b></p> <p>Activités relatives à la rotation des objets sous l'effet d'une force</p>	<p>15 minutes</p>	<p>L'enseignant amène les élèves à identifier des situations habituelles où des objets peuvent tourner sous l'action de forces tels que : ouvrir ou fermer une porte, faire tourner le poignet d'une porte, utilisation d'un tire-bouchon, d'un tournevis, d'une clé pour enlever un écrou, etc.</p> <p>Pour découvrir dans la séance le mouvement de rotation d'un objet sous l'action de forces, l'enseignant demande à la classe de former les groupes habituels et distribue à chaque groupe un outil (tournevis, pince électrique, tire-bouchon, clé) et un morceau de bois dans lequel est inséré une vis ou un boulon avec écrou, puis une bouteille fermée par un bouchon de liège.</p> <p>Il donne les consignes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• utiliser l'outil pour enlever la vis, l'écrou ou le bouchon de liège ;</li> <li>• observer le mouvement de l'outil et de l'élément à enlever.</li> </ul> <p>Ensuite, il questionne les groupes sur le mouvement observé, les forces exercées et l'axe de rotation des objets qui tournent pendant les activités. Il leur fait comprendre que la distance (perpendiculaire) du point d'application de la force à l'axe de la rotation produite représente le « bras de levier » de cette force et que sa valeur influence l'effet de rotation.</p>	<p>Les élèves cherchent à identifier des objets pouvant tourner sous l'action d'une force ou d'un couple de forces.</p> <p>La classe se répartit en plusieurs groupes et chaque groupe reçoit le système qui lui est proposé.</p> <p>Chaque groupe utilise l'outil et l'objet qui l'accompagne pour exécuter les consignes de l'enseignant.</p> <p>Les groupes essaient de répondre aux questions de l'enseignant à l'aide des activités réalisées.</p>
<p>Temps 4</p> <p><b>Identification de plusieurs objets pouvant tourner sous l'action de forces</b></p>	<p>10 minutes</p>	<p>L'enseignant demande aux élèves de reprendre leur place et avant de continuer avec les activités, il offre 10 minutes de détente et d'animation à la classe sans déranger le fonctionnement des autres salles.</p>	<p>Les élèves jouissent de leur moment de détente.</p>
<p>Temps 5</p> <p><b>Identification de plusieurs objets pouvant tourner sous l'action de forces</b></p>	<p>40 minutes</p>	<p>La détente terminée, l'enseignant demande aux élèves de prendre leur fiche relative au moment d'une force.</p> <p>Il guide la classe dans l'exécution des activités proposées dans la fiche, invite certains élèves à poser les actions prévues, explique les leçons et explications données, pose lui-même des questions à la classe et répond aux questions des élèves.</p>	<p>Sous la supervision de l'enseignant, les élèves exécutent les activités proposées dans la fiche, essaient de répondre aux questions posées et posent des questions à leur tour.</p>

Temps 6 <b>Consolidation acquis</b>	des 15 minutes	L'enseignant termine la séance en proposant les deux exercices qui suivent à la classe. Il en discute avec les élèves et les réponses sont affichées au tableau.	Les élèves prennent connaissance des exercices et participent à leur résolution au tableau.
--	----------------	---	---

**c. Exercice 1. Répondre aux questions posées en observant les images du tableau.**

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifier chacune des images ci-contre.</li> <li>2. Préciser celles sur lesquelles s'exerce une force et celle sur lesquelles s'exerce un couple de forces.</li> <li>3. Que peut-on faire pour équilibrer un objet en rotation sous l'action : <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'une force ?</li> <li>• d'un couple de forces ?</li> </ul> </li> </ol>
--	--

**d. Exercice 2. Répondre par vrai ou faux.**

1. Une force peut produire un moment, mais un couple de forces ne le peut pas. (\_\_\_\_\_)
2. Pour équilibrer le moment d'une force lors d'un mouvement de rotation, il faut exercer une autre force qui produit un moment en sens contraire. (\_\_\_\_\_)
3. Pour équilibrer le moment d'un couple de forces, il faut exercer un autre couple de forces qui produit un moment en sens contraire. (\_\_\_\_\_)
4. Plus le manche d'une clé est long, plus il est difficile de faire tourner un objet en y exerçant une force. (\_\_\_\_\_)
5. Plus l'intensité d'une force est petite, plus le moment qu'elle produit sur un point déterminé de l'objet est faible. (\_\_\_\_\_)

