

mallettes  
**MERITE**



itinéraires  
en sciences  
et techniques :  
expérimenter  
et comprendre

**CLASSES DE CYCLE 3**

CM1

CM2

6<sup>e</sup>

Sciences et technologie

itinéraire

# Matériaux et objets quotidiens

Concret pour les élèves

Démarche d'investigation

Clé en main  
pour l'enseignant

Matériel dédié

Conçu par des scientifiques  
et des enseignants

Testé en classe



mallettes  
**MERITE**

itinéraires  
en sciences  
**et techniques :**  
expérimenter  
et comprendre





## La collection

# mallettes MERITE



## Itinéraires en sciences et techniques : expérimenter et comprendre

**Conçues pour les enseignants du CM1 jusqu'à la classe de 3<sup>e</sup>, les mallettes MERITE sont des ressources pédagogiques abordant plusieurs disciplines et laissant une grande part à l'expérimentation par les élèves. Apprendre en se confrontant au réel, utiliser du matériel approprié, réfléchir et progresser en groupe sur des questions ouvertes issues du quotidien, s'entraîner à raisonner sur des faits et des observations, s'approprier des concepts scientifiques et des savoir-faire techniques, tout cela est au cœur de la collection MERITE.**

### Des progressions clés en mains pour les enseignants

Chaque mallette MERITE est composée d'un guide pour l'enseignant détaillant l'itinéraire pédagogique réparti en modules et séances et du matériel nécessaire pour réaliser les expériences. Elle constitue ainsi une ressource complète pouvant être utilisée en autonomie et de façon flexible par l'enseignant. Les contenus s'inscrivent dans les programmes scolaires et ouvrent sur la découverte des métiers.

### Une approche concrète s'appuyant sur la démarche d'investigation

Les activités de classe s'appuient sur la démarche d'investigation pour encourager l'apprentissage progressif des élèves par l'action. Le matériel fourni est adapté au niveau des élèves et permet de réaliser des activités scientifiques et techniques pour toute une classe, disposée le plus souvent en îlots.

### Une collection conçue par des scientifiques et testée en classe

Riche de 12 thématiques, cette collection de mallettes pédagogiques a été conçue par des scientifiques de 7 établissements d'enseignement supérieur, en co-construction avec des enseignants, et testée dans des classes de cycle 3 et 4 durant trois années scolaires.

### Une collection au service de la diffusion de la culture scientifique et technique

La collection MERITE encourage la diffusion et la diversification de la culture scientifique et technique et s'adresse à tous. Les thématiques proposées se font parfois écho en utilisant des outils communs (outils mathématiques, utilisation de protocoles d'expérimentation...), démontrant ainsi que les disciplines ne sont pas cloisonnées. L'approche proposée permet de construire des apprentissages utiles au citoyen : réflexion, esprit critique, confiance en soi, créativité et innovation pour devenir capable de choix éclairés par des connaissances et compétences scientifiques et techniques bien comprises.

Cette collection est le fruit du projet MERITE (2015-2020) coordonné par IMT Atlantique en partenariat avec 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest et le Rectorat de l'Académie de Nantes. MERITE a été financé au titre du Programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat, ainsi que par le Fonds européen de développement régional, la Région des Pays de la Loire et le groupe Assystem.



**Matériaux et objets quotidiens**

# **Sommaire**

<b>Introduction</b>	<b>11</b>
<b>Matériel</b>	<b>17</b>
<b>Séances</b>	<b>23</b>
<b>Itinéraire pédagogique</b>	<b>25</b>
<b>Glossaire</b>	<b>85</b>



<b>MODULE</b>	<b>MATÉRIAUX ET OBJETS QUOTIDIENS</b>	<b>26</b>
	<b>Séance 1 Conceptualiser un objet simple</b>	<b>29</b>
	📄 Planche de BD	31
	📄 Éléments de vocabulaire	32
	📄 Questionnaire initial	33
	<b>Séance 2 Caractéristiques d'un bol et contraintes de conception</b>	<b>35</b>
	📄 Caractéristiques de matériaux	37
	<b>Séance 3 Les familles de matériaux</b>	<b>38</b>
	📄 À la découverte des matériaux	40
	<b>Séance 4 Rigidité des matériaux : comment la mesurer ?</b>	<b>44</b>
	📄 Découverte du banc de flexion	47
	<b>Séance 5 Rigidité des matériaux : réaliser les mesures</b>	<b>51</b>
	📄 Analyse des résultats	53
	📄 Mesure de la rigidité : exemple du pin	55
	📄 Le pin : mutualisation des résultats	56
	📄 Mesure de la rigidité : divers matériaux	57
	<b>Séance 6 Rigidité des matériaux : analyse mathématique</b>	<b>58</b>
	📄 Exploitation mathématique des mesures	60
	📄 Classement quantitatif	62
	📄 Classement des matériaux	63
	<b>Séance 7 Perméabilité des matériaux</b>	<b>64</b>
	📄 Notions sur la perméabilité	66
	📄 Perméabilité : protocole	67
	📄 Perméabilité : résultats	68
	<b>Séance 8 Conduction thermique des matériaux</b>	<b>69</b>
	📄 Notions sur la conduction thermique	72
	📄 Conduction thermique : imaginer le protocole	73
	📄 Conduction thermique : réaliser l'expérience	74
	<b>Séance 9 Concevoir un bol</b>	<b>75</b>
	📄 Missions	77
	<b>Séance 10 Réinvestir les acquis du module</b>	<b>78</b>
	📄 Propriétés des matériaux : corrigé-type	79
	📄 Questionnaire final	80
	📄 Propriétés des matériaux : le cyclisme	82
	📄 Propriétés des matériaux : les patins à roulettes	83
	📄 Propriétés des matériaux : les bateaux	84



Sciences et technologie, Mathématiques

# Matériaux et objets quotidiens

**CLASSES DE CYCLE 3**

**CM1 CM2 6<sup>e</sup>**

Contenus pédagogiques conçus  
par l'École Centrale de Nantes








**Matériaux et objets quotidiens**

# Introduction





# Matériaux et objets quotidiens

**Bois, verre, métal, plastique... Pour réaliser un objet, les ingénieurs vont choisir un ou plusieurs matériaux de fabrication. Mais que motive ce choix ? En quoi sont faits les objets de la vie courante qui nous entourent ? Pourquoi certains matériaux sont favorisés pour la fabrication de certains d'entre eux ? Autant de questions abordées au cours des activités proposées dans ce guide pédagogique.**

La thématique permet d'aborder l'objet et la matière sous l'angle de l'ingénierie. Elle propose des activités didactiques basées sur des manipulations et des expériences qui utilisent pleinement le langage scientifique et introduisent les élèves à la réalisation de mesures précises. La démarche d'investigation permet d'appréhender les fonctions d'un objet simple et de les mettre en relation avec les propriétés des matériaux pouvant être utilisés pour sa conception.

## Objectifs de la thématique

En suivant la progression pédagogique, les élèves vont pouvoir identifier les six grandes familles de matériaux utilisés dans la conception des objets usuels ou industriels. Ils comprendront que, lors de la conception d'un objet, il est important de relier ses conditions d'utilisation à des fonctions à satisfaire et les mettre en relation avec les propriétés des matériaux pouvant être utilisés. Ils choisiront, en se basant sur des critères scientifiques, un matériau en trouvant un compromis entre les propriétés mécaniques et physiques désirées et le coût que va impliquer le choix en question. La progression permet aussi de travailler sur la communication de résultats à partir de représentations variées (tableaux, dessins) et de se familiariser avec l'exploitation scientifique des résultats de mesures (répétabilité, précision). Les élèves devront concevoir une solution à un problème du quotidien, en se posant la question des matériaux et de la forme de l'objet en question. Ce travail de conception se fera au travers d'activités de manipulation (expériences), de mesures et d'analyse des résultats. Finalement, la notion de compromis (centrale en sciences pour l'ingénieur) sera introduite de manière simple.



### Une progression sur 10 séances

L'itinéraire pédagogique proposé est dédié à découvrir les matériaux, leurs propriétés et leur utilisation dans la fabrication d'objets du quotidien (exemple du bol).

Les premières séances permettent une entrée en matière en interrogeant les élèves sur la nature des objets et leurs fonctions. Ils listent les caractéristiques d'un objet et les mettent en lien avec ses contraintes de conception. Ils découvrent que les matériaux peuvent être classés en familles qui n'ont pas toutes les mêmes propriétés.

Un ensemble de 3 séances introduit les élèves à une propriété des matériaux : la rigidité. Ils s'interrogent d'abord sur les manières possibles de la mesurer, puis effectuent ces mesures à l'aide d'un outil de mesure technique : le banc de flexion. Les résultats obtenus sont ensuite exploités en séance de mathématiques.

Deux autres propriétés des matériaux sont étudiées : la perméabilité et la conduction thermique.

Une séance de synthèse permet de résumer les acquis et de réfléchir au choix du matériau le plus adapté pour la conception de l'objet étudié (le bol).

Une dernière séance permet de réinvestir ces acquis à travers l'étude d'autres objets (vélo, patins à roulettes, bateau...).

### Itinéraire pédagogique p. 25

**1 module**  
**10 séances**



### Pédagogie

Les séances privilégient largement le travail en îlots (groupes de 4 à 6 élèves, selon la composition de la classe). Cette organisation favorise les échanges, la mutualisation et la comparaison des résultats. La pédagogie est rythmée en général par des questions déclenchantes auxquelles l'on propose de répondre par la démarche d'investigation.

### Mots-clés

Matériaux

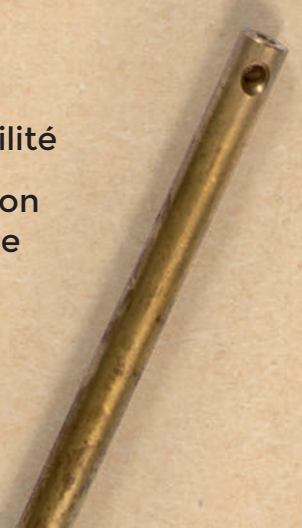
Objet technique

Mesures

Rigidité

Perméabilité

Conduction thermique



## Synthèse des compétences travaillées

### Les méthodes et outils pour apprendre

#### S'approprier des outils et des méthodes

- Choisir ou utiliser le matériel adapté pour mener une observation, effectuer une mesure, réaliser une expérience ou une production
- Faire le lien entre la mesure réalisée, les unités et l'outil utilisés
- Garder une trace écrite ou numérique des recherches, des observations et des expériences réalisées
- Organiser seul ou en groupe un espace de réalisation expérimentale
- Utiliser les outils mathématiques adaptés

### Les langages pour penser et communiquer

#### Pratiquer des langages

- Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis
- Exploiter un document constitué de divers supports (textes, schéma, croquis)
- Utiliser différents modes de représentations (schéma, dessin, croquis, tableau, graphique, texte)
- Expliquer un phénomène à l'oral, à l'écrit

### La formation de la personne et du citoyen

#### Adopter un comportement éthique et responsable

- Relier les connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé, de sécurité et d'environnement

### Décrire le fonctionnement d'objets techniques

#### Concevoir, créer, réaliser

- Identifier les évolutions des besoins et des objets techniques dans leur contexte
- Identifier les principales familles de matériaux
- Décrire le fonctionnement d'objets techniques, leurs fonctions et leurs composants
- Réaliser en équipe tout ou partie d'un objet technique répondant à un besoin

### Les systèmes naturels et les systèmes techniques

#### Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

Proposer, avec l'aide du professeur, une démarche pour résoudre un problème ou répondre à une question de nature scientifique ou technologique

- Formuler une question ou une problématique scientifique ou technologique simple
- Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème
- Proposer des expériences simples pour tester des hypothèses
- Interpréter un résultat, en tirer une conclusion
- Formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale







## Comment utiliser ce guide ?



### ITINÉRAIRE

Un **itinéraire pédagogique progressif** organisé en un **module de 10 séances** est présenté. L'ordre de mise en œuvre des séances peut être adapté par l'enseignant en fonction de ses projets.

Des **pictogrammes** caractérisent les types de séances :

-  Découverte / Observation
-  Créativité / Réflexion
-  Expérimentation
-  Réinvestissement
-  Synthèse / Communication

Le nombre de **fiches pédagogiques** est précisé pour chaque séance :



-  fiches enseignant
-  fiches élève

Ce module unique, composé de plusieurs séances, est présenté globalement et annonce les **compétences travaillées** ainsi que les **attendus de fin de cycle**.

### MATÉRIEL

Une liste exhaustive du matériel contenu dans la mallette est présentée dans le **catalogue du matériel**. Chaque élément porte un numéro de référence.


Chaque page *Séance* contient une liste du matériel utile pour son bon déroulement. Pour faciliter la préparation de la séance et l'identification du matériel, les pictogrammes suivants indiquent :

-  le matériel non fourni
-  le numéro de référence dans le catalogue

### SÉANCES


Les pages **Séance** (liseré jaune) contiennent tout ce dont l'enseignant a besoin pour mener la séance :


- les objectifs visés
- une liste du matériel
- un déroulement détaillé de la séance

 Une durée de la séance est donnée à titre indicatif.

Le déroulement des séances s'organise toujours de la même manière :

- une activité d'immersion
- des points de passages pour développer l'apprentissage visé
- une synthèse des découvertes réalisées par les élèves

 Des **post-it roses** récapitulent le vocabulaire spécifique de la séance et renvoient aux définitions du glossaire (situé à la fin du guide).

 Des **post-it kraft** renvoient à des conceptions naïves des élèves ou bien resituent une notion dans son contexte.

#### DES ENCARTS JAUNES

attirent l'attention sur des points d'organisation pédagogique ou de sécurité.

#### DES ENCARTS GRIS

soulignent les pistes pour aller plus loin.

Les **FICHES Enseignant** viennent compléter les pages **Séance** en apportant des notions supplémentaires ou en donnant des conseils sur l'organisation de la séance.

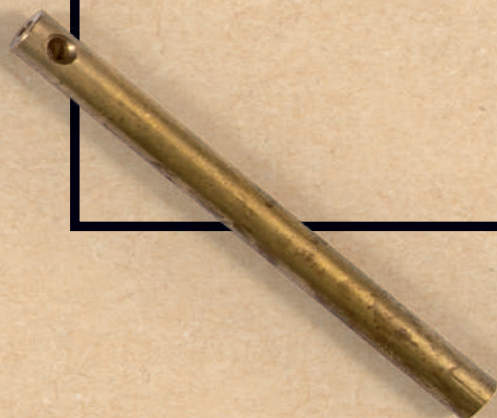
Des **FICHES Élève** à imprimer et à distribuer à la classe sont à disposition dans le guide et téléchargeables sur le site du projet MERITE.

Les ressources numériques utiles à la séance sont accessibles depuis le site du projet MERITE ([www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)).



Matériaux et objets quotidiens

# Matériel



# Matériel

## Comment utiliser ce catalogue du matériel ?

Ce catalogue présente l'ensemble du matériel inclus dans la mallette, ainsi que des conseils sur l'utilisation de chaque élément. Le matériel non fourni utile pour mener les séances est listé à la fin du catalogue.

Après chaque séance, au moment de ranger le matériel, vérifiez que le **nombre d'exemplaire(s)** correspond à la mallette d'origine.

**Cette référence** est rappelée dans le listing matériel des séances. Elle vous permettra d'identifier et de préparer plus rapidement le matériel nécessaire avant une séance.

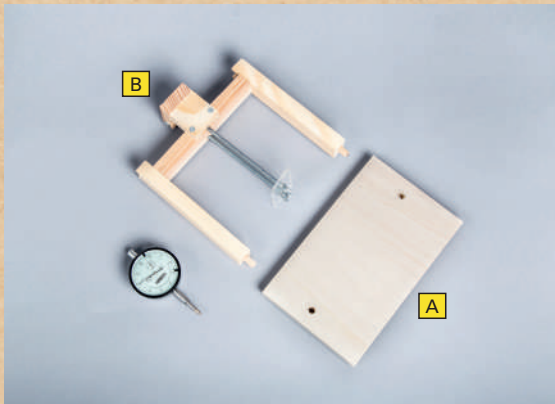
### Matériel manquant

Si des éléments du matériel sont manquants ou ont été endommagés, consultez le site du projet MERITE ([www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)) pour en savoir plus sur les modalités de remplacement.

7 x Banc de flexion

Réf.1

Le dispositif est rangé en 2 parties dans la mallette : un plateau en bois **A** munis de deux trous et un ensemble potence / guides de positionnement / support des masses **B** muni de deux tourillons, à encaster dans les trous du plateau. Il permet de mesurer la rigidité d'échantillons de matériaux que l'on appelle éprouvettes.



Démonté, tel que rangé dans la mallette



Assemblé

7 x Comparateur

Réf. 2



Intégré au banc de flexion, il sert à mesurer la rigidité des éprouvettes.

28 x Masse

Réf. 3



Chaque masse pèse 150 g. Elles sont déposées dans le support des masses du banc de flexion pour étudier la rigidité des éprouvettes selon la charge.



<b>7 x Sac d'échantillons de matériaux</b>	Réf. 4
--	--------



Chaque sac contient des échantillons de divers matériaux permettant aux élèves d'observer une grande diversité et de proposer un classement en familles. Les 6 grandes familles de matériaux y sont représentées : métaux (trombone, vis), plastiques (polystyrène x2, bouchon, tissu synthétique), fibres naturelles (balsa, cuir, liège), caoutchoucs (élastique), céramiques et verres (gravier, bille d'argile, bille de verre, porcelaine) et composites (contreplaqué, isorel). Ils sont à compléter avec d'autres échantillons apportés par les élèves, pour plus de diversité.

<b>7 x Lot d'éprouvettes (rigidité)</b>	Réf. 5
---	--------



Utilisées pour les tests sur la rigidité et la conduction thermique. Il y en a 6 par lot : pin, chêne, aluminium, acier, PMMA et PVC.

<b>7 x Lot d'éprouvettes rondes</b>	Réf. 6
-------------------------------------	--------



Ces éprouvettes circulaires sont utilisées pour en tester la perméabilité. Il y en a 5 par lot : acier, balsa, denim, liège et plastique.

<b>7 x Récipient en plastique</b>	Réf. 7
-----------------------------------	--------



Utilisé lors de la séance sur la perméabilité et celle sur la conduction thermique. Il est accompagné d'un couvercle muni d'une fente, dans laquelle on peut insérer une éprouvette.

<b>7 x Thermomètre</b>	Réf. 8
------------------------	--------



Utilisé lors de la séance sur la conduction thermique, afin de mesurer la température des matériaux.

<b>7 x Pipette Pasteur</b>	Réf. 9
----------------------------	--------



Utilisée lors de la séance sur la perméabilité, pour faire couler délicatement de l'eau sur les éprouvettes à tester.

<b>1 x Balance numérique</b>	Réf. 10
------------------------------	---------



Cette balance permet de mesurer des masses comprises entre 0,01 g et 200 g.

**Matériel non fourni**

Certains éléments utiles au bon déroulement des séances ne sont pas inclus dans la mallette. Les quantités données sont celles pour une organisation de la classe en 7 îlots. Le coût estimé de ces achats s'élève environ à 10€.

