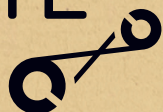


mallettes
MERITE



itinéraires
en sciences
et techniques :
expérimenter
et comprendre

GUIDE DE DUPLICATION

CYCLE 3 / CM1, CM2, 6^e

mallette

Matériaux et objets quotidiens

Liste du matériel

Outils nécessaires

Protocoles de
fabrication

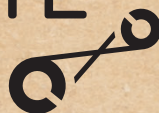
Clé en main

Conçu pour enseignants, formateurs,
animateurs...

pour tout amateur !

mallettes
MERITE

itinéraires
en sciences
et techniques :
expérimenter
et comprendre



La collection



Itinéraires en sciences et techniques : expérimenter et comprendre

Conçues pour les enseignants du CM1 jusqu'à la classe de 3^e, 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

Introduction	9
Matériel	13
Vue d'ensemble	14
Catalogue du matériel	15
Synthèse des achats	24
Fabrication	27
Réf. 1 Banc de flexion	30
Réf. 5 Lot d'éprouvettes (rigidité)	34
Réf. 6 Lot d'éprouvettes (rondes)	35
Réf. 7 Récipient en plastique	36

Guide de duplication du matériel pédagogique

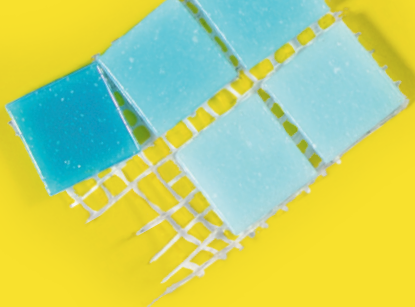
Matériaux et objets quotidiens

CLASSES DE CYCLE 3

CM1 CM2 6^e

Matériel pédagogique conçu
par l'École Centrale de Nantes et l'École Supérieure du Bois





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.

Quel est l'objectif de ce guide ?

Permettre aux acteurs de l'enseignement scientifique (Éducation Nationale, structures de médiation scientifique...) de fabriquer le matériel pour **se constituer leur propre mallette MERITE** ou bien remplacer ou réparer un élément d'une mallette déjà existante.

À qui s'adresse-t-il ?

Aux acteurs de l'Éducation Nationale (rectorat, inspection académique, INSPÉ, enseignants...),

Aux centres-pilotes, maisons pour la science, ateliers Canopé,

Aux centres de ressources au service de la culture scientifique,

Aux collectivités (régions, départements, communautés de communes...)

Et à toute personne intéressée !

Comment utiliser ce guide ?

MATÉRIEL

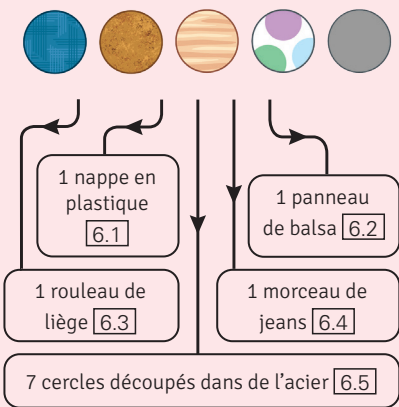
Une **vue d'ensemble** présente le matériel inclus dans la mallette et son intérêt pédagogique.

Le **catalogue du matériel** consiste en une liste exhaustive du matériel et des achats associés. Chaque élément présent dans la mallette porte un numéro de référence [X] réutilisant celui du guide pour l'enseignant. Les éléments à acheter sont précisés (quantité, dimensions, liens vers des exemples de références, points importants...).

Certains éléments nécessitent l'achat de plusieurs items. Le cas échéant, ces items sont détaillés et portent également un sous-numéro de référence [X.X].

EXEMPLE

Pour fabriquer les **lots d'éprouvettes rondes** [6] il faut :



Ces informations sont résumées dans le tableau de **synthèse des achats** en fin de catalogue.