**e. Production attendue**

Il est attendu que l'élève :

- identifie autour de lui les objets pouvant tourner autour d'un axe sous l'action d'une force ou d'un couple de forces,
- définisse « bras de levier d'une force » et « moment d'une force »,
- comprenne que plus le bras de levier de la force qui produit la rotation d'un objet est grande, plus cette rotation est facile à produire,
- comprenne que l'effet de la rotation dépend de la valeur de la force et de celle de son bras de levier.



## f. Trace écrite pour l'élève

- Une force ou un couple de forces peut provoquer la rotation d'un objet autour d'un axe.
- Le bras de levier d'une force est la distance (perpendiculaire) du point d'application de la force à l'axe de la rotation produite.
- On appelle « moment » d'une force, la capacité que possède cette force de produire la rotation d'un objet autour d'un axe.
- Le moment d'une force dépend de l'intensité et du bras de levier de la force qui le produit.
  - 1) Plus l'intensité de la force est grande, plus le moment de la force est grand.
  - 2) Plus le bras de levier est grand, plus le moment de la force est grand.
- Seul le moment d'une force peut équilibrer le moment d'une autre force.
- Un couple de force est un ensemble de deux forces qui ont pour action de mettre un solide en rotation.
- Les deux forces du couple s'étendent sur des droites distinctes et parallèles ; elles sont de sens opposés et de valeurs égales.
- Seul le moment d'un couple de forces peut équilibrer le moment d'un autre couple de forces.

## g. Évaluation et régulation

**NB** : L'évaluation de la séquence sera effectuée dans la séance n° 4 suivante.

Si le niveau de l'élève par rapport aux éléments évalués est « Insuffisant », soit moins de 3 sur 5, il est conseillé à l'enseignant d'investiguer et d'échanger avec l'élève pour comprendre d'où viennent ses difficultés (cognitives, attentionnelles, familiales, etc.) en vue d'y remédier plus efficacement.

## h. Éléments de remédiation

Si, à travers les évaluations, un élève a souvent des hésitations dans ses réponses ou donne fréquemment des réponses incorrectes, il est probable qu'il ait besoin de remédiation.

L'enseignant propose à l'élève des notions de base à revoir et des exercices plus faciles, en découpant les apprentissages en étapes plus simples et en donnant des exercices de difficulté intermédiaire.

Dans le cas des classes pléthoriques, l'enseignant peut réhabiliter l'enseignement mutuel en demandant à un élève qui a compris d'aider un élève qui n'a pas compris (tout en promettant comme récompense à l'élève-aide le même surplus de note de l'élève en difficulté s'il progresse lors du prochain test).

## 5. Séance 4. Evaluation

**DURÉE : 1 heure**

**RÉSUMÉ :**

Cette séance est intégralement réservée aux évaluations (sommativ et formative du point de vue des contenus, diagnostique du point de vue des compétences) de la séquence qu'elle conclut.

### a. Supports et matériel

#### Supports

- Grille d'(auto-)évaluation des compétences.

#### Matériel

Étape	Durée	Ce que fait l'enseignant	Ce que fait l'élève
Temps 1 Préparatif pour l'évaluation de la séquence.	5 minutes	L'enseignant répond aux questions des élèves, leur demande de se préparer pour l'évaluation et présente les consignes.	Les élèves posent des questions, écoutent les explications de l'enseignant et se préparent à l'évaluation.

## Physique - Les forces et leurs applications : Equilibre d'un solide soumis à un système de forces

Temps 2 Evaluation (formative ou sommative) des contenus de la séquence	40 minutes	L'enseignant distribue les exercices d'évaluation finale (décrite dans la partie introductive de la présente séquence - <i>Evaluation 2<sup>ème</sup> partie</i> ).	Les élèves exécutent les consignes de l'enseignant et effectuent les exercices.
Temps 3	10 minutes	Le temps écoulé, l'enseignant ramasse les copies et discute de l'évaluation avec la classe.	Les élèves remettent leurs copies et participent aux discussions sur l'évaluation.