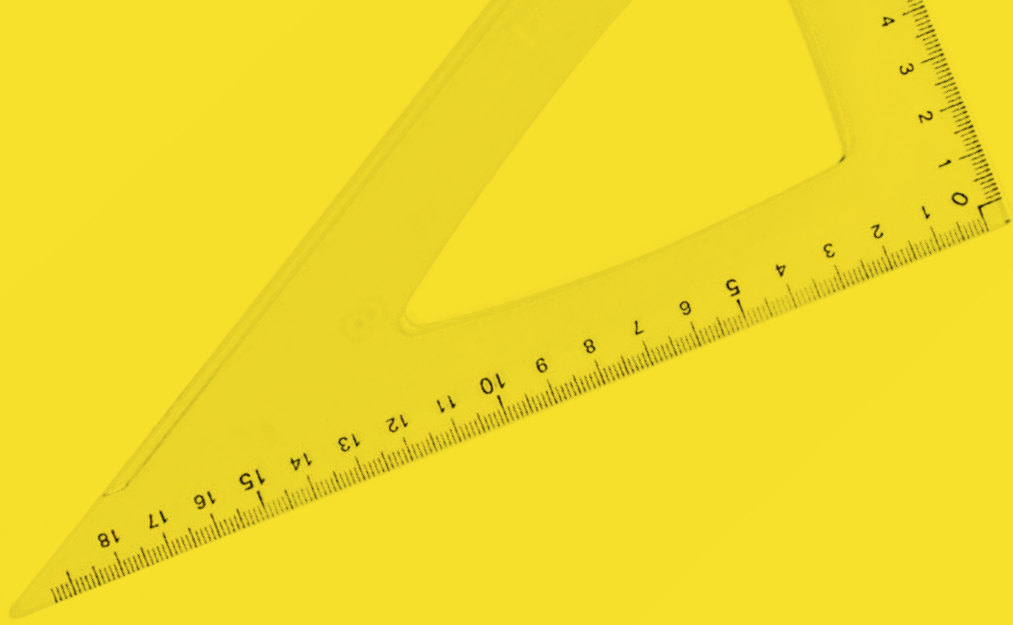
Désignation du matériel	Séances concernées	Quantité nécessaire par îlot	Quantité pour une classe et estimation du coût
<b>Feuilles A4</b> blanches	Séance 1	1 par élève	1 trentaine (1€)
<b>Patafix</b> ou aimants	Séances 1, 2, 3 & 9	Commun à la classe	-
<b>Feuilles A5</b> de couleur quelconque	Séances 2, 3 & 4	Au moins 5 (séance 2) Au moins 6 (séance 3) 2 par élève (séance 4)	Environ 150 (3€)
<b>Feuilles A4</b> de 6 couleurs différentes	Séance 3	Au moins 6 (1 de chaque couleur)	1 cinquantaine (5€)
<b>Échantillons de matériaux</b> apportés par les élèves	Séance 3	-	-
<b>1 récipient quelconque</b> rempli d'eau	Séance 7	1 par îlot	7
<b>Matériaux absorbants</b> tissus, cartons...		Commun à la classe	-
<b>Éponge</b> pour mettre en évidence le rôle des pores sur l'absorption		Commun à la classe	1
<b>Chronomètres</b> ou autres moyens de mesure du temps	Séance 8	1	7
<b>Eau chaude</b> < 50 °C pour des raisons de sécurité		Commun à la classe	1 L
<b>Feuilles A3</b> de couleur quelconque		Au moins 1	Au moins 7 (1€)



## Ressources numériques

Pour plus de simplicité, les fiches élève sont disponibles au téléchargement au format PDF sur [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr).

Certains documents à projeter (planche de BD, fichiers Excel...) sont également accessibles depuis ce lien.







Matériaux et objets quotidiens

# Séances



## Commentaires sur l'itinéraire pédagogique



La page ci-contre présente une proposition d'itinéraire pédagogique. La progression a été conçue pour une mise en œuvre des séances à la suite les unes des autres, dans l'ordre. Cependant, l'enseignant est libre d'adapter son itinéraire au gré de ses projets et de ses besoins. Il peut choisir de modifier l'ordre de certaines séances, de ne pas en réaliser certaines voire d'imaginer des séances supplémentaires en s'appropriant le matériel de la mallette.

## Légendes

### Types de séances

-  Découverte / Observation
-  Créativité / Réflexion
-  Expérimentation
-  Réinvestissement
-  Synthèse / Communication

### Fiches pédagogiques

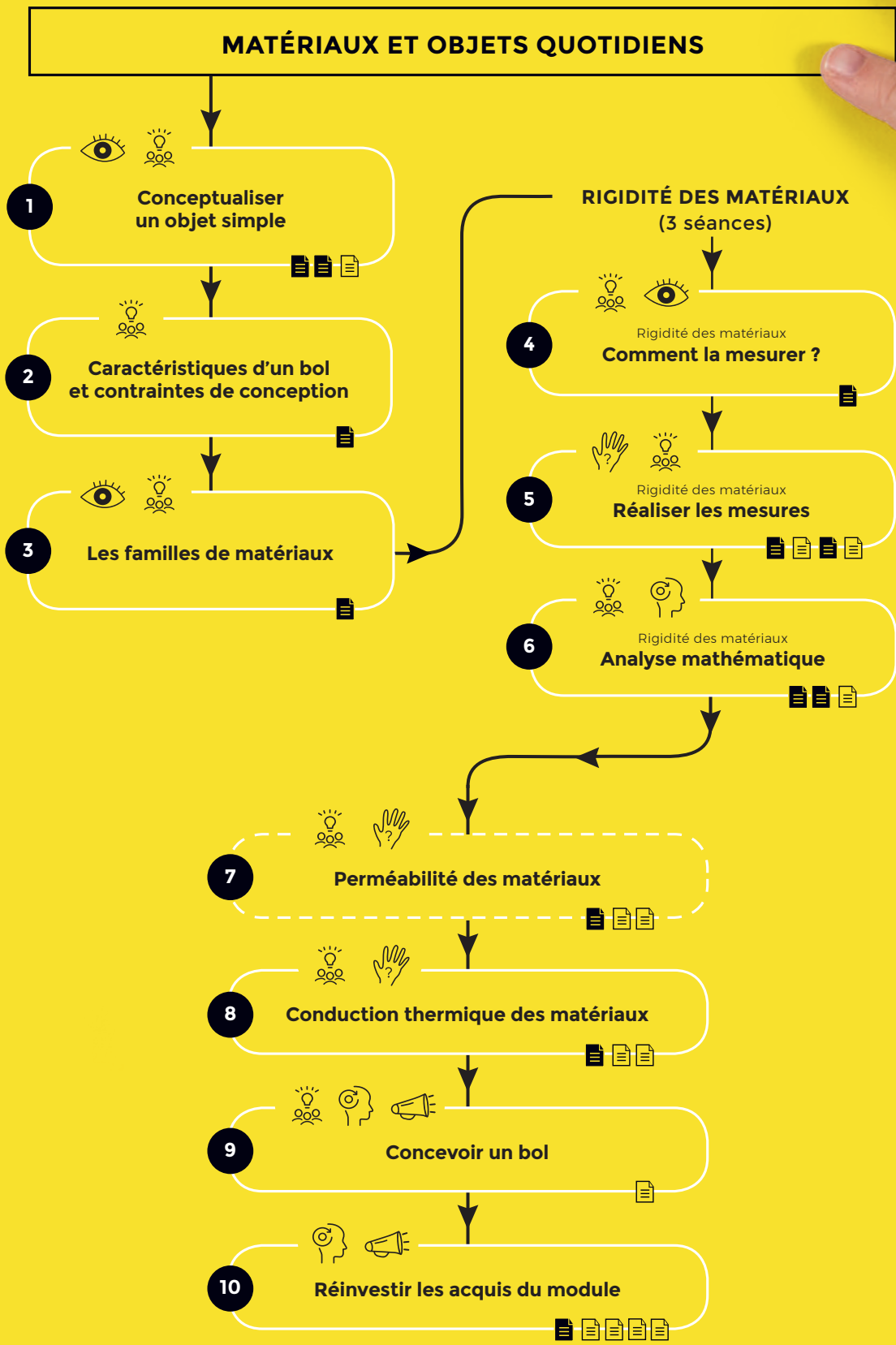
-  Fiches enseignant
-  Fiches élève

Séance optionnelle



# Itinéraire pédagogique

→ Proposition d'itinéraire



# MODULE

## MATÉRIAUX ET OBJETS QUOTIDIENS

### Présentation générale

Le module propose de découvrir divers matériaux utilisés dans la fabrication d'objets de la vie courante. À travers un ensemble d'activités à base d'observations, les élèves classent des échantillons puis étudient expérimentalement quelques propriétés comme la rigidité, la perméabilité ou encore la conduction thermique avec du matériel spécifiquement conçu pour eux. La réalisation de mesures en suivant des protocoles expérimentaux les obligent à être rigoureux et leur permet d'organiser les résultats et de les exploiter.

En vue de fabriquer un objet simple comme le bol, les élèves utilisent le langage scientifique pour appréhender les fonctions de cet objet. Les élèves sont amenés à argumenter le choix du matériau à partir des connaissances acquises sur les propriétés étudiées et à accepter la nécessité de faire un compromis quant au coût, la possibilité ou non de réalisation.

### Apprentissages visés

#### **Pratiquer des langages**

- Acquérir du vocabulaire et rendre compte des observations réalisées
- Utiliser différents modes de représentations (dessin, schéma, tableau, graphique, texte)
- Expliquer et argumenter à l'oral et à l'écrit

#### **Concevoir, créer, réaliser**

- Identifier les principales familles de matériaux
- Décrire le fonctionnement d'objets techniques (objet simple de la vie quotidienne, outils de mesure comme le banc de flexion)
- Réaliser en équipe tout ou partie d'un objet technique répondant à un besoin

#### **S'approprier des outils et des méthodes**

- Choisir l'outil adapté pour mener une observation, effectuer une mesure, réaliser une expérience
- Faire le lien entre la mesure réalisée, les unités et l'outil utilisés
- Garder une trace écrite ou numérique des recherches, observations et des expériences réalisées
- Organiser en groupe un espace de réalisation expérimentale
- Extraire des informations pertinentes d'une expérience et les mettre en relation pour répondre à une question

# 10 séances

## Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

Proposer, avec l'aide du professeur, une démarche pour résoudre un problème ou répondre à une question de nature scientifique ou technologique

Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question

Proposer des expériences simples pour tester une hypothèse

Interpréter des résultats expérimentaux pour valider ou non une hypothèse

Formaliser une partie de sa recherche sous forme orale ou écrite

## Adopter un comportement éthique et responsable

Relier des connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé, d'environnement, de sécurité

## Références

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015  
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p><b>Matière, mouvement, énergie, information</b></p> <p>Décrire les états et la constitution de la matière à l'échelle macroscopique</p>	<p>Mettre en œuvre des observations et des expériences pour caractériser un échantillon de matière</p> <p>Diversité de la matière</p> <p>Quelques propriétés de la matière solide (la rigidité, la perméabilité la conductivité thermique)</p>
<p><b>Matériaux et objets techniques</b></p> <p>Décrire le fonctionnement d'objets techniques, leurs fonctions et leurs constitutions</p> <p>Identifier les principales familles de matériaux</p>	<p>Besoin, fonction d'usage et d'estime</p> <p>Fonction technique, solutions techniques</p> <p>Familles de matériaux (distinction des matériaux selon les relations entre formes, fonctions et procédés)</p> <p>Caractéristiques et propriétés (aptitude au façonnage, valorisation)</p> <p>Impact environnemental</p>
<p>Concevoir et produire tout ou partie d'un objet technique en équipe pour traduire une solution technologique répondant à un besoin</p>	<p>Notion de contrainte</p> <p>Choix de matériau</p> <p>Réalisation</p>

## Séances du module

SÉANCE

1

Conceptualiser un objet simple



SÉANCE

2

Caractéristiques d'un bol et contraintes de conception



SÉANCE

3

Les familles de matériaux



SÉANCE

4

Rigidité des matériaux : comment la mesurer ?



SÉANCE

5

Rigidité des matériaux : réaliser les mesures



SÉANCE

6

Rigidité des matériaux : analyse mathématique



SÉANCE

7

Perméabilité des matériaux



SÉANCE

8

Conduction thermique des matériaux



SÉANCE

9

Concevoir un bol



SÉANCE

10

Réinvestir les acquis du module





## Conceptualiser un objet simple

SÉANCE

1

### Objectifs

À partir des conceptions initiales des élèves, dégager différents critères pour concevoir un objet adapté pour boire du lait.

Définir en quoi la solution retenue est la plus adaptée au problème énoncé.

### Déroulement pédagogique



Avant de commencer, l'enseignant débute la séance en distribuant la **FICHE** Questionnaire initial aux élèves. Celle-ci permet d'évaluer les représentations des concepts d'objet et de matériau chez les élèves en ce début de module.

### Matériel

- feuilles A4 **nf**
- patafix ou aimants **nf**
- planche de BD à projeter depuis [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)
- **FICHE** Questionnaire initial  
1 photocopie par élève

**nf** Matériel non fourni

### Immersion

L'enseignant projette la planche de BD (**FICHE** Planche de BD) au tableau. Une lecture collective, à haute voix, est lancée. Chaque case peut être lue par un élève différent.

À chaque mot technique (objet, forme, matériau, ingénieurs, concevoir...), l'enseignant fait une pause et interroge les élèves sur le vocabulaire :

*Qu'est-ce qu'un ingénieur et quel est son rôle ?  
Que veut dire concevoir (créer) un objet technique ?*

L'enseignant peut s'appuyer sur la **FICHE** Éléments de vocabulaire pour compléter ses connaissances sur le sujet.

Les élèves doivent ensuite reformuler le problème à résoudre :

*Comme un ingénieur, concevoir un objet qui permet à chacun de boire son lait le matin, en indiquant sur le dessin en quoi il est adapté, innovant, sa forme, le matériau, ses fonctions, etc.*

Les élèves sont invités à réaliser un dessin légendé sur une feuille A4 en indiquant la forme, les fonctions, les matériaux utilisés... Ils doivent justifier leurs choix. Il est préférable d'imposer le format (portrait ou paysage), afin de faciliter l'affichage et la comparaison des dessins dans la suite de la séance.

### Points de passage

En autonomie, les élèves réalisent le dessin demandé. L'enseignant circule dans la classe pour observer les créations et se faire une idée des concepts imaginés pour préparer la mise en commun.

### GLOSSAIRE

Ingénieur  
Objet  
Objet technique  
Matériau

### CONCEPTIONS NAÏVES

*Ingénieur n'est pas un mot connu de tous. Il faudra en donner une définition simple.*

*Les élèves de CM1/CM2 connaissent bien le concept d'objet. Toutefois, certains objets du questionnaire initial peuvent amener le débat : caillou, nid de cigogne, pain, pull. Partir de la définition d'un objet permet de valider plus aisément le tri objet/non objet.*

*Les élèves peuvent dessiner des contenants jetables, type emballages souples ou briquettes. Dans un premier temps accepter ces dessins qui seront classés dans une catégorie « contenants non réutilisables », par exemple. Cela permettra ensuite de cibler sur des contenants réutilisables (bol, tasse).*

## 1 Conceptualiser un objet simple

Il peut également intervenir si des élèves sont bloqués ou s'ils se lancent dans des dessins trop complexes, en rappelant la consigne.

Les dessins sont ramassés et affichés au tableau. L'enseignant invite les élèves à observer tous les dessins et à discuter de leur respect ou non des consignes. Dans un second temps, les élèves discutent collectivement des points communs (idées de concept) de tous les dessins. Les dessins similaires sont regroupés et un nom est donné à chaque groupe (pichets, tasses, bols, mugs, machines complexes, distributeurs de boissons...).

**Chaque élève a la possibilité d'argumenter ses choix et d'accepter ou non le regroupement proposé :**

*Mon objet répond aux consignes car...*

*Je regrouperais mon objet avec tel objet car...*

### Découvertes réalisées

**La fin de la séance est lancée par une question :**

*Comment choisir l'objet le mieux adapté ?*

**Une discussion collective doit faire émerger les deux contraintes :**

- l'objet doit être le plus pratique possible à utiliser,
- l'objet doit être le plus simple possible à fabriquer.

**Une seconde projection (ou un simple rappel) de la BD permet de se remémorer l'origine de ces contraintes :**

- les différents utilisateurs de l'objet (papa, maman, tante, les cousines, les petites cousines...),
- la notion d'urgence (ils arrivent bientôt).

Par le débat, guidé par l'enseignant, les élèves argumentent sur les avantages et inconvénients des différentes caractéristiques proposées ; ils doivent d'eux-mêmes faire ressortir les concepts qui ne répondent pas aux deux contraintes ci-dessus.

À la fin de la discussion, les solutions du bol ou de la tasse pourront apparaître comme les plus pratiques et les plus simples à réaliser. ■





## Planche de BD

**MA FAMILLE VIENT EN VACANCES !**

ILS VIENNENT TOUS POUR DEUX SEMAINES ET ILS ARRIVENT DÈS DIMANCHE ! IL Y AURA PAPA, IL Y AURA MAMAN, IL Y AURA TANTINE, ET LES COUSINES, ET LES PETITES COUSINES, ET ...

**\* DÈS DIMANCHE ? ... MAIS LÉONARD, VOUS DEVIEZ CRÉER UN OBJET POUR QU'ILS PUISSENT BOIRE LEUR LAIT LE MATIN. ET VOUS NE L'AVEZ TOUJOURS PAS COMMENCÉ !**

NOUS N'ARRIVERONS JAMAIS À CRÉER CET OBJET AVANT QU'ILS N'ARRIVENT DIMANCHE, SURTOUT SI NOUS NE SOMMES QUE DEUX !

IL FAUT TROUVER LA FORME, LE MATÉRIAU, IL FAUT...

ON N'AURA JAMAIS LE TEMPS !

ET SI ON DEMANDAIT DE L'AIDE À DES INGÉNIEURS ?

LES ÉLÈVES VONT NOUS AIDER. À NOUS TOUS ON POURRA CONCEVOIR UN OBJET QUI PERMETTRA À TOUT LE MONDE DE BOIRE SON LAIT LE MATIN !...

MAIS OUI !!! JE SAIS À QUI DEMANDER DE NOUS AIDER !

ON POURRA MÊME SE DIVISER EN PLUSIEURS GROUPES POUR CONCEVOIR DES OBJETS QUI S'ADAPTERONT À CHACUN !

## 1 Conceptualiser un objet simple

# Éléments de vocabulaire

### QU'EST-CE QU'UN CONCEPT ?

Les élèves possèdent tous une image mentale simple de la plupart des objets qui les entourent. Qu'on leur parle d'un livre, d'un pont ou d'une voiture, la représentation que nous avons de tels objets permet une communication claire et aisée. Ces représentations sont personnelles et différentes pour chaque individu.

Les représentations sont aussi d'origine culturelle, ce qui peut engendrer des interprétations ou une mauvaise compréhension dans les échanges. Les choses se compliquent donc lorsque l'on doit discuter d'éléments plus abstraits qui font pourtant aussi partie de notre vie.

***À quoi les élèves se réfèrent-ils lorsqu'on leur parle de tolérance, de liberté, d'égalité, de fraternité, de citoyenneté, d'environnement ? Ces notions sont complexes et se construisent tout au long de la scolarité des élèves de cycle 3.***

Dans ce module, il s'agit de construire une représentation plus affinée d'un objet ou d'un ensemble d'objets ayant des caractères communs.

### QU'EST-CE QU'UN INGÉNIEUR ?

Un ingénieur est un professionnel concevant des produits, et dirigeant la réalisation et la mise en œuvre de toutes les étapes de leur conception.

Il faut pour cela non seulement des connaissances techniques, mais aussi économiques, sociales, environnementales et humaines reposant sur une solide culture scientifique et générale.

Pour l'ingénieur mécanicien des matériaux, les enjeux sont ceux de l'innovation, à savoir développer et fabriquer de nouveaux produits permettant de résoudre des problèmes complexes.

### QU'ENTEND-ON PAR OBJET, TECHNIQUE OU NATUREL ?

**On donnera le nom d'objet à toute chose concrète non vivante, considérée comme un tout :**

- un objet technique est un objet qui a été réalisé ou modifié par l'Homme. Il a été créé pour répondre à un besoin précis, il a donc certaines fonctions,
- un objet naturel est un objet qui n'a pas été réalisé ou modifié par l'Homme (exemples : galet, brindille, argile, terre glaise, etc.). Leur étude est hors sujet ici.