FABRICATION

Les pages **Fabrication** (liseré jaune) contiennent tous les détails nécessaires à la fabrication de chaque élément du matériel :

- une liste du matériel et des outils
- un protocole de fabrication richement illustré

X La numérotation des protocoles de fabrication associés reprend celle du catalogue du **guide pour l'enseignant**.

XX Une **durée de fabrication** est donnée à titre indicatif.

Le **type d'actions à réaliser** pour fabriquer chaque élément du matériel est précisé :

- Achat ou récup'
- Fabrication simple
- Fabrication avancée
- Fabrication par un prestataire
- Impression

Des **post-it kraft** expliquent l'utilité de certaines étapes de fabrication.

DES ENCARTS JAUNES

donnent des conseils et attirent l'attention sur des points importants des protocoles de fabrication.

Des **FICHES Annexe** viennent compléter les protocoles de fabrication en présentant des photographies ou des plans détaillés du matériel.

Les **ressources numériques** (fichiers 3D, fichiers de découpe...) utiles aux différentes étapes de fabrication sont accessibles en hyperlien (version numérique) et depuis le site du projet MERITE (www.projetmerite.fr).



Matériaux et objets quotidiens

Matériel



Vue d'ensemble

Contenu de la mallette

La mallette **Matériaux et objets quotidiens** contient le matériel nécessaire pour faire travailler une classe en 7 îlots. Les élèves sont invités à découvrir plusieurs propriétés de la matière à travers un projet : la conception d'un objet du quotidien (le bol). Après quelques séances de découverte des caractéristiques et des contraintes de conception et des différentes familles de matériaux, les élèves réalisent des expériences afin de savoir quel matériau est le plus adapté à telle caractéristique (rigidité, perméabilité, conduction thermique...). Une synthèse leur permet de faire un choix quant au matériau à utiliser. Tous les éléments contenus dans la mallette portent chacun un **numéro de référence**. Ces éléments sont listés dans le catalogue du matériel du guide enseignant accompagnant chaque mallette et listés dans la suite de ce document.



Organisation du document

Le **catalogue du matériel** (p. 15-23) liste l'ensemble des éléments de la mallette (classés par leur numéro de référence) et précise pour chacun d'eux le matériel à se procurer pour le fabriquer ainsi que des conseils (points d'attention, exemples de fournisseurs, alternatives...). Le tableau de **synthèse des achats** (p. 24-25) résume ces informations en fin de catalogue.

La seconde partie du document est dédiée à la phase de fabrication du matériel. Les outils nécessaires sont résumés dans un tableau (p. 28). Des **protocoles de fabrication** détaillés et illustrés (p. 30-36) précisent ensuite toutes les étapes de construction des divers éléments de la mallette.

Comment utiliser ce catalogue du matériel ?

Ce catalogue présente l'ensemble du matériel inclus dans la mallette, ainsi que des conseils sur les **achats à réaliser** (nombre d'exemplaires, exemples de références avec hyperliens, points d'attention). Les références sont données à titre indicatif, pour aider l'utilisateur à trouver le matériel le plus adapté dans le commerce. À la fin de ce catalogue, un **tableau de synthèse** (p. 24-25) résume ces informations. Les **outils** nécessaires sont quant à eux listés dans la partie *Fabrication* (p. 28). Les **actions** pour réaliser chaque référence sont résumées selon le code couleur ci-dessous. Le cas échéant, des renvois de page vers les **protocoles de fabrication** associés sont donnés.

Ce chiffre rappelle le **nombre d'exemplaire(s)** de la référence dans la mallette.

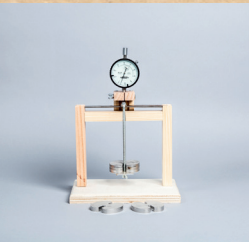
Ce numéro de référence est rappelé dans le listing matériel des séances dans le guide enseignant. Il est également utilisé dans la suite de ce guide, notamment dans la partie *Fabrication*.