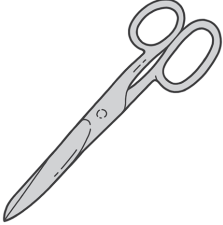
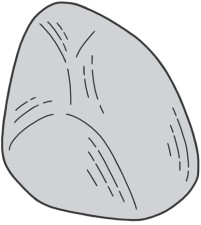
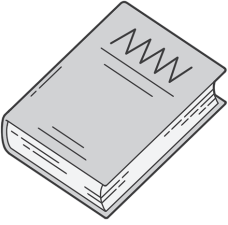

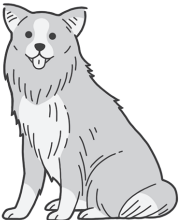
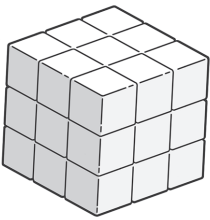
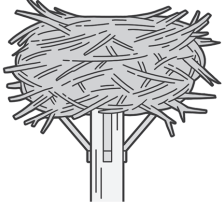
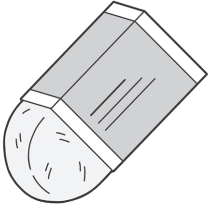
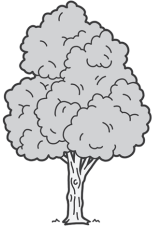
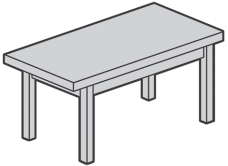

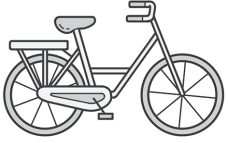

**Autre proposition :**

Un objet est une chose solide ayant unité et indépendance et répondant à une certaine destination.



## Questionnaire initial

1. Entourer les images qui représentent des objets :

			
<b>Paire de ciseaux</b>	<b>Caillou</b>	<b>Livre</b>	<b>Aspirateur</b>
			
<b>Chien</b>	<b>Rubik's Cube</b>	<b>Pain</b>	<b>Nid de cigogne</b>
			
<b>Gomme</b>	<b>Arbre</b>	<b>Table</b>	<b>Pull</b>
			
<b>Nuage</b>	<b>Tasse</b>	<b>Vélo</b>	<b>Ampoule</b>

## 1 Conceptualiser un objet simple

2. Recopier les objets choisis à la première question et indiquer en quoi ils sont faits :

Objet	En quoi est-il fait ?	Objet	En quoi est-il fait ?

3. Choisir deux objets de la question 2 et compléter la troisième colonne :

Objet	En quoi est-il fait ?	Pourquoi avoir choisi ces matériaux ?



## Caractéristiques d'un bol et contraintes de conception

SÉANCE

2

### Objectifs

Découvrir quelques éléments de l'analyse fonctionnelle d'un objet.  
Déterminer les principales caractéristiques concernant le choix du matériau.

### Matériel

- feuilles A5 ou A6 nf  
au moins 5 par îlot
- patafix ou aimants nf

nf Matériel non fourni

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

La séance commence par un rappel du contexte, puis l'enseignant interroge la classe :

*Comment réaliser un bol adapté à chacun ?*

Les élèves ont pour consigne de trouver les caractéristiques d'un bol adapté. Avant de débiter l'activité, l'enseignant vérifiera que le mot « caractéristiques » est bien compris.

#### Points de passage

##### CARACTÉRISTIQUES D'UN BOL ADAPTÉ

Les élèves sont invités, par îlots de 4, à rechercher et proposer au moins 5 caractéristiques pour réaliser un bol adapté. Au moins 5 feuilles A5 (ou A6) sont distribuées par îlot.

**Pour faciliter le travail, il est possible de leur demander de compléter des phrases :**

- « Le bol doit »
- « Le bol doit être... »
- « Le bol doit avoir... »

**Exemples de caractéristiques du bol :**

- doit : passer au four, ne pas brûler les mains...
- doit être : stable, léger, résistant, beau...
- doit avoir : des poignées, un fond plat...

Une fois que les îlots se sont mis d'accord sur leur liste, ils notent lisiblement une caractéristique par feuille.

#### POINT D'ATTENTION

*L'enseignant circule dans la classe et s'assure que les élèves proposent des caractéristiques précises.*

*Par exemple, si un élève énonce par exemple « facile à ranger », l'enseignant peut demander à l'élève de reformuler sa caractéristique en complétant :*

*« Pour se ranger facilement, le bol doit, ou doit être, ou doit avoir »*

#### CONCEPTIONS NAÏVES

*Il est important de bien expliquer le mot « caractéristiques » aux élèves, qui ne le comprennent peut-être pas tous.*

*Pour faire facilement comprendre ce mot aux élèves, il semble intéressant de leur demander les caractéristiques d'une règle et d'un stylo qu'ils n'ont pas de mal à donner. Même si ces deux objets ont des caractéristiques communes, d'autres vont permettre de les distinguer.*

*Dans cette séance, on ne distingue pas caractéristique et fonction.*

#### GLOSSAIRE

Caractéristique

## 2 Caractéristiques d'un bol et contraintes de conception

### IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DES CARACTÉRISTIQUES

Les feuilles sont ramassées par l'enseignant et les doublons sont supprimés. L'enseignant affiche les feuilles restantes au tableau et invite les élèves à classer les termes dans des « familles » de caractéristiques. Cette étape peut être réalisée collectivement ou en interrogeant un ou plusieurs élèves.

Les feuilles sont réarrangées en familles au tableau et les élèves, avec l'aide de l'enseignant, donnent un nom aux familles formées.

**Exemples de noms de familles :** isolant, sans danger, pratique, esthétique, utilitaire...

### Découvertes réalisées

La fin de la séance est consacrée à l'identification des caractéristiques de matériaux en fonction des caractéristiques du bol et leur hiérarchisation.

**L'enseignant peut introduire l'exercice par un exemple :**

*Le bol doit pouvoir contenir du lait, sans que celui-ci ne coule.*

*Quelle caractéristique le matériau choisi pour la conception doit-il présenter pour respecter cette contrainte ?*

Le matériau doit être imperméable.

Les élèves sont invités à faire de même pour chaque caractéristique du bol.

La séance se termine par une mise-en-commun et l'établissement d'une liste de caractéristiques de matériaux. L'enseignant pourra s'appuyer sur les exemples de la **FICHE** Caractéristiques de matériaux .

**Exemples de caractéristiques de matériaux :** imperméable, rigide, léger, isolant, résistant aux chocs, qui ne fond pas, modelable...

Les caractéristiques soulignées sont celles qui vont être éprouvées dans les séances suivantes, il faut donc absolument les retrouver. ■



## Caractéristiques de matériaux

Ce tableau propose un exemple de classement des « familles » de caractéristiques.  
La fonction est donnée ici à titre indicatif pour l'enseignant.

Fonctions à satisfaire	Caractéristiques associées	Caractéristiques du matériau
<b>Contenir du liquide</b> (fonction principale)	<i>Creux (avec une ouverture)</i> <i>On peut boire dedans</i> <i>On peut y tremper des tartines</i> <i>Ne laisse pas passer le lait</i>	<b>Imperméable</b>
<b>Faciliter son utilisation</b> (fonction secondaire)	<i>Être stable - Fond plat</i> <i>Pas trop haut</i> <i>De taille raisonnable</i> <i>Être pris dans les mains</i> <i>Ne se déforme pas (solide)</i> <i>Pas trop lourd (léger)</i> <i>Facile à ranger</i> <i>Adapté à l'utilisateur</i>	<b>Rigide, pas trop lourd</b>
<b>Résister aux chocs</b> (fonction contrainte)	<i>Ne pas casser s'il tombe</i> <i>Être résistant</i>	<b>Non fragile</b>
<b>Être isolant</b> (fonction contrainte)	<i>Ne pas se brûler les mains</i> <i>Le liquide doit rester chaud</i>	<b>Isolant</b>
<b>Résister à la chaleur</b> (fonction contrainte)	<i>Passer au four</i> <i>Pouvoir réchauffer le lait</i>	<b>Qui ne fond pas</b>
<b>Être esthétique</b> (fonction contrainte)	<i>Pouvoir le décorer</i> <i>Avoir une forme agréable</i> <i>Être beau</i> <i>Être original (couleur)</i>	<b>Facile à mettre en forme, facile à décorer</b>
<b>Être lavable</b>	<i>Passer en machine à laver</i>	<b>Pas de rugosité (état de surface lisse)</b>

## Les familles de matériaux



### Objectifs

Découvrir des matériaux d'usage pour la réalisation d'objets usuels ou industriels.

Classer ces matériaux en grandes familles.

Identifier les matériaux de différents objets du quotidien.

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

La séance débute par un rappel des principales caractéristiques indispensables d'un bol adapté à chaque utilisateur (voir séance précédente). Puis, les élèves se rémémorent le lien avec les caractéristiques des matériaux :

*Quelles sont les différentes caractéristiques du bol ?*

*Quelles sont les caractéristiques des matériaux qui doivent composer le bol ?*

L'enseignant embraye avec la problématique de la séance :

*Quel matériau utiliser pour réaliser un bol adapté à chaque utilisateur ?*

Les élèves proposent divers matériaux. Mais, pour trancher, un ingénieur doit bien connaître les matériaux et leurs caractéristiques pour choisir celui le plus adapté au bol.

L'enseignant précise que les ingénieurs utilisent un classement par familles de matériaux. Il annonce l'activité de la séance : découvrir et observer des échantillons de matériaux différents et les classer en familles.

#### Points de passage

##### CLASSER LES MATÉRIAUX EN FAMILLES

Les élèves sont répartis en îlots de 4 à 5. L'enseignant distribue à chaque îlot un sac d'échantillons de matériaux et des feuilles A4 de couleurs différentes.

La consigne est la suivante : regrouper les matériaux en familles et placer chaque famille sur une feuille de couleur. À ce stade, les élèves n'ont pas encore à nommer les familles créées.

L'enseignant précise aux élèves qu'ils peuvent utiliser plusieurs sens pour différencier les échantillons : l'odorat, le toucher, la vue, l'ouïe... Pour des questions d'hygiène, il sera déconseillé aux élèves d'utiliser le goût pour cet exercice.

Chaque groupe, par la discussion, classe tous les échantillons de son sac. En passant dans les groupes, l'enseignant observe, peut faire verbaliser par les élèves les procédures et peut (en dernier recours et par le questionnement) contribuer à la réflexion si un groupe est en difficulté.

### Matériel

Par îlot :

- 1 sac d'échantillons de matériaux [4]
- 6 feuilles A4 de couleurs différentes [nf]
- 6 feuilles A5 de couleur quelconque [nf]
- patafix ou aimants [nf]
- échantillons apportés par les élèves [nf]

[nf] Matériel non fourni

[0] Référence dans le catalogue



### DONNER UN NOM AUX FAMILLES DE MATÉRIAUX

Une fois le classement effectué, l'enseignant invite chaque groupe à proposer un nom à chacune des familles. Pour chaque famille de matériaux (matérialisée sur une feuille de couleur), le nom de leur famille est inscrit sur la feuille.

En guise de mise en commun, l'enseignant affiche (ou écrit) toutes les propositions de familles (et leurs noms) émises par les élèves. Les noms identiques sont regroupés et les familles évidentes (généralement métaux, plastiques, caoutchoucs) sont validées par le débat. L'enseignant relève les erreurs éventuelles : par exemple, confusion entre matériau et structure du matériau (tissu, mousse, fil).

L'enseignant guide les élèves pour trouver les autres familles, en faisant remarquer les points communs dans les noms de famille des élèves ou en cherchant l'origine du matériau.

#### Par exemple :

- le bois, le coton, le cuir, le papier, la laine ont une origine végétale ou animale,
- la terre cuite, le verre, la brique, le carrelage ont une origine minérale.

La dernière famille est la plus difficile à trouver pour les élèves puisqu'il s'agit des matériaux composites (bétons, contreplaqué, fibres de carbone, fibres de verre).

#### En fin d'activité, la classe devrait idéalement être en mesure de faire émerger les noms des 6 familles :

- les métaux,
- les céramiques et verres,
- les fibres naturelles (d'origine végétale ou animale),
- les plastiques (ce sont des polymères),
- les caoutchoucs (ce sont des élastomères),
- les matériaux composites (assemblage de plusieurs des matériaux précédents).

Il est important que les élèves conservent une trace écrite de ce classement, qu'ils pourront compléter avec des exemples d'objets usuels. Afin de pouvoir apporter des compléments d'information aux élèves, l'enseignant pourra parfaire ses connaissances en consultant la **FICHE À la découverte des matériaux**.

### Découvertes réalisées

Chaque groupe recopie sur les feuilles de couleur les noms des 6 familles, et revoit son classement. Il restera des erreurs que l'enseignant prendra soin de corriger avant la fin de la séance. ■

#### POUR ALLER PLUS LOIN...

##### Création d'un musée des matériaux au fond de la classe :

*Un prolongement possible est de proposer aux élèves de collecter des échantillons en dehors de l'école afin de créer un « musée des matériaux ». Cette collection, basée sur les six familles de matériaux, peut être exposée dans la classe. Elle pourra servir à enrichir la mallette en échantillons, pour les futurs utilisateurs.*



## 3 Les familles de matériaux

## À la découverte des matériaux

## Introduction : définition et bref historique

**Un matériau est une substance ou une matière d'origine naturelle, artificielle ou synthétique utilisée pour la fabrication d'objets, de machines, de véhicules, ou pour la construction de bâtiments.**

Les premiers matériaux durs utilisés à la Préhistoire sont le bois, l'os et la pierre. Au Néolithique (autour du X<sup>e</sup> millénaire avant notre ère), débute le travail des métaux mous (ductiles) : or, argent, cuivre. Les premières traces d'artisanat du cuivre datent de -4500 (sortie de l'Âge de Pierre). La naissance du bronze (alliage d'étain et de cuivre) vers -2000 marque un tournant capital dans la société et l'économie car il est plus dur que les métaux déjà connus et peut être utilisé pour fabriquer des outils. L'Âge du Fer commence vers -1500. Ce métal, plus dur et plus léger que le bronze, le supprime rapidement. Mais le travail du fer est plus complexe et nécessite la transformation du minerai en métal qui est ensuite travaillé par martelage. La découverte de la trempe et du revenu date de -1000 avec le développement de la métallurgie.



Pointe de flèche en bronze (Âge du Bronze, Italie)



Collier en argile, pierre et verre (III<sup>e</sup>-I<sup>er</sup> millénaire, Mésopotamie)

Les briques de terres crues datent de -5000 et le papyrus de -3500. La culture et l'usage quotidien, en Chine et en Inde, de la soie date de -2600. À cette même période, les Égyptiens utilisent les premiers ciments (mélange de chaux, d'argile, de sable et d'eau). Le verre naturel, d'origine éruptive, a été utilisé au Néolithique. Les premiers verres fabriqués par l'Homme sont originaires de Mésopotamie, vers -1500 ; ils sont opaques, perles de couleur verte ou bleue. Les premiers verres transparents ou multicolores sont obtenus en -300 à Alexandrie (centre de la verrerie de l'empire hellénistique). La technique du verre soufflé est attribuée aux Phéniciens à la même période. Les premières briques cuites font leur apparition au 3<sup>e</sup> millénaire avant notre ère, en Égypte et en Mésopotamie (à Babylone notamment).

Au premier siècle, en Chine, deux découvertes vont modifier la société : le papier et la sidérurgie (les premiers hauts fourneaux) avec l'élaboration de la fonte. Les premiers verres à vitre (plat) datent de la même période. Le procédé a été mis au point par les Romains qui ont aussi amélioré les ciments en réalisant un mortier qui peut résister à l'eau. Il faut attendre les voyages de Christophe Colomb (1492) pour voir débarquer le caoutchouc naturel en Europe. Les méthodes d'élaboration des différents matériaux n'ont ensuite cessé d'évoluer au cours du temps. Il faudra attendre 1784 pour obtenir les premiers aciers (fer avec une teneur très faible de carbone obtenu par affinage de la fonte). L'aluminium, découvert en 1807, sera produit industriellement à partir de 1886. Les polymères naturels, d'origine animale ou végétale, ont été utilisés dès la préhistoire, mais il faut attendre 1866 pour que ce terme soit utilisé pour définir les polymères synthétiques. Les premières applications d'usage courant datent de 1900 (la bakélite) et 1910 (le nylon). La seconde guerre mondiale a accéléré de façon spectaculaire les procédés de mise en œuvre, donnant naissance aux « plastiques », terme utilisé dans le langage courant.

Les besoins industriels du XX<sup>e</sup> siècle ont donné naissance à une nouvelle classe de matériaux : les composites, plus légers et très résistants.



Le caoutchouc naturel est obtenu à partir de la transformation du latex, sécrété notamment par l'hévéa, un arbre originaire de l'Amazonie

## Les familles de matériaux (classement)

Il existe plusieurs classements possibles des matériaux selon leur composition chimique, leur structure, leurs propriétés spécifiques ou la performance à une fonction souhaitée.

On peut évoquer un classement chimique ou un classement de conception.

**Un classement selon la structure atomique conduit à quatre familles :**

- les métaux,
- les polymères (matériaux organiques),
- les céramiques (matériaux inorganique, les minéraux),
- les composites (assemblage de plusieurs matériaux non miscibles).

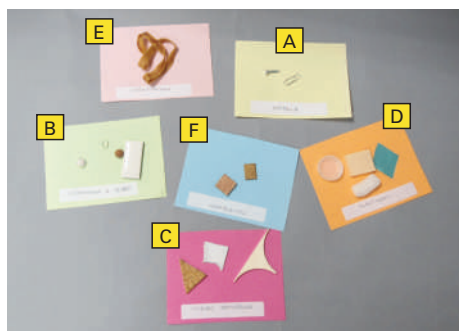
Ce classement ne peut pas être appréhendé par des élèves de cycle 3, car il faut évoquer les liaisons de type métallique pour les métaux, covalente et secondaire pour les polymères, et ionique pour les minéraux. La séance propose donc un classement de conception en six familles, qui permettra aux élèves de cycle 3 de mieux se repérer, sans trop s'éloigner des outils de sélection des matériaux élaborés pour les ingénieurs.

**Pour ce faire, la famille des polymères est divisée en 3 nouvelles familles :**

- la famille des fibres naturelles (d'origine naturelle - végétale ou animale),
- la famille des plastiques (d'origine synthétique),
- la famille des caoutchoucs (élastomère d'origine naturelle ou synthétique).

**Le classement utilisé dans le cadre de cette séance, et qui est relativement proche de la classification industrielle, est donc le suivant :**

- Métaux **A**
- Céramiques et verres **B**
- Fibres naturelles **C**
- Plastiques **D**
- Caoutchoucs **E**
- Matériaux composites **F**



**Les 4 principales familles (en suivant le classement selon la structure atomique) sont :**

### 1. Les métaux

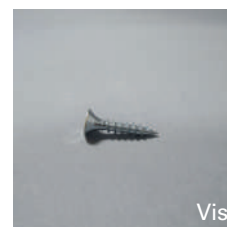
Les métaux sont en général présents dans la nature sous forme de minerai, qu'il faut transformer en métal (métallurgie primaire), à quelques exceptions près (or, fer météorique, cuivre natif et autres éléments natifs).

Les métaux sont plus souvent utilisés sous forme d'alliages (« mélanges » de métaux) : d'une part car il est difficile d'obtenir des métaux purs, les minerais étant composés de plusieurs métaux ; et d'autre part car combiner plusieurs métaux permet souvent d'obtenir des propriétés plus intéressantes qu'avec un métal pur. Les métaux sont utilisés dans de nombreux domaines, notamment les aciers (alliages de fer et carbone) que l'on retrouve dans toutes les industries de transport, bâtiment etc. La consommation des métaux s'est ainsi très fortement accrue depuis les années 1980, au point que certains métaux rares sont devenus des matières premières minérales critiques.

Échantillons dans la mallette :



Trombone



Vis

### 3 Les familles de matériaux

## 2. Les polymères

Les polymères sont composés de longues molécules (ou macromolécules) de carbone et d'hydrogène. Les polymères les plus connus comprennent les matières plastiques, les caoutchoucs, les colles, les peintures, les résines... Pour simplifier cette famille pour les élèves, on peut la diviser en trois sous-familles :

- les **plastiques** (d'origine synthétique)

Échantillons dans la mallette :



Polystyrène (x2)



Tissu synthétique



Bouchon

- les **élastomères** ou **caoutchoucs** (d'origine naturelle ou synthétique et qui ont la particularité d'être élastiques)

Échantillon dans la mallette :



Élastique

- les **fibres naturelles** (d'origine naturelle)

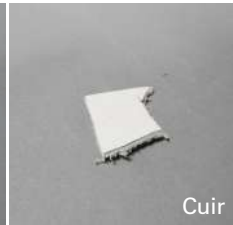
Échantillons dans la mallette :



Balsa (bois)



Liège



Cuir

La particularité des polymères est qu'ils sont soumis à un phénomène appelé transition vitreuse qui se déroule à la température  $T_g$  (température de transition vitreuse). À des températures inférieures à  $T_g$ , le polymère est dans une forme dure et relativement cassante (état vitreux) ; au-dessus de  $T_g$  en revanche il se trouve dans une forme plus souple et caoutchouteuse. La température  $T_g$ , caractéristique d'un polymère, est plus ou moins élevée.

Les élastomères, par exemple, sont des polymères dont la température de transition vitreuse  $T_g$  est très basse. Ainsi, à température ambiante, ils sont en phase caoutchouteuse et sont donc très déformables avant rupture (ex : caoutchouc naturel, polyuréthane).

Il existe également de nombreux polymères tirés des plantes : à titre d'exemple, la cellulose provient du bois, le caoutchouc naturel de l'hévéa, un arbre tropical. Les matériaux organiques naturels constitués de fibres naturelles végétales ou animales sont par définition biodégradables, ce qui rend leur recyclage facile. Ils sont utilisés dans les habitations et les vêtements comme isolants thermiques. Ce sont aussi des isolants électriques.



### 3. Les céramiques et verres

Les céramiques constituent une gamme très étendue de matériaux utilisés en particulier dans le domaine de la construction. La brique, la terre cuite, les ciments, le verre, l'ardoise ou encore le grès, en font partie. Elles sont toutes élaborées par des procédés thermiques et chimiques et incluent de nombreux silicates et oxydes. Beaucoup ont pour origine les argiles naturelles qui sont durcies par chauffage. La structure moléculaire des céramiques est parmi les plus complexes de toutes celles du monde minéral et les liaisons entre les atomes sont très fortes. En conséquence, du point de vue de la dureté, de la résistance thermique ou mécanique, les céramiques montrent une nette supériorité par rapport à la plupart des matériaux métalliques. En revanche, elles présentent un défaut important : leur grande fragilité aux chocs.

Échantillons dans la mallette :



Gravier



Bille d'argile



Bille de verre



Porcelaine

### 4. Les composites

Un composite est un assemblage de deux composants non miscibles dont les propriétés se complètent. On distingue en effet l'ossature du composite, appelé renfort (fibres de verre, de carbone, Kevlar ou fibres naturelles), qui assure la tenue mécanique du matériau final, et la matrice (polymère pour la plupart, mais aussi céramique ou métallique) qui, elle, assure la cohésion de la structure. Ces matériaux sont très légers et résistants, la plupart de leurs applications sont dans le domaine de l'aéronautique. Le recyclage est en revanche leur point faible. La recherche tend à intégrer des matériaux naturels aux composites afin de limiter leur impact écologique, en utilisant des fibres de lin et de chanvre notamment.

Échantillons dans la mallette :



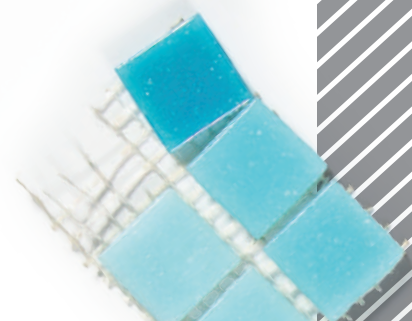
Contreplaqué



Isorel

#### Sources

- **Wikiversité**  
(Histoire de la science de matériaux)
- **Wikipédia**  
(Science des matériaux et Les matériaux)



## Rigidité des matériaux : comment la mesurer ?



### Objectifs

Mettre en lien la résistance d'un objet avec sa forme, la nature du chargement, la rigidité du matériau.

Découvrir l'utilisation du banc de flexion.

### Déroulement pédagogique

1h

En amont de la séance, l'enseignant devra prendre le temps de lire la **FICHE Découverte du banc de flexion**. Cette lecture lui permettra de comprendre comment monter et utiliser un banc de flexion.

Au début de la séance, les bancs de flexion ne sont pas visibles par les élèves.

### Matériel

Par ilot :

- 1 banc de flexion <sup>[1]</sup>
- 1 comparateur <sup>[2]</sup>
- 4 masses <sup>[3]</sup>
- 1 lot d'éprouvettes <sup>[5]</sup>
- feuilles A5 <sup>[nf]</sup>  
2 par élève

[nf] Matériel non fourni

[0] Référence dans le catalogue

### Immersion

L'enseignant annonce que la classe va s'intéresser à deux des caractéristiques vues en séance 2 : rigide et léger.

La première activité de la séance est lancée par une question :

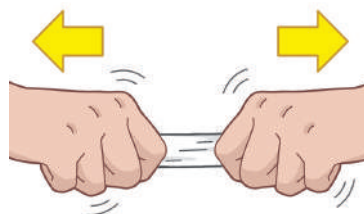
*Est-il possible de réaliser un bol en papier ?*

Les élèves répondent généralement que ce n'est pas assez rigide. L'enseignant propose donc de tester cette hypothèse par l'expérience. Le problème de la perméabilité n'est pas à aborder dans cette séance (c'est le sujet de la séance 7).

#### EXPÉRIENCE 1

Les élèves plient une feuille A5 sur elle-même pour former une bande d'environ 1,5 cm de large. Ils essaient ensuite de tirer de chaque côté : le papier ne se déforme pas, et il est difficile à déchirer si on ne le tord pas.

**Bilan :** la bande de papier pliée est rigide en traction mais pas en flexion. Le papier plié en bande présente une résistance qui dépend de la nature de la force appliquée.



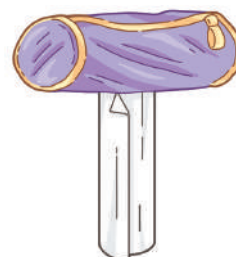
#### EXPÉRIENCE 2

Cette seconde expérience est lancée sous la forme d'un défi :

*Vous devez faire tenir votre trousse pleine à au moins 10 cm au-dessus de la table sans avoir besoin de tenir quoi que ce soit et en utilisant simplement 1 feuille A5.*

Les élèves se rendent compte assez rapidement qu'en pliant ou en enroulant la feuille, on arrive à faire tenir la trousse dessus.

**Bilan :** si on lui donne une forme appropriée, la feuille de papier pliée est donc assez résistante pour supporter le poids d'une trousse.



Finalement, la résistance d'un objet dépend de la rigidité du matériau dans lequel il est fait, de sa forme (géométrie) et du type de force appliquée (traction ou flexion). Il serait donc possible de fabriquer un bol en papier.

## Points de passage

### RÉFLEXION SUR LA MÉTHODE DE MESURE

L'objectif de la suite de la séance est d'amener les élèves à découvrir par eux-mêmes comment mesurer la rigidité d'un matériau.

**L'enseignant présente une règle en plastique et une règle en métal :**

*Comment savoir laquelle est la plus rigide ?*

Les élèves vont certainement proposer de « faire avec les mains », c'est une bonne manière de faire pour ressentir la résistance plus ou moins grande d'un objet, les élèves le font depuis le plus jeune âge. Mais on cherche à être plus précis, pour classer de nombreux matériaux.

*Et si on compare deux règles en plastique identiques ?*

La différence est plus difficile à déceler « avec les mains ».

L'enseignant demande à un élève de lui servir d'assistant et de tenir les deux extrémités de la règle du bout des doigts. Avec son doigt, l'enseignant applique une force au centre de la règle et les élèves constatent une déformation.



*Mais comment faire pour être sûr qu'on applique la même force à chaque fois ?*

Les élèves doivent arriver à trouver l'idée qu'on peut poser une masse (toujours la même) au centre de la règle. Cela peut être l'occasion d'aborder la notion de reproductibilité en sciences, qui permet à tout le monde de reproduire des expériences et ainsi d'en vérifier les résultats.

*Comment savoir quelle règle ou quel matériau se plie le plus ?*

On place les deux règles l'une devant l'autre sur le même support avec le même poids sur chacune d'elle. Celle qui descend le plus est la moins rigide. Il est alors facile d'en comparer deux, si la différence est visible à l'œil nu.

*Et si on a 10 règles en plastique à comparer ?*

On ne peut pas mettre 10 règles sur un même support pour les comparer à l'œil nu, c'est trop difficile à mettre en place et peu précis pour faire un classement. Si les élèves ne parviennent pas à cette conclusion eux-mêmes, l'enseignant leur explique qu'il vaut mieux faire les mesures les unes après les autres plutôt qu'en simultané. Mais dans ce cas, on ne peut plus comparer les déformations par la simple observation. Ce qui nous intéresse vraiment, c'est savoir « à quel point la règle descend ».

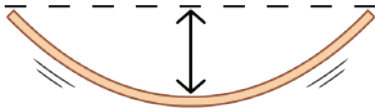
**L'enseignant réalise un schéma au tableau montrant les deux règles déformées, testées l'une après l'autre :**

*Comment savoir laquelle est la moins rigide de manière précise ?*

*Comment mesurer cette rigidité ?*

Les élèves doivent arriver à la conclusion qu'il faut mesurer une distance pour comparer et ainsi conclure sur la rigidité de deux matériaux.

#### 4 Rigidité des matériaux : comment la mesurer ?



Plus exactement, on mesure la distance entre deux positions : la position prise par la règle au départ, puis sa position prise lorsqu'une masse est posée dessus. Cette distance traduit la plus ou moins grande déformation du matériau : plus elle est grande, plus le matériau est déformé, donc moins il est rigide. Cette distance s'appelle **la flèche**.

#### DÉCOUVERTE DU BANC DE FLEXION

La séance se termine par la découverte des bancs de flexion. C'est le matériel qui va leur permettre de réaliser l'expérience qu'ils ont eux-mêmes imaginée de façon plus pratique et plus précise qu'avec des règles et les mains.

En s'appuyant sur la **FICHE Découverte du banc de flexion**, l'enseignant explique aux élèves comment on utilise un banc de flexion. Il est primordial, à ce moment-là, d'expliquer le principe du comparateur, qui permet simplement de mesurer une distance de façon plus précise qu'une règle.

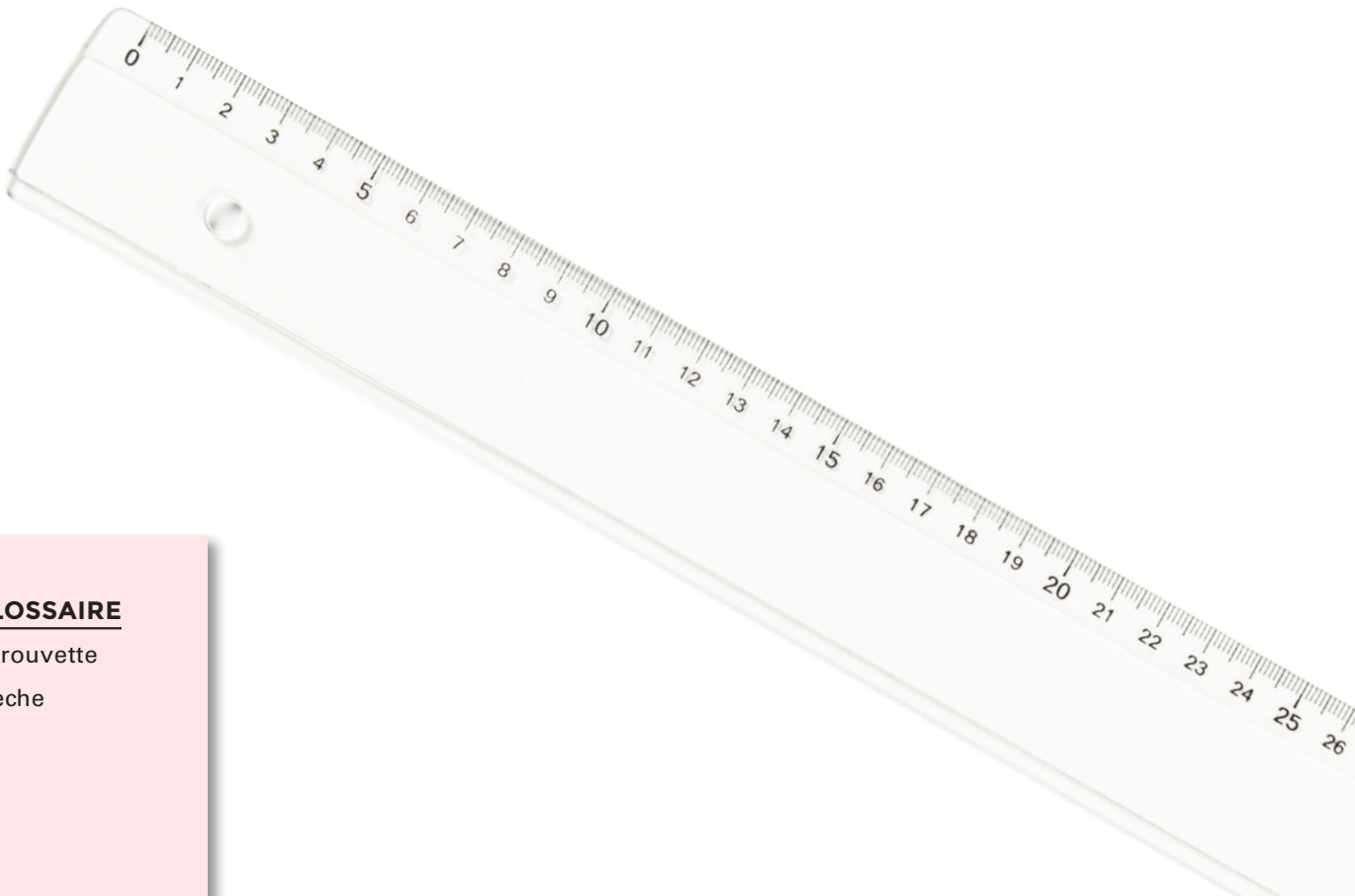
À la suite de ces explications, par îlot, les élèves peuvent commencer à manipuler le banc de flexion avec une seule éprouvette (idéalement l'éprouvette de pin).

L'objectif est que les élèves s'approprient le fonctionnement du banc de flexion. Ils peuvent noter leurs résultats et réfléchir à un moyen pertinent de les mettre en forme (tableau).

#### ● Découvertes réalisées

Les élèves écrivent ou dessinent dans leur cahier ce qu'est une flèche.

Ils peuvent aussi expliquer comment on travaille, en sciences, pour réaliser une expérience reproductible. ■



#### GLOSSAIRE

Éprouvette

Flèche



## Découverte du banc de flexion

### Qu'est-ce que la rigidité d'un matériau ?

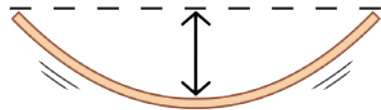
C'est la capacité d'un matériau à s'opposer à sa déformation lorsqu'il est soumis à des efforts. La rigidité d'un matériau est caractérisée par une constante appelée module d'élasticité (module d'Young : noté E). La raideur (« résistance ») d'un objet dépend de sa géométrie, de la nature du chargement mécanique qui lui est appliqué, et de la rigidité du matériau.

### Qu'est-ce qu'une éprouvette de flexion ?

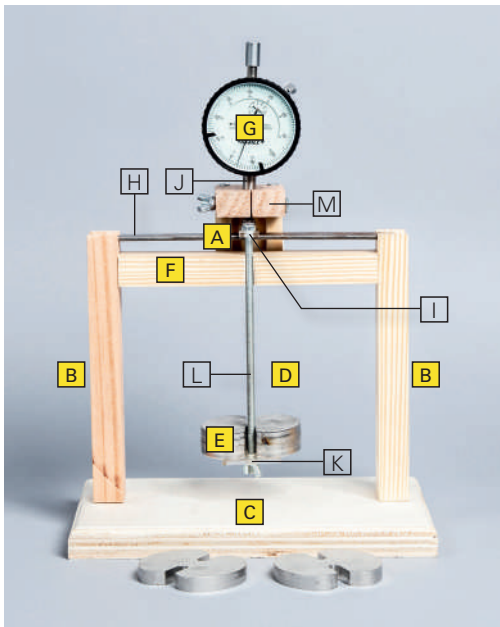
Les éprouvettes de flexion sont les petites lames réalisées dans différents matériaux que l'on va pouvoir tester (« éprouver ») grâce au banc de flexion. Dans la mallette, les éprouvettes sont de dimensions identiques, car pour une éprouvette de géométrie donnée, le rapport de la charge appliquée sur la flèche mesurée est directement proportionnel à la rigidité du matériau.

### Qu'est-ce que la flèche ?

La flèche est le déplacement mesuré sous le point de chargement de l'éprouvette conformément à la figure ci-contre.



### De quoi est composé le banc de flexion ?



#### A Zone de contact entre l'éprouvette, le support des masses et la tige du comparateur

L'éprouvette [H] doit passer sous la partie supérieure du support des masses [I], le palpeur du comparateur [J] doit être en contact avec ce support et glisser librement pour rester en contact.

#### B Guides de positionnement de l'éprouvette

L'éprouvette [H] repose librement sur ces deux guides en passant sous la partie supérieure du support des masses [I] lorsqu'elle est mise en place.

#### C Plateau

C'est sur ce plateau que reposent les deux guides de positionnement.

#### D Support des masses

On vient poser les masses sur son plateau [K] après les avoir glissées entre les deux tiges du support [L]. Les tiges empêchent les masses de tomber une fois qu'elles sont mises en place.

#### E Masses

Elles sont usinées pour pouvoir glisser entre les tiges du support [L] et calibrées à 150 grammes.

#### F Potence

La distance entre l'éprouvette [H] et la potence est prévue pour limiter la déformation des éprouvettes lors de l'essai. En cas de surcharge (élève qui appuie sur le plateau avec ses doigts, par exemple), l'éprouvette viendra en contact avec la potence.

#### G Comparateur

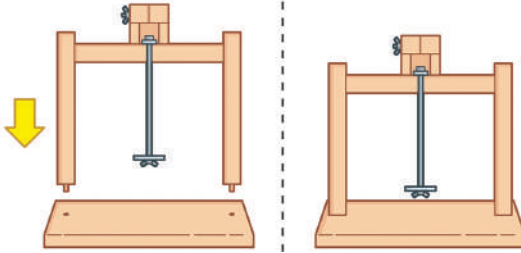
Il est positionné sur le support du comparateur [M]. Son palpeur [J] est en contact avec l'éprouvette [H], une fois mise en place.

#### 4 Rigidité des matériaux : comment la mesurer ?

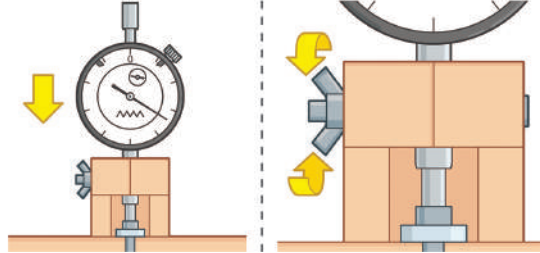
### Comment monter le banc de flexion ?

Le dispositif est rangé en 4 parties dans la mallette : le plateau, l'ensemble potence / guides de positionnement / support des masses, le comparateur et les masses.

- 1** Emboîter l'ensemble potence / guides de positionnement / support des masses dans les trous du plateau prévus à cet effet



- 2** Insérer le comparateur dans le support dédié et serrer la vis papillon pour l'y maintenir



#### POINT D'ATTENTION

Le palpeur doit être en contact avec la partie supérieure du support des masses à l'étape 2.