Légende (actions à réaliser) :

- Achat ou récup'
- Fabrication simple
- Fabrication avancée
- Fabrication par un prestataire
- Impression

7 x Banc de flexion	Réf. 1
---------------------	--------

● ● **Protocole de fabrication : pages 30-33**



Le dispositif est rangé en 2 parties dans la mallette : une base en bois munie de deux trous et un ensemble potence / guides de positionnement / support des masses muni de deux tourillons, à encastrer dans les trous de la base. Il permet de mesurer la rigidité d'échantillons de matériaux que l'on appelle éprouvettes. Il existe 2 options possibles pour fabriquer cette référence. La première option - celle réalisée pour les mallettes MERITE - nécessite plus de

machines spécifiques (un centre d'usinage numérique, un combiné à bois et une découpeuse laser). La seconde option, moins restrictive, s'adresse à ceux qui n'ont accès qu'à une découpeuse laser. Dans les deux cas, les fichiers sont fournis sur www.projetmerite.fr.

Une partie du matériel à se procurer est commune aux deux options :

1.0.1 Plaque de PMMA (épaisseur 3 mm)

Cet élément est nécessaire à la fabrication de la partie du banc de flexion qui va jouer le rôle de support des masses. Pour chaque banc de flexion, un rectangle de 34*54 mm et un rectangle de 11*40 mm est nécessaire. Il est conseillé de découper ces éléments à l'aide d'une découpeuse laser (fichier disponible sur www.projetmerite.fr).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 rectangle de 34*45 mm + 1 rectangle de 11*40 mm	1 rectangle de 220*110 mm	VINK FRANCE / 101795 LEROY MERLIN / 83572074

1.0.2 Tige filetée (Ø 5 mm)

Cet élément est nécessaire à la fabrication de la partie du banc de flexion qui va jouer le rôle de support des masses. Les tiges filetées permettent de maintenir la plaque sur laquelle seront posées les masses. Elles mesurent 5 mm de diamètre et sont fixées à l’aide d’écrous qui doivent être compatibles. Les tronçons utilisés pour les malles MERITE ont été achetés déjà découpés au bon format mais il est également possible d’acheter des tiges filetées plus longues et de faire les découpes soi-même.

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
2 tronçons de 140 mm	14 tronçons de 140 mm	SABF / 97688BRM5X140 CASTORAMA / 3663602754428

1.0.3 Écrou borgne M5

Ces écrous permettent de fixer aux tiges filetées la plaque sur laquelle sera posée les masses. Ils doivent être compatibles avec les tiges filetées (Ø 5 mm).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
2	14	RS COMPONENTS / 0293072

1.0.4 Écrou frein M5

Ces écrous permettent de fixer aux tiges filetées la plaque qui reposera sur l’échantillon à mesurer. Ils doivent être compatibles avec les tiges filetées (Ø 5 mm).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
2	14	RS COMPONENTS / 0524310

1.0.5 Insert (Ø int. 4 mm ; L = 10 mm)

Cet insert permet d’accueillir la vis qui sert à maintenir le comparateur amovible en place dans le banc de flexion. Comme cette vis est amenée à être dévissée et revissée fréquemment, l’insert, avec son filetage extérieur pour bois et son filetage intérieur pour acier permet de ne pas abîmer le bois à chaque opération. Il doit être compatible avec la vis de maintien. Le Ø int. de l’insert doit être de 4 mm et sa longueur de 10 mm.

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1	7	VIS EXPRESS / 6319650809_1

1.0.6 Vis à six pans (M4 ; L = 16 mm)

Cette vis sert au maintien du comparateur amovible. Au cours des manipulations, elle sera vissée et dévissée librement, sans outil, au gré des montages et démontages du banc de flexion. Elle est à visser dans l'insert. Son Ø est de 4 mm et sa longueur de 16 mm.

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1	7	RS COMPONENTS / 0281041

1.0.7 Vis de fixation

Ces vis servent à fixer le support du comparateur sur la potence. Le diamètre et la longueur importent peu. Essayer d'utiliser des vis de Ø 3-4 mm environ et de longueur d'environ 35 mm (+/- 5 mm).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
2	14	CASTORAMA / 3663602746669

1.0.8 Tourillons (Ø 8 mm ; L = 40 mm)

Ces tourillons seront plantés dans les deux pieds de la potence. Lors du montage du banc de flexion, ils viennent s'insérer dans les deux orifices de la base et permettent ainsi le montage et le démontage simplifié de l'ensemble. Leurs diamètre est de 8 mm et leur longueur de 40 mm.

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
2	14	CASTORAMA / 4006885290709

La suite du matériel à se procurer dépend de l'option de fabrication choisie :

OPTION 1 Fabrication au centre d'usinage numérique, au combiné à bois et à la découpeuse laser**1.1.1 Contreplaqué** (ép. 30 mm)

Le contreplaqué de 30 mm sert à la fabrication de la potence au centre d'usinage numérique (fichier fourni sur www.projetmerite.fr). L'essence importe peu (le peuplier est généralement moins cher).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 surface de 180*200 mm	1 surface de 500*500 mm environ	DISPANO / 3013109

1.1.2 Contreplaqué (ép. 18 mm)

Le contreplaqué de 18 mm sert à la fabrication de la base du banc de flexion.
L'essence importe peu (l'essence choisie pour les malles MERITE était l'épicéa).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 surface de 210*130 mm	1 surface de 420*520 mm env.	DISPANO / 1629899

1.1.3 Bois massif

Du bois massif doit être acheté pour fabriquer le support du comparateur (en forme de col de cygne).
L'essence n'est pas importante.

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 morceau d'au moins 40*55*43 mm	7 morceaux	PELTIER BOIS

OPTION 2 Fabrication à la découpeuse laser

1.2.1 Contreplaqué (ép. 5 mm)

L'option 2 permet de diminuer le nombre de machines nécessaires en proposant une fabrication des différents éléments en bois par collage de fines planches de contreplaqué réalisées à la découpeuse laser (fichiers fournis sur www.projetmerite.fr). Il est conseillé de travailler avec deux épaisseurs de contreplaqué différentes (5 mm et 3,6 mm) pour respecter au mieux les dimensions du banc de flexion. Attention, lors de l'achat, essayer de prendre des panneaux dont l'épaisseur est la plus proche possible de 5 mm (il peut y avoir un delta de plus ou moins 0,5 mm entre l'épaisseur annoncée par le fournisseur et la réalité).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 rectangle de 875*265 mm	1 rectangle de 1000*1800 mm	CASTORAMA / 3461870045251

1.2.2 Contreplaqué (ép. 3,6 mm)

Le choix de prendre une deuxième épaisseur de contreplaqué permet de s'approcher au mieux des dimensions initiales du banc de flexion, par le collage des différentes planches préalablement découpées. Attention, lors de l'achat, essayer de prendre des panneaux dont l'épaisseur est la plus proche possible de 3,6 mm (il peut y avoir un delta de plus ou moins 0,5 mm entre l'épaisseur annoncée par le fournisseur et la réalité).

Quantité pour 1 banc de flexion	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 rectangle de 220*200 mm	1 rectangle de 655*200 mm	CASTORAMA / 3663602840626

7 x Comparateur

Réf. 2



Intégré au banc de flexion au niveau du support dédié et bloqué à l'aide de la vis à six pans, cet outil permet de comparer la rigidité des différents matériaux testés en mesurant la flèche induite par l'ajout des masses.

Il est conseillé d'acheter des comparateurs à dos plat montés sur rubis avec des graduations de 0,01 mm et une mesure maximale de 10 mm de déplacement.

Quantité	Exemple(s) de référence(s)
7	SETIN / INS015

28 x Masse

Réf. 3



Chaque masse pèse 150 g et mesure 60*51,1 mm. Elles sont déposées sur le support dédié du banc de flexion afin de mesurer la flèche des matériaux testés et d'en étudier la rigidité selon la charge. Comme il s'agit de pièces découpées dans de l'acier de 8 mm d'épaisseur, il est rare d'avoir soi-même un outil capable de les fabriquer. C'est pourquoi nous conseillons de faire appel à un prestataire qui, à l'aide du fichier fourni sur www.projetmerite.fr, sera capable d'effectuer les découpes (généralement au jet d'eau).