### Qu'est-ce qu'un comparateur ?

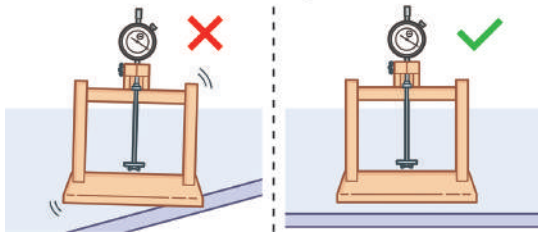
Un comparateur permet de mesurer un déplacement relatif du palpeur (tige mobile) par le biais d'une aiguille pivotant dans un cadran gradué. Ces dispositifs sont utilisés pour mesurer la flèche des éprouvettes lors de l'essai de flexion. L'angle de rotation est proportionnel au déplacement du palpeur. Les mesures sont très précises car une graduation du cadran correspond à un déplacement de 0,01 mm du palpeur.

### Comment utiliser le banc de flexion ?

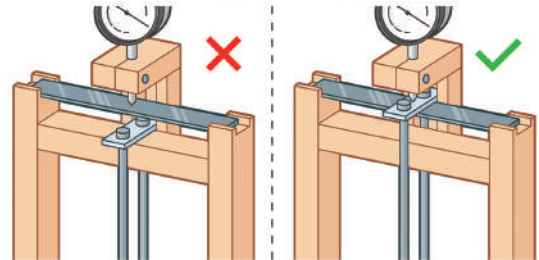
Il est nécessaire pour l'enseignant de bien maîtriser l'utilisation du banc avant son utilisation en classe.

Les premières étapes sont les suivantes :

- 1** Positionner le banc de flexion de façon stable sur la table, il faut pouvoir manipuler les masses et lire le cadran du comparateur sans avoir à déplacer le banc

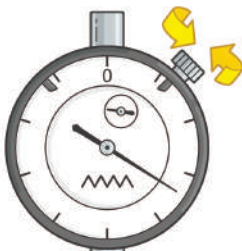


- 2** Glisser l'éprouvette de matériau sous le support des masses, elle doit reposer dans les deux guides de positionnement

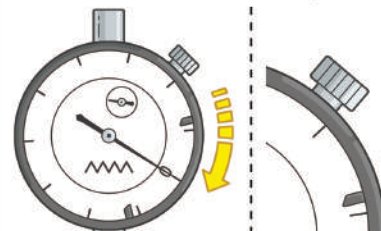


À ce stade, s'assurer que le palpeur du comparateur (extrémité pointant vers le bas qui va enregistrer les mesures) est bien en contact avec le haut du support des masses. Il faut ensuite régler le comparateur :

- 3** Dévisser la molette pour libérer la bague extérieure



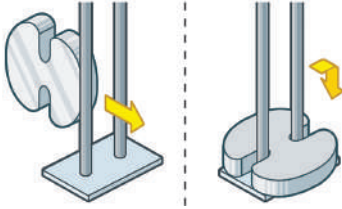
- 4** Faire tourner la bague extérieure pour aligner l'aiguille sur le 0. Il n'est pas utile de revisser la molette lors des manipulations



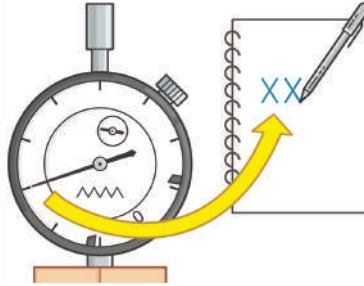
#### POINT D'ATTENTION

Vous pouvez vérifier votre réglage en tapotant légèrement sur la table, l'aiguille du comparateur va vibrer et revenir à sa position, si besoin affinez votre zéro et recommencez.

- 5** Glisser la première masse dans le support de chargement et la déposer délicatement sur le plateau sans la laisser tomber



- 6** Relever la mesure indiquée par l'aiguille du comparateur



## POINT D'ATTENTION

Vous pouvez vérifier votre mesure en tapotant légèrement sur la table, l'aiguille doit revenir sur la même valeur.

- 7** Poursuivre les mesures de chargement en ajoutant les masses une à une. Noter la mesure indiquée par l'aiguille du comparateur à chaque étape. Pour décharger l'éprouvette, enlever les masses une à une en relevant à chaque fois la valeur du déplacement.

## POINT D'ATTENTION

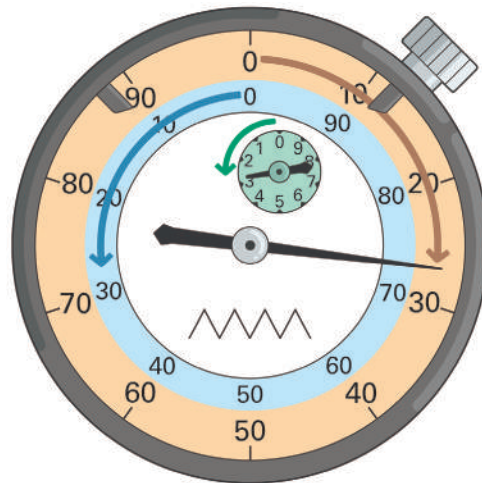
Lorsque vous avez enlevé toutes les masses, le comparateur vous donne une nouvelle valeur du « zéro ». La différence entre les deux « zéro » est à prendre en compte dans les erreurs de mesures.

- 8** Effectuer les étapes 2 à 7 pour les autres éprouvettes. Si vous optez pour une deuxième série de mesures du même matériau il faut prendre le temps de reprendre le protocole au début : sortir l'éprouvette, la retourner et la remettre en position dans le banc de flexion.

## LECTURE DU COMPAREUR

Les deux principales difficultés liées à l'utilisation du comparateur dans le dispositif expérimental sont les suivantes (il faut les énoncer aux élèves avant l'utilisation du banc de flexion) :

1. Quand il y a flexion de l'éprouvette, l'aiguille tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, les mesures correspondent donc aux petits nombres écrits dans le cadran du comparateur (en **bleu** sur le dessin ci-contre).
2. Pour un matériau « souple », l'aiguille du cadran principal peut faire plusieurs tours. Chaque tour correspond à 1 mm de flèche (100 graduations du cadran). Il faut donc être suffisamment attentif pour le voir. Le mini-cadran central du comparateur (en **vert** sur le dessin ci-contre) compte le nombre de tours effectués lors de l'essai. On peut choisir de ne pas l'utiliser en classe pour que les élèves le constatent par eux-mêmes.



Si l'éprouvette vient en contact avec la potence, il ne sert à rien de relever la mesure.





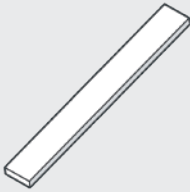
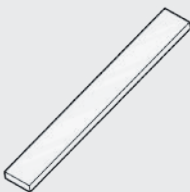


Les grands nombres du cadran du comparateur (en **marron clair** sur le dessin ci-dessus) sont utilisés pour une mesure inverse (si l'éprouvette remontait vers le comparateur plutôt que de s'éloigner). Ces graduations ne sont pas utilisées au cours des activités. L'enseignant s'assurera que les élèves ne se trompent pas en relevant leurs mesures.

## 4 Rigidité des matériaux : comment la mesurer ?

**Comment reconnaître les éprouvettes des différents matériaux ?**

La mallette contient des éprouvettes de 6 types de matériaux différents. Elles sont présentées dans le tableau suivant avec quelques remarques pour plus facilement les reconnaître.

Famille de matériaux	Éprouvettes	Remarques
Fibres naturelles (bois)	<b>Chêne</b> 	Plus lourd et fibres plus denses que le pin
	<b>Pin maritime</b> 	Plus léger et fibres moins denses que le chêne
Métaux	<b>Acier</b> 	Plus mat et plus lourd que l'aluminium
	<b>Aluminium</b> 	Plus brillant et plus léger que l'acier
Plastiques	<b>PVC</b> 	L'éprouvette est blanche. Le PVC est trop flexible pour être testé avec le banc de flexion, une propriété qui pourra être directement observée par les élèves.
	<b>PMMA (plexiglas)</b> 	L'éprouvette est transparente



## Rigidité des matériaux : réaliser les mesures

SÉANCE

5

### Objectifs

Mettre en œuvre un protocole expérimental.  
Réaliser des mesures en charge et en décharge.  
Analyser les résultats expérimentaux (précision et répétabilité).

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

La classe est répartie en 6 ou 7 îlots.

Les bancs de flexion et les éprouvettes sont répartis entre les îlots de travail.

L'enseignant rappelle les acquis de la séance précédente. Si besoin, il effectue une démonstration de mesure à l'aide du banc de flexion devant la classe.

Il présente ensuite le tableau de la **FICHE Mesure de la rigidité : exemple du pin**. L'enseignant vérifie que les élèves ont bien compris la signification de chaque colonne et les tâches qu'ils vont devoir réaliser pour compléter ce tableau.

#### Points de passage

##### 1<sup>RE</sup> SÉRIE DE MESURES SUR LE PIN

Les élèves réalisent la première série de mesures sur l'éprouvette de pin (première ligne du tableau n°1, **FICHE Mesure de la rigidité : exemple du pin**).

Ils se répartissent les rôles : celui qui manipule, celui qui lit les mesures sur le comparateur, ceux (2 élèves) qui reportent les données dans le tableau, celui qui pèse l'éprouvette...

L'enseignant vérifie que le principe des mesures est bien compris, il corrige les erreurs de manipulation et de lecture.

#### POINT D'ATTENTION

Lors des essais, les élèves doivent être attentifs à la mesure et à la qualité des résultats obtenus. La principale difficulté est la mauvaise lecture liée au sens de rotation de l'aiguille, les élèves lisent les mauvaises graduations (rappel : il faut lire les graduations dans le sens contraire des aiguilles d'une montre).

### Matériel

Par îlot :

- 1 banc de flexion [1]
- 1 comparateur [2]
- 4 masses [3]
- 1 lot d'éprouvettes [5]
- 1 balance [10] pour la classe
- **FICHE** Mesure de la rigidité : exemple du pin  
1 photocopie par élève
- **FICHE** Le pin : mutualisation des résultats  
imprimée en A3 et affichée ou à projeter au tableau : feuille Pin du fichier Excel « Rigidité des matériaux - synthèse des résultats » (à télécharger sur [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr))
- **FICHE** Mesure de la rigidité : divers matériaux  
1 photocopie par élève
- **tableaux collectifs**  
fichier Excel « Rigidité des matériaux - synthèse des résultats » à télécharger sur [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)

[0] Référence dans le catalogue

#### MUTUALISATION DES RESULTATS

L'enseignant projette le tableau n°2 collectif de la **FICHE Le pin : mutualisation des résultats** (feuille Pin du fichier Excel « Rigidité des matériaux - synthèse des résultats ») au tableau ou l'imprime en A3 et l'affiche.

Chaque groupe vient reporter ses mesures (ligne Série 1).

## 5 Rigidité des matériaux : réaliser les mesures

L'enseignant lance ensuite une réflexion collective pour faire un bilan de ces mesures :

*Que penser de ces résultats ? Les mesures sont-elles cohérentes ?  
Tous les groupes trouvent-ils à peu près les mêmes valeurs ?*

Si certaines mesures sont incohérentes, il faut les détecter et ne pas en tenir compte car elles correspondent probablement à une erreur de manipulation.

*Les mesures des différents groupes sont-elles du même ordre de grandeur ?*

Si c'est le cas, cela signifie qu'elles ont du sens, l'essai est répétable. Il est possible d'utiliser ces mesures pour caractériser la rigidité du matériau de l'éprouvette.

**Les mesures charge-décharge pour une masse identique sont normalement relativement identiques :**

*Les groupes trouvent-ils environ la même mesure pour la même masse ?*

La cohérence et la répétabilité des mesures sont validées par la classe.

#### 2<sup>E</sup> ET 3<sup>E</sup> SÉRIES DE MESURES

Les élèves réalisent ces séries de mesures comme la première (enlever et remettre l'éprouvette en la retournant, par exemple). Ils se répartissent les rôles pour les séries de mesures suivantes (en prenant soin de choisir un rôle différent de celui joué lors de la première série).

**Bilan des résultats :** chaque groupe émet un avis sur la validation des mesures et détecte les erreurs de manipulation ou de lecture éventuelles.

Pour plus d'informations sur la manière de mener la réflexion collective autour de la mutualisation des résultats, l'enseignant pourra s'aider de la **FICHE Analyse des résultats**.

L'enseignant ramasse les tableaux de la **FICHE Mesure de la rigidité : exemple du pin** de chaque groupe pour une exploitation à la séance suivante.

#### RÉALISATION DE 3 SÉRIES DE MESURES SUR AU MOINS 3 MATÉRIAUX

La dernière partie de la séance consiste à poursuivre les mesures sur les autres éprouvettes (3 au minimum, idéalement les 4). Chaque groupe effectue les mesures sur les 4 matériaux autres que le pin. Si un groupe n'a pas assez de temps pour éprouver les 4 matériaux, lui faire mesurer en priorité un matériau de chaque famille (chêne, aluminium et PMMA, garder l'acier pour la fin).

#### POINT D'ATTENTION

*Le PVC n'étant pas assez rigide, l'éprouvette vient rapidement en contact avec la potence.  
Les mesures sur ce matériau sont donc impossibles.*

L'enseignant distribue la **FICHE Mesure de la rigidité : divers matériaux** que les élèves remplissent en suivant le protocole précédent.

### ● Découvertes réalisées

Une fois les mesures terminées et les tableaux remplis, l'enseignant ramasse la **FICHE Mesure de la rigidité : divers matériaux** de chaque groupe.

À partir de ces nouveaux résultats, l'enseignant remplit les tableaux collectifs (fichier Excel Rigidité des matériaux - synthèse des résultats, feuilles *Pin*, *Chêne*, *PMMA*, *Aluminium* et *Acier* en laissant la ligne *Moyenne* vide) pour préparer l'analyse mathématique qui sera réalisée à la séance suivante. ■

## GLOSSAIRE

Répétabilité

## Analyse des résultats

Lors la séance 5, les premières mesures effectuées en classe sont réalisées avec l'éprouvette en pin. Le tableau de la **FICHE Mesure de la rigidité : exemple du pin** correspond à 3 séries de mesure pour chaque groupe, qui seront reportées dans un tableau collectif (**FICHE Le pin : mutualisation des résultats**) pour l'analyse collective. Il y aura donc beaucoup plus de valeurs avec probablement des erreurs de mesure.

Pour illustrer l'analyse proposée nous présentons ici les résultats de 5 mesures effectuées pour le pin (dans le tableau ci-dessous toutes les mesures sont cohérentes, ce qui ne sera pas forcément le cas en classe). Les déplacements mesurés sont donnés en nombre de division du comparateur.

Tableau de mesures-types pour 5 mesures avec des éprouvettes de pin

Charge	150 g	300 g	450 g	600 g	450 g	300 g	150 g	0 g
Groupe								
Groupe 1	34	69	107	142	110	74	40	7
Groupe 2	32	73	102	138	108	71	40	4
Groupe 3	33	72	105	142	107	75	39	4
Groupe 4	35	74	103	141	109	72	38	3
Groupe 5	34	69	106	140	109	70	37	5

La masse moyenne des éprouvettes de pin est de 4 grammes.

### Comparaisons colonne par colonne

La lecture du tableau colonne par colonne permet de vérifier la cohérence des séries de mesures (répétabilité), on doit obtenir **des valeurs identiques** (même géométrie des éprouvettes), **à la précision près**. Si les mesures sont cohérentes, la lecture d'une colonne donne la mesure du déplacement pour une charge donnée et la précision de cette mesure, **c'est le cas ici**.

#### Comment utiliser les valeurs d'une colonne ?

**Réponse attendue** : pour une charge donnée, le déplacement mesuré devrait être le même pour toutes les éprouvettes car elles sont identiques.

#### À quoi servent les mesures de la dernière colonne ?

**Réponse attendue** : elles permettent de vérifier que les mesures se sont correctement déroulées.

**La dernière colonne donne le retour à zéro, cette mesure est importante car :**

- elle permet de vérifier que les mesures se sont correctement déroulées (pas de mauvaise manipulation du matériel),
- elle donne une information sur la précision maximale des mesures (ici lecture à 7 divisions près soit 0,07 mm). L'erreur sur le zéro doit être prise en compte dans toutes les mesures effectuées entre les deux zéros. Ici, la valeur moyenne est de 5 divisions (erreur sur le zéro).

#### Que pensez-vous des valeurs de la première colonne ?

**Réponse attendue** : elles se ressemblent, elles sont toutes comprises entre 32 et 35 (la plus grande est 35 la plus petite 32). Nous pouvons considérer que ces mesures sont valables ; elles sont cohérentes avec l'erreur sur le zéro.

## 5 Rigidité des matériaux : réaliser les mesures

**Comparaison des colonnes entre elles**

Il est possible d'observer, à l'aide de ces mesures, le comportement élasto-plastique du bois : l'éprouvette, sous une charge donnée, se déforme dans le temps (les mesures à la décharge sont supérieures à celles en charge et le retour au zéro est toujours positif). Par la suite, les élèves pourront s'apercevoir que l'éprouvette de PMMA a le même comportement, en plus accentué encore (voir tableau n°4, p 61, séance 6).

**La comparaison des colonnes entre elles permet aussi de vérifier la cohérence des mesures, deux colonnes correspondant à la même charge doivent donner les mêmes déplacements mesurés :**

- si une des valeurs est très différente des autres c'est qu'il y a eu une erreur de manipulation. Cette erreur doit si possible être détectée lors des essais pour y remédier. Si ce n'est pas le cas (une seule série de mesure) il ne faudra pas tenir compte de cette valeur dans l'exploitation mathématique des mesures (la remplacer par une case vide).
- les différences entre les valeurs s'expliquent essentiellement par les différences dans la façon de manipuler des élèves. C'est pourquoi, au niveau industriel, les essais sont normalisés, il faut suivre un protocole strict et utiliser des éprouvettes parfaitement identiques (ce n'est pas le cas ici).
- elle donne une information sur la précision des mesures pour une charge donnée, c'est ici qu'interviennent les calculs mathématiques.
- lorsque les mesures ne sont pas cohérentes, on ne peut pas les exploiter.

Il est également possible d'observer la linéarité (proportionnalité) des mesures par rapport au chargement : la mesure double lorsque la charge double.

Moyennes des mesures-types pour 5 mesures avec des éprouvettes de pin

Charge	150 g	300 g	450 g	600 g	450 g	300 g	150 g	0 g
Moyennes	34	71	105	140	109	72	39	5











## Rigidité des matériaux : analyse mathématique



### Objectifs

Synthétiser les résultats expérimentaux.

Utiliser un tableur ou une calculatrice pour traiter et exploiter les résultats expérimentaux.

### Déroulement pédagogique

45'

#### Immersion

Le tableau n°2 ( **FICHE** Le pin : mutualisation des résultats ), complété avec les résultats de tous les groupes, est projeté (ou distribué).

L'ensemble des résultats est analysé, avec pour objectif de valider les résultats si les mesures sont cohérentes (s'aider de la **FICHE** Exploitation mathématique des mesures ). On peut ainsi caractériser la rigidité de l'éprouvette de pin (calcul des moyennes pour chaque colonne).

#### Points de passage

L'enseignant aura complété, en amont, les tableaux collectifs du fichier Excel « Rigidité des matériaux - synthèse des résultats » (feuilles *Pin, Chêne, PMMA, Aluminium* et *Acier*) à l'aide des résultats de la **FICHE** Mesure de la rigidité : divers matériaux (tableau n°3) de chaque groupe. La ligne *Moyenne* est laissée vide.

Les élèves prennent connaissance collectivement de ces résultats et valident les résultats cohérents. Après validation, la moyenne est calculée à l'aide d'un tableur.

La feuille *Synthèse* du fichier Excel génère automatiquement le tableau n°4 de synthèse pour tous les matériaux. En classe entière, les élèves analysent les résultats de ce tableau et classent les matériaux suivant leur rigidité à partir des valeurs moyennes.

**L'enseignant aide les élèves à faire le lien avec les mesures :**

*« Plus un matériau est rigide moins il se déforme et plus le nombre de graduations reporté sera petit pour une charge donnée. En lisant une colonne du tableau, nous pouvons déterminer quel est le matériau le plus rigide. »*

Les élèves, par groupe, vont devoir compléter les deux tableaux de classement de la **FICHE** Classement des matériaux :

- un tableau classant les matériaux du moins rigide au plus rigide (lignes de 1 à 5),
- un tableau classant les matériaux du moins lourd au plus lourd (lignes de 1 à 5).