Quantité	Exemple(s) de prestataire(s)
28	BRETAGNE LASER

7 x Sac d'échantillons de matériaux

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, plastiques, fibres naturelles, caoutchoucs, céramiques/verres et composites. La composition des sachets peut varier, à partir du moment où l'on y trouve au moins un échantillon de chacune des 6 familles. L'idéal est d'utiliser des matériaux de récupération.

Le détail du contenu des sachets dans les malles MERITE est le suivant :

4.1 Métaux

1 trombone + 1 vis

4.2 Plastiques

2 morceaux de polystyrène + 1 bouchon
+ 1 morceau de tissu synthétique

4.3 Fibres naturelles

1 morceau de balsa
+ 1 morceau de cuir
+ 1 morceau de liège

4.4 Caoutchoucs

1 élastique

4.5 Céramiques/verres

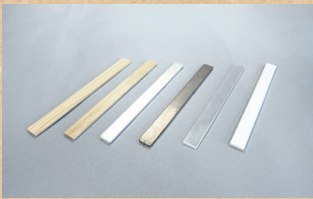
1 gravier + 1 morceau de porcelaine
+ 1 bille de verre + 1 bille d'argile

4.6 Composites

1 morceau de contreplaqué
+ 1 morceau d'isorel

7 x Lot d'éprouvettes (rigidité)	Réf. 5
----------------------------------	--------

   Protocole de fabrication : page 34



Ces lamelles de matériaux, toutes à la même dimension (15*3*170 mm), sont utilisées à la fois pour les expériences sur la rigidité et la conduction thermique. La réalisation soi-même de certaines éprouvettes (notamment celles de PMMA et de PVC) est envisageable. Il est conseillé, pour les autres, de confier la réalisation à un prestataire.

5.1 Éprouvette de pin (15*3*170 mm)

Du pin massif doit être acheté pour fabriquer ces éprouvettes. À moins d'être équipé de machines spécifiques (de type combiné à bois pour le délignage, le corroyage et le tronçonnage des échantillons), il est conseillé de confier la réalisation de ces échantillons à un prestataire.



Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1	7	PELTIER BOIS

5.2 Éprouvette de chêne (15*3*170 mm)

Du chêne massif doit être acheté pour fabriquer ces éprouvettes. À moins d'être équipé de machines spécifiques (de type combiné à bois pour le délignage, le corroyage et le tronçonnage des échantillons), il est conseillé de confier la réalisation de ces échantillons à un prestataire.



Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1	7	PELTIER BOIS

5.3 Éprouvette d'aluminium (15*3*170 mm)

La découpe de métal de 3 mm d'épaisseur nécessite des machines spécifiques. La fabrication des éprouvettes en métal des mallettes MERITE a été confiée à un prestataire proposant de la découpe jet d'eau de métal.



Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de prestataire(s)
1	7	BRETAGNE LASER

5.4 Éprouvette d'acier (15*3*170 mm)

La découpe de métal de 3 mm d'épaisseur nécessite des machines spécifiques. La fabrication des éprouvettes en métal des mallettes MERITE a été confiée à un prestataire proposant de la découpe jet d'eau de métal.



Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de prestataire(s)
1	7	BRETAGNE LASER

5.5 Éprouvette de PMMA (15*3*170 mm)

La découpe de ces éprouvettes peut être réalisée à l'aide d'une découpeuse laser (car le PMMA ne dégage pas de chlore lorsqu'il est chauffé). Le matériau utilisé pour les fabriquer est une plaque de PMMA d'épaisseur 3 mm (le même matériau utilisé pour fabriquer les plaques du banc de flexion). Le fichier de découpe est fourni sur www.projetmerite.fr.



Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1 rectangle de 170*110 mm	1 rectangle de 220*110 mm	VINK FRANCE / 101795 LEROY MERLIN / 83572074

5.6 Éprouvette de PVC (15*3*170 mm)

La découpe de ces éprouvettes ne peut pas être réalisée à l'aide d'une découpeuse laser car le PVC dégage des vapeurs de chlore lorsqu'il est chauffé, ce qui abîme les composants de la machine. Il est envisageable de les découper avec une scie varga par exemple. Le matériau utilisé pour les fabriquer est un fond d'encadrement en PVC d'épaisseur 3 mm.



Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1 surface d'environ 15*170 mm	1 surface d'environ 105*170 mm	LEROY MERLIN / 62801662

7 x Lot d'éprouvettes rondes	Réf. 6
------------------------------	--------

● ● ● Protocole de fabrication : page 35



Ces échantillons circulaires sont utilisés lors des expériences sur la perméabilité. Leur diamètre (70 mm) doit être un peu plus grand que celui des récipients en plastique [7], car ils sont destinés à être posés dessus. le plus pratique est d'utiliser une découpeuse laser pour former des disques parfaits. Le fichier de découpe est fourni sur www.projetmerite.fr.

6.1 Éprouvette en denim

Il est préférable de récupérer un vieux jean assez épais pour fabriquer ces éprouvettes.

Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 disque de Ø 70 mm	1 rectangle de 70*500 mm	Récup'

6.2 Éprouvette en plastique

Il est conseillé de récupérer une vieille nappe en vinyle (éviter le PVC si découpe au laser).

Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de référence(s)
1 disque de Ø 70 mm	1 rectangle de 70*500 mm	E. LECLERC / 0048419519614

6.3 Éprouvette en balsa

Pour fabriquer ces échantillons, il est conseillé de récupérer ou d’acheter une petite planche de balsa (dans des magasins de modélisme par exemple).

Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1 disque de Ø 70 mm	1 rectangle de 70*500 mm	PB MODELISME / BAL030

6.4 Éprouvette en liège

Pour fabriquer ces échantillons, il est conseillé de récupérer ou d’acheter un panneau (ou un rouleau) de liège (épaisseur proche de 3 mm).

Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1 disque de Ø 70 mm	1 rectangle de 70*500 mm	CASTORAMA / 3663602884330

6.5 Éprouvette en acier

Pour ces échantillons, il est préférable de passer par un prestataire capable de réaliser de la découpe jet d’eau (passer par le même prestataire que pour la fabrication des masses et des éprouvettes de rigidité).

Quantité pour 1 lot d'éprouvettes	Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
1 disque de Ø 70 mm	1 rectangle de 70*500 mm	BRETAGNE LASER

7 x Récipient en plastique	Réf. 7
----------------------------	--------

  Protocole de fabrication : page 36



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. Les dimensions importent peu (les récipients des mallettes MERITE ont un diamètre intérieur de 65 mm et une hauteur de 80 mm. La fente est à réaliser soi-même avec un découpeuse laser (fichier sur www.projetmerite.fr) ou simplement un cutter.

Quantité pour toute la mallette	Exemple(s) de fournisseur(s)
7	RAJA / PV225

7 x Thermomètre Réf. 8



Ces thermomètres sont utilisés lors de la séance sur la conduction thermique, afin de mesurer la température des matériaux. Il est conseillé de se procurer des thermomètres numériques de poche de précision avec une amplitude de fonctionnement allant de 0 à 50°C.

Quantité	Exemple(s) de référence(s)
7	CASTORAMA / 3663602820710

7 x Pipette Pasteur Réf. 9



Elles sont utilisées lors de la séance sur la perméabilité, pour faire couler délicatement de l'eau sur les échantillons à tester. La contenance importe peu.

Quantité	Exemple(s) de référence(s)
7	LE LABORANTIN / 323338

1 x Balance numérique Réf. 10



Elle permet de mesurer des masses comprises entre 0,01 g et 200 g. On l'utilise pour mesurer et comparer la masse des différents échantillons lors de la séance sur la rigidité.