#### Découvertes réalisées

**L'enseignant amorce le bilan par une question :**

*Quel matériau choisir pour la réalisation du bol ?*

Pour y répondre, les élèves analysent des classements des matériaux suivant leur rigidité et leur masse.

### Matériel

- **tableaux collectifs**  
fichier Excel « Rigidité des matériaux - synthèse des résultats », feuilles *Pin, Chêne, PMMA, Aluminium* et *Acier* remplies en laissant la ligne *Moyenne* vide
- **tableau de synthèse (n°4)**  
fichier Excel « Rigidité des matériaux - synthèse des résultats », feuille *Synthèse* générée automatiquement
- **FICHE** Classement des matériaux  
1 photocopie par élève

Voici les classements que devraient trouver les élèves :

Classement rigidité	
1	PMMA
2	Pin
3	Chêne
4	Aluminium
5	Acier

Classement masse	
1	Pin
2	Chêne
3	PMMA
4	Aluminium
5	Acier

L'enseignant amène les élèves à remarquer que les deux tableaux ne sont pas identiques.

On voit bien que le PMMA est plus lourd que le pin et le chêne ; par contre, il est moins rigide. Donc les matériaux les plus rigides ne sont pas forcément les plus lourds.

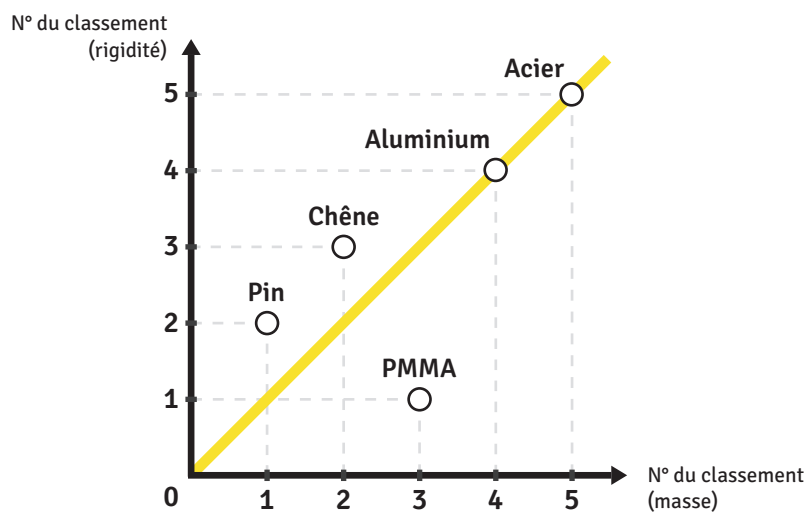
L'enseignant interroge la classe :

*Quels critères retenir ?*

Les élèves doivent tirer les conséquences que peuvent avoir ces résultats pour le choix du matériau pour réaliser le bol : il faut choisir un matériau rigide mais léger. ■

#### POUR ALLER PLUS LOIN...

S'il le souhaite, l'enseignant pourra, à partir des données sur les classements, établir un graphique à double entrée représentant le classement du matériau pour la rigidité (axe des ordonnées) et la masse (axe des abscisses) :



Cette représentation qualitative n'est pas suffisante pour faire un classement rigoureux. Elle permet néanmoins de constater que les matériaux les plus lourds ne sont pas forcément les plus rigides (exemple du PMMA). Seul le classement quantitatif permet de tirer des conclusions sur le choix des matériaux. Pour obtenir un tel classement, il faut utiliser le rapport de la rigidité sur la masse du matériau ( $K/M$ ). Ce travail d'approfondissement peut être proposé en séance décrochée de mathématiques (voir **FICHE Classement quantitatif**).

## Exploitation mathématique des mesures

Pour introduire les calculs mathématiques de la séance, il faut revenir sur l'information importante donnée par les mesures : pour une charge donnée, le déplacement mesuré doit être le même.

### **CALCUL DE LA VALEUR MOYENNE ET DE LA PRÉCISION**

*Comment allez-vous calculer le déplacement moyen associé à la charge de 150 g ?*

**Réponse attendue** : il faut calculer la valeur moyenne ; le résultat est de 34 pour le pin.

Cette valeur moyenne ne peut pas être considérée comme exacte, puisque les mesures ont donné différentes valeurs comprises entre 32 et 35. La précision sur la valeur moyenne doit recouvrir toutes les mesures effectuées et conservées dans notre tableau.

*Pouvez-vous me dire quelle valeur sépare 34 de 32 puis 34 de 35 (précision des mesures) ?*

**Réponse attendue** : 2 et 1.

*Comment utiliser la valeur moyenne et la précision pour définir votre résultat de mesure ?*

**Réponse attendue** : la mesure est définie plus ou moins la précision  $\rightarrow 34 \pm 2$ .

Demander aux élèves d'effectuer les calculs pour les autres colonnes du tableau de synthèse avec l'éprouvette en pin (tableau n°2 de la **FICHE** Le pin : mutualisation des résultats ). Chaque élève ne fait les calculs que pour une seule colonne, la comparaison des résultats permettra de vérifier les calculs.

Les calculs sont beaucoup plus rapides si les élèves utilisent une calculette ou un tableur.

L'analyse des résultats de ces calculs dépend des résultats obtenus lors des essais.

Normalement, les mesures avec des charges plus élevées sont plus précises à cause de l'erreur sur le zéro.

### **CRÉATION DU TABLEAU DE SYNTHÈSE DES MESURES**

Le tableau de synthèse complété avec toutes les mesures est affiché. La première chose à faire est de regarder avec la classe la cohérence et la répétabilité des mesures effectuées. Il peut être nécessaire d'éliminer les mesures visiblement fausses (erreurs de manipulation).

Les trois principales sources d'erreurs en classe sont :

- la non-prise en compte du sens de rotation de l'aiguille ou la lecture de mauvaises graduations,
- l'oubli du comptage du nombre de tours, lorsque la mesure est supérieure à 100 graduations,
- le contact de l'éprouvette avec la potence lors de la prise de mesure.

Les éprouvettes en PMMA et en pin sont souples, l'aiguille effectue plusieurs tours, et pour l'éprouvette de PVC, les mesures sont impossibles, les élèves doivent voir que l'éprouvette vient en contact avec le support, on ne peut plus mesurer la déformation de l'éprouvette.

Lorsque les mesures ne sont pas cohérentes, on ne peut pas les exploiter mathématiquement. C'est normalement le cas des mesures effectuées avec l'éprouvette en PMMA (les mesures ne sont pas faciles à effectuer car elles varient dans le temps, les élèves repèrent généralement cette difficulté s'ils suivent bien le protocole expérimental). Effectivement, les mesures en charge et décharge sont différentes et le retour à zéro n'est pas bon. Cela veut dire que ces mesures ne seront pas exploitables car non répétitives. L'explication est liée au comportement visco-élastique de cette éprouvette.

L'analyse des résultats faite, il est possible de passer à l'analyse mathématique. Les élèves calculent les valeurs moyennes des mesures effectuées pour les différents matériaux (feuilles *Pin*, *Chêne*, *PMMA*, *Aluminium* et *Acier* du fichier Excel). Ce travail permet de construire le tableau n°4 (feuille *Synthèse* du fichier Excel) qui fait la synthèse de tous les résultats.

Dans ce tableau de synthèse, la précision des mesures n'est pas reportée car ces calculs sont trop longs pour être effectués, en classe, sur toutes les mesures.

**Tableau n°4 : synthèse des résultats pour les différents matériaux (valeurs-types)**

Matériau	Charges supportées								Masse	K / M
	150 g	300 g	450 g	600 g	450 g	300 g	150 g	0 g		
Pin	34	71	105	140	109	72	39	5	4	1,05
Chêne	29	59	92	121	93	62	31	3	6	0,82
PMMA	100	202	312	422	330	230	125	30	8	0,17
Aluminium	5,7	11,7	17,3	23,7	17,2	12	6	1	21	1,22
Acier	1,8	4,2	6,3	8,5	6,6	4,4	2,7	1	60	1,17
PVC	Mesures impossibles									

Les mesures effectuées en classe doivent être de cet ordre de grandeur sauf modification des matériaux proposés dans les mallettes. Pour tous les matériaux rigides, les mesures à faible charge sont moins précises (on ne doit pas tenir compte des mesures effectuées pour les charges de 150 g si elles conduisent à une différence dans l'analyse des résultats).

La dernière colonne (rapport Rigidité / Masse ou K / M) n'est pas demandée aux élèves. Elle peut être réalisée en séance décrochée de mathématiques, en utilisant un tableur (voir **FICHE Classement quantitatif**).



## 6 Rigidité des matériaux : analyse mathématique

## Classement quantitatif

*Ce travail d'approfondissement peut être proposé en séance décrochée de mathématiques.*

Dans cette activité, on se propose de vérifier que la flèche mesurée pour une charge donnée est une caractéristique du matériau.

*Comment utiliser les résultats de nos mesures pour le vérifier ?*

**Réponse attendue :** si c'est une caractéristique d'un matériau, la lecture d'une ligne du tableau doit fournir une constante.

Cela correspond à l'exploitation des mesures d'une ligne du tableau. L'enseignant fait constater aux élèves que lorsque l'on passe d'une charge de 150 g à 300 g puis à 600 g, la mesure est, elle aussi, double. Il existe donc un rapport entre ces mesures.

**La question suivante consiste à calculer ce coefficient (rapport des mesures) :**

*Comment peut-on calculer ce rapport ?*

**Réponse attendue :** il faut diviser la valeur de la charge par la valeur moyenne de la flèche mesurée.

Les calculs peuvent être faits en classe avec une calculatrice ou un tableau.

Les élèves constateront que le résultat du calcul est effectivement le même pour toutes les charges : il s'agit bien d'une caractéristique liée au matériau.

Le rapport de la charge appliquée sur la flèche mesurée est directement proportionnel à la rigidité du matériau. La rigidité est ici définie en gramme par division.

*On veut maintenant classer nos matériaux par leur rapport « Rigidité / Masse », que faut-il faire ?*

**Réponse attendue :** il faut diviser la rigidité de l'éprouvette par sa masse.

Plus ce nombre est grand, meilleur sera le comportement du matériau. Ce classement est quantitatif. Les élèves réalisent les calculs. Les résultats sont renseignés dans la dernière colonne du tableau n°4.

**Le classement quantitatif est le suivant :**

Rang	Matériau	K / M (rigidité / masse)
1	Aluminium	1,22
2	Acier	1,17
3	Pin	1,05
4	Chêne	0,82
5	PMMA	0,17

Pour élargir le débat :

Pour de nombreuses applications, il est intéressant de trouver des matériaux qui sont à la fois rigides et légers. C'est particulièrement vrai dans le cas de l'aéronautique où il est important de construire des engins à la fois très résistants et légers.

Le bois reste un matériau de construction très performant, la structure des premiers avions était d'ailleurs en bois. Il est aujourd'hui remplacé par des matériaux composites plus légers et par l'aluminium (classé 1<sup>er</sup> dans le tableau).

Le chêne, un peu plus lourd, reste un des matériaux les plus utilisés dans l'histoire de la construction (bâtiments, moyens de transport, objets courants). Les premiers grands buildings ont été réalisés en acier (classé 2<sup>e</sup> dans le tableau), mais le verre prend de plus en plus d'importance dans le rôle structurel de ces bâtiments.







## Perméabilité des matériaux



### Objectifs

Découvrir la notion de perméabilité.

Classer les matériaux en fonction de leur perméabilité.

### Matériel

Par îlot :

- **1 lot d'éprouvettes rondes** [6]  
balsa, denim, liège, acier, plastique
- **1 récipient en plastique** [7]  
sur lequel on viendra poser l'éprouvette à tester
- **1 pipette Pasteur** [9]  
pour pouvoir verser l'eau goutte à goutte sur l'éprouvette
- **1 récipient quelconque rempli d'eau** [nf]

- **matériaux absorbants** [nf]  
tissus, cartons...
- **éponge** [nf]  
pour mettre en évidence le rôle des pores sur l'absorption
- **FICHE Perméabilité : protocole**  
1 exemplaire par élève
- **FICHE Perméabilité : résultats**  
1 exemplaire par élève

[nf] Matériel non fourni

## Déroulement pédagogique

1h

### Immersion

L'enseignant demande aux élèves de citer les caractéristiques du matériau pour la réalisation du bol (acquis de la séance 2) :

*Pour réaliser un bol adapté, nous avons mis en avant des caractéristiques importantes pour le choix du matériau, vous souvenez-vous lesquelles ?*

**Réponses attendues :** rigide et léger, isolant, non fragile (ductile), ne fond pas, facile à mettre en forme, imperméable.

C'est sur cette dernière propriété que la séance va porter. L'enseignant en propose une définition :

« Un matériau imperméable ne se laisse pas traverser par un liquide (ou tout autre fluide). Un matériau absorbant laisse pénétrer l'eau (accumulation d'eau dans le matériau avant de le traverser : on ne récupère pas toute l'eau). »

Pour plus de détails, il pourra se référer à la **FICHE** Notions sur la perméabilité .

### Points de passage

L'enseignant lance une discussion autour de la question suivante :

*Comment déterminer qu'un matériau est imperméable ?*

Les élèves déterminent ensemble les conditions de l'expérience pour savoir si un matériau est perméable ou pas. L'enseignant propose aux élèves d'imaginer un protocole d'expérience par groupe. Il distribue la **FICHE** Perméabilité : protocole .

### GLOSSAIRE

Imperméable

Perméable

Les élèves imaginent le protocole, le dessinent, le légendent et dressent une liste du matériel. Les protocoles sont mis en commun au tableau et les propositions sont validées ou non par la classe.

Pour mener à bien ces expérimentations, il suffit de poser une éprouvette circulaire sur un des récipients cylindriques en plastique (sans son couvercle) contenu dans la mallette. À l'aide d'une pipette Pasteur, on vient prélever un peu d'eau que l'on verse sur l'éprouvette. Il suffit d'observer ensuite s'il y a de l'eau au fond du récipient ou non.

La seconde partie de la séance consiste en la réalisation du protocole sur chaque échantillon des différentes familles des matériaux. Les élèves testent les différents échantillons et notent leurs résultats et observations sur la **FICHE Perméabilité : résultats**.

#### POINTS D'ATTENTION

*Des erreurs de manipulations peuvent amener à de mauvaises conclusions :*

**- Verser trop d'eau :** elle coule par les côtés.

*Une conclusion fautive serait « c'est perméable puisqu'il y en a en-dessous ».*

**- En verser trop peu :** elle ne traverse pas. Une conclusion fautive serait que le matériau est imperméable car il n'y a pas d'eau en-dessous. En fait, l'eau a été absorbée par le matériau, il est donc bien perméable.

### ● Découvertes réalisées

L'enseignant demande à chaque groupe de restituer ses observations, et complète avec eux un tableau semblable à celui ci-dessous :

Métaux	Imperméables
Céramiques et verres	Imperméables / perméables
Fibres naturelles	Perméables (absorbants)
Plastiques	Imperméables
Caoutchoucs	Imperméables
Composites	Imperméables / perméables

Une discussion autour du choix du matériau pour le bol est alors amorcée :

*Quels matériaux utiliser alors pour notre bol ?*

Presque tous les matériaux peuvent être utilisés, sauf les fibres naturelles et les terres cuites qui nécessiteront un traitement de surface imperméabilisant (peinture, laque, émail, vernis) à condition que ce traitement ne présente pas un danger pour la santé. ■



## Notions sur la perméabilité

### Définition

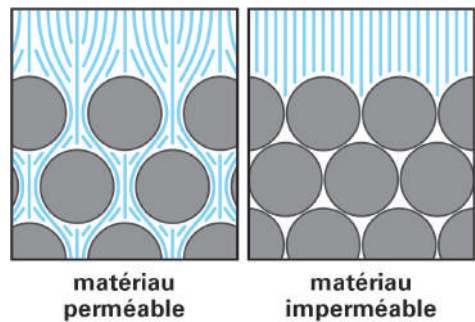
Un matériau imperméable ne se laisse pas traverser par un fluide (on se place ici dans le cas où le fluide considéré est de l'eau). Un **matériau absorbant** laisse pénétrer l'eau (accumulation d'eau dans le matériau avant de le traverser), il est **perméable**.

La perméabilité est une grandeur physique qui s'exprime en Darcy. Un Darcy correspond à la perméabilité d'un corps, au travers duquel l'eau s'écoule à une vitesse de 1 cm/s à pression atmosphérique.

### Influence des différents paramètres

La notion de perméabilité/imperméabilité d'un objet va être conditionnée par le matériau en lui-même, la pression du fluide sur la paroi en contact avec le fluide et le temps de contact avec ce dernier. C'est une notion complexe car elle fait intervenir plusieurs paramètres.

La perméabilité dépend d'abord de la **microstructure du matériau**, c'est-à-dire de la structure d'un matériau telle qu'on l'observe au microscope : plus les molécules sont serrées, moins les molécules d'eau vont pouvoir se glisser entre elles et ainsi traverser le matériau.



Cette grandeur dépend également de la pression et du temps. En effet, pour certains matériaux, le fluide ne traversera pas directement le matériau mais s'accumulera tout d'abord à l'intérieur. Ces **matériaux absorbants** changeront de propriétés au contact du fluide. Si le contact est prolongé, le fluide finira par les traverser. La perméabilité peut être comparée à une vitesse d'infiltration ou d'absorption.

Pour classer les matériaux absorbants il faut tenir compte de leur taux d'humidité.

#### Exemples de matériaux absorbants :

- les fibres naturelles (carton, tissu, cuir, bois...),
- certaines céramiques (terres cuites, carrelage...).

Une application courante est la microfiltration en céramique (nano argile ou à base de silice) qui constitue une barrière pour retenir toutes les impuretés et la quasi-totalité des bactéries et parasites protozoaires (porosité de 0,1 à 0,2 microns).

#### En classe :

L'enseignant peut illustrer la perméabilité et l'absorption avec un tissu ou du carton qui laisse passer l'eau : l'eau peut pénétrer dans la matière et passer à travers, alors que l'œil ne voit pas de trous.

Il est possible de prévoir une petite manipulation pour montrer que la pression favorise le passage de l'eau dans un matériau perméable en formant un sac avec du tissu : en augmentant la pression sur le sac l'eau s'écoule plus rapidement.

L'utilisation d'une éponge, posée sur un récipient, permet de mettre en évidence le rôle des pores dans l'absorption : initialement sèche, l'éponge retient l'eau puis avec l'augmentation de sa teneur en eau, elle laisse passer de plus en plus facilement l'eau.

Des questions sur la perméabilité des sols peuvent être posées, pour faire le lien avec des notions sans doute connues des élèves.

## Perméabilité : protocole

- 1 Quel protocole pourrait-on proposer pour tester si un matériau est perméable ou imperméable ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 2 De quel matériel va-t-on avoir besoin ?

---

---

---

---

---

---

- 3 Réaliser un dessin légendé du protocole

## 7 Perméabilité des matériaux

## Perméabilité : résultats

Réaliser le protocole permettant de tester si un matériau est perméable ou pas.

On pourra tester jusqu'à 3 matériaux par famille. Pour chaque échantillon de matériau, indiquer son nom en face de la bonne famille, puis cocher une des cases (imperméable ou perméable).

Si des observations particulières ont été faites, elles peuvent être notées dans la colonne *Observations*.

Famille de matériaux	Matériau	Imperméable	Perméable	Observations
Métaux				
Céramiques et verres				
Fibres naturelles				
Plastiques				
Caoutchouc				
Composites				



## Conduction thermique des matériaux

SÉANCE

8

### Objectifs

Découvrir la notion de conduction thermique.

Déterminer si un matériau est plus ou moins conducteur de la chaleur.

### Matériel

Par îlot :

- **1 lot d'éprouvettes** 5  
les mêmes que celles utilisées pour la rigidité
  - **1 récipient plastique** 7 et son couvercle
  - **1 thermomètre** 8
  - **1 chronomètre** nf  
ou un autre moyen précis de mesure du temps
  - **de l'eau chaude** nf  
< 50°C pour des raisons de sécurité
- **FICHE** Conduction thermique : imaginer le protocole  
1 exemplaire par élève
  - **FICHE** Conduction thermique : réaliser l'expérience  
1 exemplaire par élève
- nf Matériel non fourni  
0 Référence dans le catalogue du matériel

### Déroulement pédagogique

1h

#### Immersion

L'enseignant demande aux élèves de citer les autres caractéristiques (définies en séance 2) qui n'ont pas encore été mesurées pour la réalisation du bol : « isolant » en fait partie.

**Avec la classe, l'enseignant aborde la notion de la conduction thermique en utilisant des exemples du quotidien :**

*Je m'habille chaudement l'hiver avec de la laine. Pourquoi ?*

**Réponse attendue :** pour me protéger du froid car la laine laisse peu passer la chaleur. Mon corps se refroidira moins vite. La laine fait partie des matériaux en fibres naturelles. C'est un très bon isolant.

**L'enseignant peut inviter les élèves à toucher la surface vitrée d'une fenêtre (non exposée au soleil) :**

*Que ressentez-vous et pouvez-vous l'expliquer ?*

**Réponse attendue :** la main devient froide. La chaleur du corps est passée à travers la peau pour réchauffer la vitre. La peau, comme le verre, sont des conducteurs de la chaleur.

L'enseignant invite les élèves à toucher sur leur table un matériau **isolant** (exemple : une gomme) puis un matériau **conducteur** (exemple : un réglet métallique).

*Que sentez-vous et pouvez-vous l'expliquer ?*

**Réponse attendue :** le matériau conducteur semble plus froid car il permet le passage de la chaleur du corps (qui est à 37°C) dans l'objet (qui lui est à la température de la pièce).

#### CONCEPTIONS NAÏVES

Bien souvent, les élèves pensent que le froid, comme la chaleur, peut se transmettre d'un matériau à un autre. En réalité, lorsqu'une main chaude touche un matériau froid (une vitre par exemple), c'est le passage de la chaleur de la main vers la vitre qui explique le refroidissement de la main (et non le passage du froid de la vitre vers la main). Le froid est tout simplement une absence de chaleur.

#### GLOSSAIRE

Conducteur  
Isolant

## 8 Conduction thermique des matériaux

Pour plus d'informations, l'enseignant peut se référer à la **FICHE** Notions sur la conduction thermique.

### Points de passage

L'enseignant lance la discussion autour de la question suivante :

*Comment déterminer qu'un matériau laisse plus ou moins passer la chaleur ?*

Il vérifie que les deux termes matériau conducteur / matériau isolant sont bien compris chez les élèves. Les élèves déterminent ensemble les conditions de l'expérience pour savoir si un matériau est conducteur ou pas. Ils peuvent nommer le matériel nécessaire à l'expérience. À partir de cette discussion, l'enseignant peut montrer le matériel à disposition des élèves pour faciliter le travail.

Comme pour la perméabilité, par groupe, les élèves doivent imaginer l'expérience, écrire et dessiner le protocole expérimental proposé sur la **FICHE** Conduction thermique : imaginer le protocole.

Les protocoles sont mis en commun au tableau et les propositions sont validées ou non par la classe. Au fil de la discussion, l'enseignant doit aider la classe à faire émerger un protocole fiable et pertinent, tel que celui donné dans la **FICHE** Conduction thermique : réaliser l'expérience, qu'il distribue.

Les élèves appliquent le protocole sur chaque échantillon des différentes familles et notent les résultats dans le tableau de la **FICHE** Conduction thermique : réaliser l'expérience.

#### POINTS D'ATTENTION

- Il faut bien laisser le thermomètre en contact avec l'éprouvette **pendant les 2 minutes**.
- Si la mesure précédente a été faite sur un matériau conducteur, il faudra laisser le temps pour que le thermomètre de l'éprouvette **redescende à la température moyenne** de la pièce.
- Pour effectuer toutes ces opérations : tenir le thermomètre **en contact avec l'éprouvette**. Mesurer le temps. Relever les valeurs de température. Les élèves devront s'organiser pour effectuer les mesures.
- Il faut, si possible, mesurer la température **au même endroit** sur les différentes éprouvettes (l'extrémité supérieure). Il faut que la distance entre l'eau chaude et le point de mesure reste à peu près la même.
- Il ne faut pas mesurer **trop près du couvercle**. La température mesurée serait modifiée par convection (chaleur de l'eau et de l'air dans la boîte).

En ordonnant les essais (bois puis plastiques puis métaux), on obtient des mesures plus simples à comparer (du matériau le plus isolant au plus conducteur).

On ne pourra pas comparer directement les mesures pour des températures d'eau trop différentes entre deux séries de mesures. Il faut donc essayer de maintenir la même température de l'eau en rajoutant de l'eau chaude de temps en temps.

### Découvertes réalisées

L'enseignant amorce une restitution collective :

*Les mesures sont-elles significatives ?*

La réponse est non.



Les groupes auront des résultats différents, les mesures ne sont pas répétitives. Il n'est pas possible de les reporter au tableau et de faire un calcul de moyenne ou de définir une précision, comme cela a été fait pour l'essai de flexion.

Pour les élèves, l'enseignant explique simplement que les mesures n'étant pas les mêmes, on ne peut pas les exploiter. Il faut trouver une méthode de comparaison.

*Comment utiliser vos mesures pour caractériser la conduction thermique ?*

**Réponse attendue :** si le bout de l'éprouvette chauffe c'est que le matériau est conducteur.

*Comment allez-vous savoir qu'un matériau est plus ou moins conducteur ?*

**Réponse attendue :** plus la différence de température entre le début et la fin des mesures est importante, plus le matériau est conducteur.

**L'enseignant demande à chaque groupe de restituer ses observations, sous la forme d'un tableau :**

Métaux	Conducteurs
Céramiques et verres	Conducteurs (moins que les métaux)
Fibres naturelles	Isolants
Plastiques	Isolants (moins que les fibres naturelles)
Caoutchoucs	Isolants (moins que les fibres naturelles)
Composites	Conducteurs / Isolants

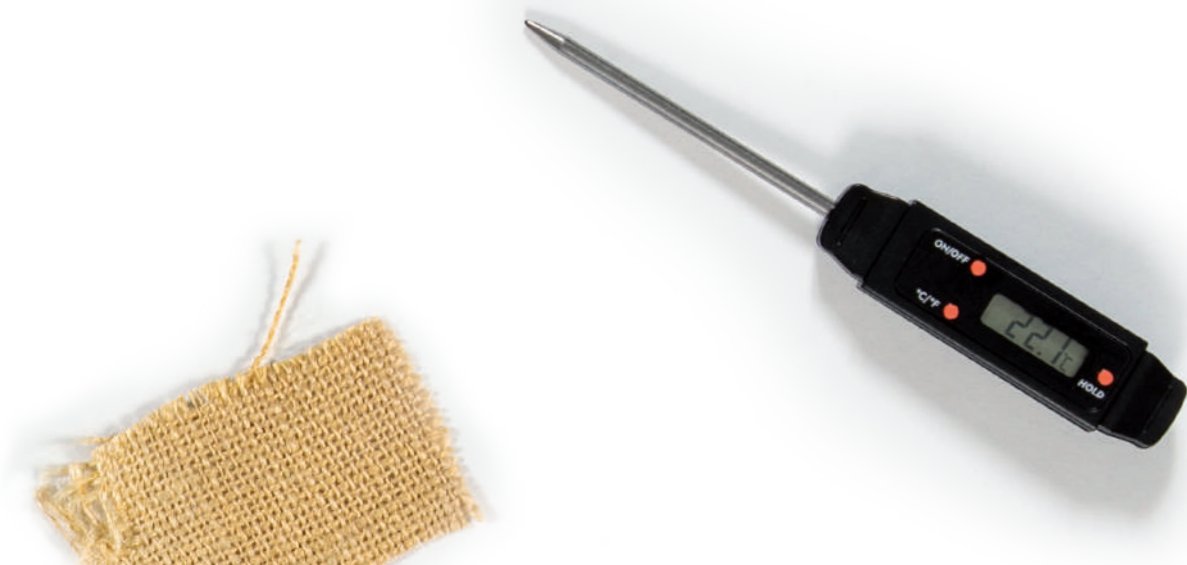
**Le bilan de l'expérience est le suivant :**

- il a été possible de classer les différents matériaux selon leur capacité à transmettre la chaleur,
- il n'a pas été possible de mesurer la constante qui caractérise la conduction thermique (mesures non répétitives).

**L'enseignant replace ce bilan dans la problématique de la progression :**

*Quel matériau choisir pour la fabrication du bol ?*

Les fibres naturelles et les plastiques sont isolants, mais les fibres sont perméables. Pour un bol en acier ou en verre l'utilisateur peut se brûler et le liquide refroidira plus rapidement. ■



## 8 Conduction thermique des matériaux

## Notions sur la conduction thermique

## Définition

La conduction thermique est un transfert, sans déplacement de matière, de l'énergie thermique (ou « chaleur »). Ce transfert est dû à une différence de température entre deux régions d'un milieu (ou de plusieurs milieux en contact).

Les transferts thermiques se font de la région chaude vers la froide, ils s'arrêtent quand il y a équilibre thermique. Les trois modes de transfert thermique fondamentaux sont la conduction, la convection (transfert thermique avec déplacement de matière dans un fluide) et le rayonnement (tout corps émet/absorbe un rayonnement électromagnétique).

## L'agitation thermique

La conduction thermique peut s'interpréter comme une transmission d'énergie de proche en proche, d'un atome à l'un de ses voisins. Cette faculté qu'ont les atomes de vibrer de plus en plus lorsque la température augmente, est présente dans tous les milieux, mais n'est pas perceptible à notre échelle.

Plus un matériau est dense, plus la propagation de l'agitation thermique des atomes va être facilitée par la proximité des atomes voisins qui favorise le nombre de chocs. Dans les solides métalliques, la conduction thermique est assurée conjointement par les électrons qui ont une mobilité très importante. Cela explique pourquoi les bons conducteurs électriques sont souvent de bons conducteurs thermiques.

Plus la différence de température entre deux points est grande, plus le transfert thermique sera rapide.

## La conductivité thermique

La conductivité thermique est une grandeur physique caractérisant la conduction thermique des matériaux.

Elle représente l'énergie (quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps sous une différence de température d'un degré par mètre. Elle est exprimée en watt par mètre-kelvin.

**Quelques ordres de grandeurs en W/m.K de la conductivité thermique de différents matériaux, que l'on peut comparer à l'air (= 0,02) ou l'eau (= 0,6) :**

Laine	0,05
Bois	0,1 à 0,2
Plastiques	0,2 à 0,4
Brique et ciments	0,8 à 0,9

Verre	1,2
Acier	26 à 46
Aluminium	237
Cuivre	390

## En classe :

La conductivité thermique de l'air est très faible, c'est un excellent isolant mais il faut l'empêcher de se déplacer (bulles d'air dans le polystyrène, l'air bloqué par les fibres de laine). Libre, l'air transfère la chaleur par convection, c'est pourquoi il faut placer un couvercle sur le récipient d'eau chaude, sinon le thermomètre mesurera la température de l'air chauffé par l'eau qui s'élèvera naturellement.

Il est possible de faire l'expérience avec de la glace à la place de l'eau chaude, elle sera plus longue car le **gradient thermique** est moins important.

## GLOSSAIRE

Gradient thermique

## Conduction thermique : imaginer le protocole

**1** Quel protocole pourrait-on proposer pour mesurer la conduction thermique ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**2** De quel matériel va-t-on avoir besoin ?

---

---

---

---

---

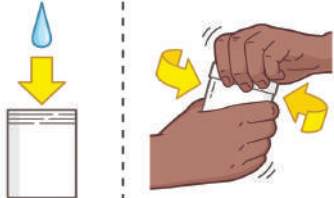
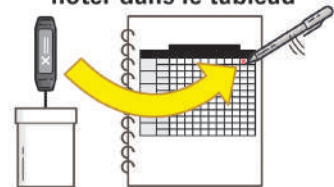
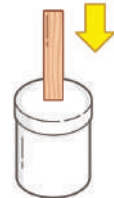
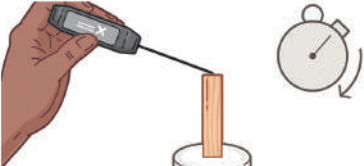
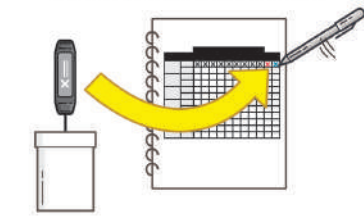
---

**3** Réaliser un dessin légendé du protocole

## 8 Conduction thermique des matériaux

## Conduction thermique : réaliser l'expérience

## Protocole

- 1 Remplir la boîte avec environ 5 cm d'eau chaude, puis fermer le couvercle  

- 2 Placer le thermomètre dans l'eau pour mesurer sa température et la noter dans le tableau  

- 3 Insérer une éprouvette dans la fente, jusqu'au fond de la boîte  

- 4 Lancer le chronomètre et relever la température avec le thermomètre au sommet de l'éprouvette toutes les 15 sec pendant 2 min  

- 5 À la fin de la série de mesures, relever à nouveau la température de l'eau  

- 6 Refaire les étapes 2 à 5 avec la même éprouvette, puis 2 séries de mesures pour les éprouvettes restantes. Si l'eau a trop refroidi, la remplacer par de l'eau chaude entre 2 séries de mesures

## Tableau de résultats

		Température de l'éprouvette (°C)										Température de l'eau (°C)		
Matériau	Série de mesures	0'00'	0'15"	0'30"	0'45"	1'00"	1'15"	1'30"	1'45"	2'00"			Début	Fin
Chêne	1												Début	Fin
	2												Début	Fin
Pin	1												Début	Fin
	2												Début	Fin
Acier	1												Début	Fin
	2												Début	Fin
Aluminium	1												Début	Fin
	2												Début	Fin
PVC	1												Début	Fin
	2												Début	Fin
PMMA	1												Début	Fin
	2												Début	Fin



## Concevoir un bol

SÉANCE

9

### Objectifs

Concevoir un bol pour un utilisateur donné (contraintes différentes).

Réaliser un argumentaire des choix.

Communiquer les choix retenus.

### Matériel

● **feuilles de dessin** nf  
au format A3 pour être affichées au tableau

● **patafix ou aimants** nf  
pour fixer les dessins au tableau

● **FICHE Missions**  
1 exemplaire par élève

nf Matériel non fourni

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

L'enseignant débute la séance en rappelant le contexte : la conception hypothétique d'un bol selon un cahier des charges.

Les élèves reconstruisent la démarche suivie, tout au long du module.

Ils redéfinissent les contraintes relatives au bol, en relation avec les caractéristiques principales d'un bol adapté et des matériaux à utiliser.

Ils classent les matériaux par famille en les comparant suivant leur rigidité, leur masse, leur conductivité thermique et leur imperméabilité.

**L'objectif était de réaliser des bols pour toute la famille, l'enseignant propose donc trois missions :**

- concevoir des bols pour des enfants de 3 ans (mission 1),
- concevoir des bols pour des enfants de 7 à 12 ans (mission 2),
- concevoir des bols pour les adultes (mission 3).

#### Points de passage

L'enseignant présente l'objectif de la séance à la classe : réaliser une affiche sur une feuille A3 présentant un concept de bol qui répond à une des trois missions. Les élèves doivent donc choisir une des trois missions puis produire l'affiche devant comporter un dessin légendé et des explications sur les choix de forme, de matériau etc.

**L'enseignant a deux possibilités :**

- il donne les contraintes aux élèves en distribuant la **FICHE Missions**,
- il laisse les groupes trouver les contraintes suivant la mission choisie.

**Les élèves produisent une affiche qui détaille les points suivants :**

- le choix de la forme (préciser les contraintes sur le dessin),
- le choix du (ou des) matériau(x),
- les raisons de ces choix,
- la démarche suivie.

La réflexion au sein d'un groupe doit être collective.

### GLOSSAIRE

Cahier des charges

Les solutions et réflexions possibles suivant les missions sont détaillées ci-dessous :

#### Mission 1 : créer un bol pour les enfants de 3 ans

- Le bol ne doit pas casser (on ne peut donc pas utiliser de céramiques, ni de verre),
- Le bol doit passer au micro-ondes pour chauffer le lait (expliquer que le bol ne peut donc pas être en métal)
- Le bol ne doit pas brûler l'enfant lorsqu'il boit (privilégier le plastique)
- Le bol doit être facile à prendre dans les mains (forme géométrique, poignées)
- Le bol doit être stable pour ne pas se renverser (forme géométrique : assise large donc un bol moins haut car il ne doit pas contenir trop de lait ou la solution du biberon qui est fermé mais qui ne convient pas à un enfant de 3 ans)

#### Mission 2 : créer un bol pour les enfants de 7 à 12 ans (eux, en fait)

- Le bol peut contenir du lait froid ou chaud, des céréales, etc. (alimentation variée à cet âge)
- Le bol doit pouvoir éventuellement passer au four à micro-ondes (expliquer que le bol ne peut donc pas être en métal)
- Le bol doit contenir assez de liquide (de l'ordre de 400 mL) (cette contrainte n'est pas obligatoire)
- Le bol doit être personnalisé (personnalisable)

#### Mission 3 : créer un bol pour les adultes

- Le bol ne sert pas à chauffer son contenu
- Le bol doit être esthétique (plaire)
- Le bol doit pouvoir contenir assez de liquide (de l'ordre de 500 mL)

### Découvertes réalisées

Chaque groupe vient présenter son projet de bol devant la classe, en argumentant ses choix.

**À partir de la discussion générée par les présentations, la classe dresse une synthèse collective qui peut être la suivante :**

- Analyse de la mission 1

Le plastique semble le plus adapté pour cette mission. Plus facile à mettre en œuvre, il sera aussi moins cher. Mais certains plastiques sont plus fragiles il faudra donc bien le choisir. Une solution avec un matériau composite est acceptable, le bol sera plus solide mais plus cher.

- Analyse de la mission 2

Les plastiques, les matériaux composites ou les céramiques peuvent être utilisés. Si l'élève prend son lait très chaud, il préférera le plastique ou un matériau composite. La forme géométrique est assez libre tant que la contenance est respectée.

- Analyse de la mission 3

Tous les matériaux peuvent être utilisés, même le bois, s'il est traité pour être imperméable. ■

## Missions

### Mission 1 : créer un bol pour les enfants de 3 ans

- Le bol ne doit pas casser
- Le bol doit passer au micro-ondes pour chauffer le lait
- Le bol ne doit pas brûler l'enfant lorsqu'il boit
- Le bol doit être facile à prendre dans les mains
- Le bol doit être stable pour ne pas se renverser

### Mission 2 : créer un bol pour les enfants de 7 à 12 ans

- Le bol peut contenir du lait froid ou chaud, des céréales, etc.
- Le bol doit pouvoir éventuellement passer au four à micro-ondes
- Le bol doit contenir assez de liquide (de l'ordre de 400 mL)
- Le bol doit être personnalisé (personnalisable)

### Mission 3 : créer un bol pour les adultes

- Le bol ne sert pas à chauffer son contenu
- Le bol doit être esthétique
- Le bol doit pouvoir contenir assez de liquide (de l'ordre de 500 mL)

## Réinvestir les acquis du module



### Objectifs

Réinvestir les acquis du module grâce à l'étude d'objets du quotidien.

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

L'enseignant résume, avec la classe, les notions vues lors des séances précédentes : familles de matériaux, propriétés (rigidité, perméabilité, conduction thermique), choix d'un matériau pour la fabrication d'un objet selon des contraintes (cahier des charges)...

Il propose aux élèves de tester ce qu'ils ont retenu en leur faisant remplir la **FICHE** Questionnaire final, reprenant les éléments de la **FICHE** Questionnaire initial.

Une correction collective est proposée, tout en comparant leurs réponses à celles faites en début de module sur le questionnaire initial, pour leur montrer qu'ils ont progressé.

#### Points de passage

APPROFONDIR LES CONNAISSANCES SUR UN OBJET DU QUOTIDIEN : LE VÉLO

L'enseignant propose d'aller plus loin en étudiant plus en détail un objet du quotidien : le vélo et ses accessoires. La **FICHE** Propriétés des matériaux : le cyclisme est distribuée à chaque élève. Ils la complètent en binôme ou individuellement. Une correction est menée en classe entière, à l'aide de la **FICHE** Propriétés des matériaux : corrigé-type.

ÉVOLUTION DES MATÉRIAUX UTILISÉS AU COURS DES SIÈCLES

**Dans une seconde partie, l'enseignant amène les élèves à s'interroger sur l'histoire des techniques et l'évolution des méthodes de fabrication d'un même objet au fil des années :**

*En quoi sont faits les patins à roulette d'aujourd'hui ?*

*Les mêmes matériaux étaient-ils utilisés il y a 100 ans ?*

Les élèves remplissent la **FICHE** Propriétés des matériaux : les patins à roulettes, puis une correction collective est menée à l'aide de la **FICHE** Propriétés des matériaux : corrigé-type.

L'enseignant peut également choisir de faire travailler les élèves sur la thématique des bateaux avec la **FICHE** Propriétés des matériaux : les bateaux.

#### Découvertes réalisées

Les élèves ont réinvesti les notions vues lors des séances précédentes.

Ils ont pu analyser en détail plusieurs objets usuels, s'interroger sur les matériaux de fabrication et leurs fonctions.

Ils ont appris que, pour un même objet, les matériaux choisis n'ont pas été les mêmes au cours des siècles : de nouveaux matériaux sont inventés par l'Homme pour améliorer l'objet ou pour en réduire le coût de fabrication. ■

### Matériel

- **FICHE** Questionnaire final  
1 exemplaire par élève
- **FICHE** Propriétés des matériaux : le cyclisme  
1 exemplaire par élève
- **FICHE** Propriétés des matériaux : les patins à roulettes  
1 exemplaire par élève
- **FICHE** Propriétés des matériaux : les bateaux  
1 exemplaire par élève





## Propriétés des matériaux : corrigé-type

Cette fiche enseignant fournit un corrigé-type pour les deux premières fiches élève sur les propriétés des matériaux.

### FICHE Propriétés des matériaux : le cyclisme

#### Casque

**Matériau** : mousse en EPS (polystyrène) et coque en PC (polycarbonate)

**Famille** : plastiques

**Fonction** : résister à un choc (protéger la tête)

#### Rayons

**Matériau** : acier haute rigidité

**Famille** : métaux

**Fonction** : rigidité et légèreté de la roue

#### Cuissard

**Matériau** : polyamide et élasthane

**Famille** : plastiques

**Fonction** : limiter les frottements avec la selle

#### Veste imperméable

**Matériau** : nylon

**Famille** : plastiques

**Fonction** : coupe vent et protection de la pluie

#### Pneumatique

**Matériau** : caoutchouc et polyamide

**Famille** : caoutchoucs et plastiques

**Fonction** : assurer une bonne tenue de route, résister aux crevaisons

#### Cadre

**Matériau** : aluminium ou fibre de carbone,

**Famille** : métal ou composite,

**Fonction** : rigidité et légèreté du vélo

### FICHE Propriétés des matériaux : les patins à roulettes

#### ANCIEN

##### Roues

**Matériau** : bois

**Famille** : fibres naturelles

**Fonction** : permettre de rouler

**Performance** : médiocre (usure, frottement)

##### Attaches

**Matériau** : cuir

**Famille** : fibres naturelles

**Fonction** : maintenir la chaussure en contact avec le patin

**Performance** : médiocre (serrage, jeux, glissement)

##### Support

**Matériau** : bois

**Famille** : fibres naturelles

**Fonction** : porter le patineur

**Performance** : moyenne (glissement)

#### MODERNE

##### Roues

**Matériau** : polyuréthane

**Famille** : plastiques

**Fonction** : bon roulement sur différents sols

**Performance** : excellente (différentes formes possibles en fonction de l'usage : sportif, balade)

##### Chaussure

**Matériau** : nylon et tissus synthétiques

**Famille** : plastiques

**Fonction** : protéger le pied

**Performance** : excellente (bon maintien, bonne protection des chevilles)

##### Support

**Matériau** : aluminium ou composite

**Famille** : métal ou composite

**Fonction** : rigidité et légèreté du patin

**Performance** : très bonne (liaison roue/patin/pied)

##### Butée avant

**Matériau** : caoutchouc ou plastique

**Famille** : caoutchoucs ou plastiques

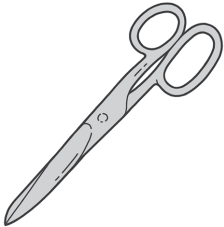
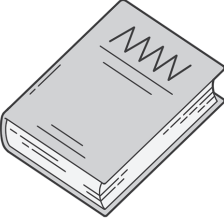

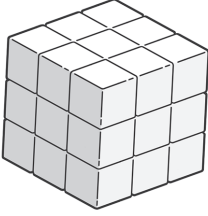
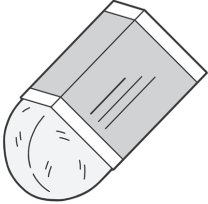
**Fonction** : permettre le freinage

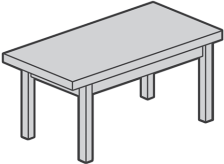



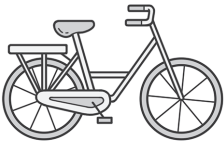
**Performance** : bonne



## Questionnaire final

Remplir le tableau à l'aide des connaissances acquises au cours des séances précédentes

	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>

	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>
	<b>Matériau(x) utilisé(s)</b>	<b>Famille(s) de matériau(x)</b>	<b>Pourquoi avoir choisi ce matériau ?</b>

## 10 Réinvestir les acquis du module

## Propriétés des matériaux : le cyclisme

Cette cycliste fait un entraînement sur route, son vélo et son matériel sont prévus pour la compétition. Pour chaque élément identifié sur l'image, compléter le(s) matériau(x) qui le compose, la famille et la fonction pour laquelle il(s) a (ont) été choisi(s).

Cuissard	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Veste imperméable	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Casque	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Rayons	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Cadre	
Matériau	
Famille	
Fonction	

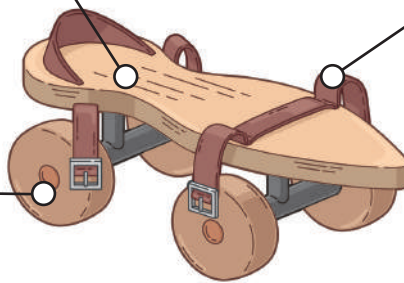
Pneumatique	
Matériau	
Famille	
Fonction	

## Propriétés des matériaux : les patins à roulettes

Plus d'un siècle sépare ces deux patins. Pour chaque élément identifié sur les images, compléter le matériau, sa famille, la fonction pour laquelle il a été choisi et son niveau de performance (médiocre, moyen, bon, excellent).

Support	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

*Patin à roulettes (XIX<sup>e</sup> siècle)*



Attaches	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

Roues	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

Support	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

*Patin à roulettes d'aujourd'hui*



Chaussure	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

Roues	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

Butée avant	
Matériau	
Famille	
Fonction	
Performance	

## 10 Réinvestir les acquis du module

## Propriétés des matériaux : les bateaux

L'Optimist est un petit voilier solitaire conçu à l'usage des jeunes pour l'apprentissage de la voile. Ici deux modèles : un ancien (1960) et un modèle de compétition de nos jours. Pour chaque élément, compléter le matériau, sa famille, la fonction pour laquelle il a été choisi (pour l'ancien) et en quoi la performance est améliorée par le nouveau matériau (pour le moderne).

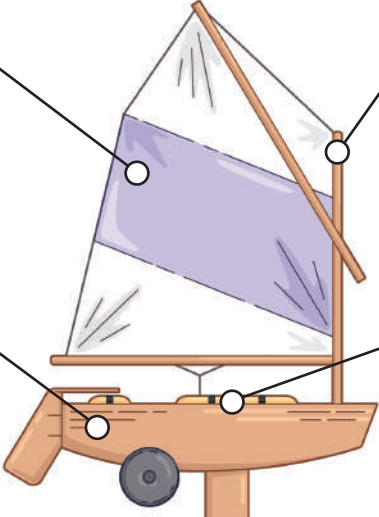
*Bateau de compétition (1960)*

Voile	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Coque	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Mât	
Matériau	
Famille	
Fonction	

Caisson mousse	
Matériau	
Famille	
Fonction	



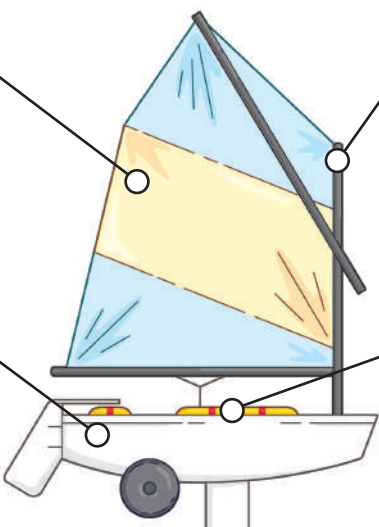
*Bateau de compétition d'aujourd'hui*

Voile	
Matériau	
Famille	
Performance	

Coque	
Matériau	
Famille	
Performance	

Mât	
Matériau	
Famille	
Performance	

Coussin d'air	
Matériau	
Famille	
Performance	





**Matériaux et objets quotidiens**

# Glossaire

# Glossaire

## Cahier des charges

Dans un projet, ensemble des informations qui permettent de formaliser les besoins et les objectifs à atteindre.

## Caractéristique

Ce qui constitue le caractère distinctif, le trait dominant de quelque chose, de quelqu'un (d'après Larousse). C'est donc tout ce qui permet de « reconnaître » l'objet.

## Conducteur

Contraire d'isolant. Se dit d'un matériau qui permet des échanges d'énergie entre deux systèmes. Un matériau peut être un conducteur électrique (et permette ainsi d'échanger de l'énergie électrique) ou bien encore conducteur thermique et permettre ainsi d'échanger de l'énergie sous forme de chaleur. Les métaux sont de bons conducteurs thermiques, par exemple.

## Éprouvette

Une éprouvette désigne une pièce de dimensions définies (normalisées) sur laquelle des tests (physiques, chimiques...) sont réalisés pour déterminer ses caractéristiques : rigidité, perméabilité, conduction thermique...

## Flèche

La flèche d'une pièce à laquelle on applique une charge (poids) est la déviation (déplacement d'un point de la pièce) observée et/ou mesurée par rapport à la situation sans charge. Dans le cadre des activités de la mallette, la flèche est le déplacement de l'éprouvette mesurée par le banc de flexion sous l'effet de la charge.

## Gradient thermique

Taux de variation de la température en fonction de la distance.

## Imperméable

Contraire de perméable. Se dit d'un matériau qui ne se laisse pas traverser (par les liquides notamment). La perméabilité d'un matériau dépend de sa microstructure : un matériau imperméable est souvent composé de molécules très resserrées, ne laissant ainsi pas passer les molécules d'eau.

## Ingénieur

Professionnel concevant des produits, et dirigeant la réalisation et la mise en œuvre de toutes les étapes de leur conception. Il faut pour cela non seulement des connaissances techniques, mais aussi économiques, sociales, environnementales et humaines reposant sur une solide culture scientifique et générale. Pour l'ingénieur mécanicien des matériaux, les enjeux sont ceux de l'innovation, à savoir développer et fabriquer de nouveaux produits permettant de résoudre des problèmes complexes.

## Isolant

Contraire de conducteur. Se dit d'un matériau qui limite les échanges d'énergie entre deux systèmes. Un matériau peut être un isolant électrique (électricité), phonique (son) ou encore thermique (chaleur). Les fibres naturelles sont de bons isolants thermiques, par exemple.

## Matériau

Matière utilisée pour la fabrication d'un objet. Le matériau est sélectionné afin de répondre à des contraintes (performance, forme, rigidité, légèreté...). Il existe une grande diversité de matériaux, qui peuvent être classés en 4 grandes familles : les métaux, les polymères, les céramiques/verres et les composites.

## Objet

Chose solide ayant unité et indépendance et répondant à une certaine destination. Il existe des objets techniques, réalisés et/ou modifiés par l'Homme (table, téléphone...) et des objets naturels, qui n'ont été ni réalisés ni modifiés par l'Homme (galets, brindilles...).

## Objet technique

Objet qui a été réalisé ou modifié par l'Homme. Il a été créé pour répondre à un besoin précis, il a donc certaines fonctions.

## Perméable

Contraire d'imperméable. Se dit d'un matériau qui se laisse traverser (par les liquides notamment). La perméabilité d'un matériau dépend de sa microstructure : un matériau perméable est souvent composé de molécules très lâches, laissant ainsi passer les molécules d'eau.

## Répétabilité

Caractéristique indiquant si une même mesure, réalisée par le même opérateur, avec le même outil et dans les mêmes conditions donne bien le même résultat. La répétabilité peut se mesurer comme la variation de ces mesures.



## Remerciements

Le projet MERITE est le fruit d'un travail collectif qui a rassemblé de nombreux acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche, de l'Éducation nationale et des partenaires institutionnels impliqués pour la promotion de la culture scientifique et technique.

Le Centre de Ressources en Pratiques Expérimentales d'IMT Atlantique, a coordonné l'ensemble du projet : Carl Rauch et Lotfi Lakehal-Ayat (coordination générale), Josiane Hamy (coordination pédagogique et éditoriale), Blanche Cahingt (matériel), et successivement Jean-Félix Picard, Caroline Thoraval, Audrey Guillermic (coordination administrative), successivement Clémentine Jung et Flavy Benoit (communication, diffusion), Arnaud Schmitt (rédactionnel et édition).

### L'équipe de coordination adresse ses remerciements :

- à l'auteur du guide pédagogique : Hervé Oudin, Maître de conférences, École Centrale Nantes ;

- aux enseignants qui ont co-construit et/ou testé le guide à ses différentes étapes :

Anne Françoise Daoulas ; François Jarny ; Marc Lalaude ; Matthieu Langonnet ; Virginie Leblanche ; Mélanie Lemée ; Marie Michelot ; Sandrine Perrodeau ; Véronique Tramuset (1<sup>er</sup> degré) et Ilan Coulon, polytechnicien, stagiaire Lamap pour sa contribution.

- aux acteurs de l'Éducation nationale qui ont contribué : Philippe Briaud, référent pédagogique ; Stéphane Le-Jeune, IEN 1<sup>er</sup> degré ; Caroline Prevot, IA-IPR SVT ;

Philippe Briaud, formateur ; Omer Demiraslan, enseignant et formateur ; Marc Tavera et Philippe Thullier, conseillers pédagogiques départementaux, pour leur participation à la coordination pédagogique ;

- aux acteurs ayant participé à la conception et à la fabrication des mallettes :

Sébastien Bluet, designer produit ; les entreprises Condi-Ouest, Cal'Concept, Pankarte PLV, et l'Étape Tournière Services ;

- au comité de pilotage composé de : Paul Friedel, directeur d'IMT Atlantique, président ;

Anne Beauval, directrice déléguée d'IMT Atlantique ; Yves Bourdin, délégué académique de l'action éducative et pédagogique, Rectorat de Nantes ; Patrick Bourgeois, correspondant pour le groupe Assystem ; Patricia Carre, responsable du pôle Science et Société, Conseil Régional des Pays de la Loire ; Pierre Le Cloirec et Régis Gautier, successivement directeurs de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes ; Arnaud Godevin, directeur de l'École Supérieure du Bois ; David Jasmin, directeur de la Fondation La main à la pâte ; Pascal Jousset, chargé de programme FEDER ; Jean-Louis Kerouanton, vice-président de l'Université de Nantes ; Lionel Luquin, directeur des Formations d'IMT Atlantique ; Caroline Prevot, correspondante académique scientifique et technologique, Rectorat de Nantes ; Ana Poletto, responsable de la mission diffusion de la culture scientifique et technique, Université de Nantes ; Elena Popa, gestionnaire du service FEDER ; René Siret, directeur général de l'École Supérieure d'Agricultures d'Angers ; Pascal Leroux et Jean-François Tassin, successivement directeurs de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans ; Sarah Turbeaux, cheffe de projet pôle sciences société, service recherche, Conseil Régional des Pays de la Loire.

Le consortium MERITE est composé de 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest aux expertises scientifiques diverses : matériaux, énergie, environnement, chimie, alimentation, numérique et robotique, mesures et acoustique.

## Crédits

**Direction artistique :** Nathalie Papeil ; **Photographie :** Jean-Charles Queffelec ;

**Illustrations :** Marie Ducom ;

**Autres crédits :** photographies IMT Atlantique ; p. 12-13 : photographie Lev Dolgachov / Adobe Stock ; p. 31 : BD Sandrine Merlo

**Modèles mains :** Clémence et Jules Papeil.

Tous droits de reproduction et de diffusion réservés © MERITE

MERITE est une marque déposée à l'INPI.

**Coordination :** IMT Atlantique

**Conception :** MERITE

Édité en août 2020

Imprimé par Icones [www.icones.fr](http://www.icones.fr)



## Matériaux et objets quotidiens

À partir des objets quotidiens, les élèves partent à la découverte des matériaux et s'interrogent d'abord sur les caractéristiques d'un objet simple, le bol. Puis ils constituent des familles de matériaux aux caractéristiques identiques.

À l'aide d'un matériel technique spécialement conçu pour eux, les élèves, expérimentent sur des propriétés comme la rigidité ou la perméabilité. Ils abordent la notion de protocole expérimental et de mesures. Les élèves, à la manière d'un ingénieur, deviennent capables de réfléchir à un cahier des charges répondant à un besoin pour fabriquer un objet, en réinvestissant les connaissances acquises.

Enfin, ils abordent l'évolution des techniques, à travers trois objets très connus : le vélo, le patin à roulettes et le bateau et comprennent comment l'homme perfectionne sans cesse ce qu'il fabrique grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux plus performants.

Cette mallette pédagogique a été conçue par l'Ecole Centrale de Nantes



## mallettes MERITE

itinéraires  
en sciences et techniques :  
expérimenter et comprendre



Conçues pour les enseignants du CM1 à la classe de 3<sup>e</sup>, les mallettes MERITE sont des ressources pédagogiques mêlant sciences et technologie, laissant une grande part à l'expérimentation des élèves. Apprendre en faisant par soi-même, investiguer, progresser par essai-erreur, réfléchir en groupe sur des questions concrètes avec du matériel approprié, s'entraîner à raisonner sur des faits et des observations, sont les principes au cœur de cette collection. Chaque mallette MERITE est composée d'un guide pour l'enseignant détaillant la progression pédagogique, et du matériel nécessaire pour réaliser les expériences.

[www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)

### 14 thématiques variées proches du quotidien des élèves

#### CM1 - CM2 - 6<sup>e</sup> - CYCLE 3

Chimie en couleurs

Créez vos objets animés : entre programmation et électronique

Le bois : un matériau issu du vivant

Les aliments : de la matière première aux produits finis

Le sol et son rôle dans la croissance végétale

Le sucre : une matière à explorer

Lutherie sauvage, musique et acoustique

Matériaux et objets quotidiens

Robotique pédagogique : du moteur au mouvement

#### 5<sup>e</sup> - 4<sup>e</sup> - 3<sup>e</sup> - CYCLE 4

Apoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

À la table des matières : les sucres

Communication informatique : tout un protocole

Développement d'un objet connecté

Électricité : la produire, la partager

Cette collection est le fruit du projet MERITE (2015-2020) coordonné par IMT Atlantique en partenariat avec 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest et le Rectorat de l'Académie de Nantes. MERITE a été financé au titre du Programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat, ainsi que par le Fonds européen de développement régional, la Région des Pays de la Loire et le groupe Assystem.

mallettes  
MERITE