Quantité	Exemple(s) de référence(s)
1	FESTIHOME / DO9096W

1 x Fiche de rangement



Cette fiche rappelle la place de chaque élément dans la mallette (voir fichiers d'impression sur www.projetmerite.fr, avec et sans fonds perdus). Elle a été conçue pour une impression au format A4 (21,00 x 29,7 cm) paysage. Celle des mallettes MERITE a été imprimée sur du papier Magno Satin 350g/cm² avec un pelliculage mat recto-verso.



Synthèse des achats

Le tableau ci-dessous résume le matériel nécessaire. Le coût total des achats pour une mallette est estimé entre **500 et 550€** environ (hors mallette de rangement). Les éléments marqués d'un **astérisque** sont également présents dans d'autres mallettes (l'achat peut ainsi être groupé le cas échéant).

Rappel de la légende :

-  Achat ou récup'
-  Fabrication simple
-  Fabrication avancée
-  Fabrication par un prestataire
-  Impression

Réf.	Action(s)	Élément	Matériel	Nb/ mallette	Lien fournisseur ou fichier
1	 	Banc de flexion (x7)	MATÉRIEL COMMUN AUX DEUX OPTIONS		
			Plaque de PMMA (ép. 3 mm)	220 x 110 mm	LEROY MERLIN / 83572074 Fichiers de découpe
			Tige filetée (Ø 5 mm)	140 mm (x 14)	SABF / 97688BRM5X140 CASTORAMA / 3663602754428
			Écrou borgne M5	14	RS COMPONENTS / 0293072
			Écrou frein M5	14	RS COMPONENTS / 0524310
			Insert (Ø int. 4 mm ; L = 10 mm)	7	VIS EXPRESS / 6319650809_1
			Vis à six pans (M4 ; L = 16 mm)	7	RS COMPONENTS / 0281041
			Vis de fixation	14	CASTORAMA / 3663602746669
			Tourillons (Ø 8 mm ; L = 40 mm)	14	CASTORAMA / 4006885290709
			OPTION 1		
			Contreplaqué (ép. 30 mm)	500 x 500 mm	DISPANO / 3013109 Fichiers de découpe
			Contreplaqué (ép. 18 mm)	450 x 520 mm	DISPANO / 1629899 Fichiers de découpe
			Bois massif		PELTIER BOIS
			OPTION 2		
			Contreplaqué* (ép. 5 mm)	1000 x 1800 mm	CASTORAMA / 3461870045251 Fichiers de découpe
			Contreplaqué* (ép. 3,6 mm)	655 x 200 mm	CASTORAMA / 3663602840626 Fichiers de découpe
2		Comparateur*		7*	SETIN / INS015
3	 	Masse		28	BRETAGNE LASER Fichier de découpe

Réf.	Action(s)	Élément	Matériel	Nb/ mallette	Lien fournisseur ou fichier
4	 	Sac d'échantillons de matériaux (x7)	Métaux	>7	Récup'
			Plastiques	>7	
			Fibres naturelles	>7	
			Caoutchoucs	>7	
			Céramiques/verres	>7	
			Composites	>7	
5	  	Lot d'éprouvettes (rigidité) (x7)	Pin	7	PELTIER BOIS
			Chêne	7	PELTIER BOIS
			Aluminium	7	BRETAGNE LASER Fichier de découpe
			Acier	7	BRETAGNE LASER Fichier de découpe
			PMMA	7	LEROY MERLIN / 83572074 Fichier de découpe
			PVC	7	LEROY MERLIN / 62801662
6	  	Lot d'éprouvettes rondes (x7)	Denim	7	Récup' Fichier de découpe
			Plastique	7	E. LECLERC / 0048419519614 Fichier de découpe
			Balsa	7	PB MODELISME / BAL030 Fichier de découpe
			Liège	7	CASTORAMA / 3663602884330 Fichier de découpe
			Acier	7	BRETAGNE LASER Fichier de découpe
7	 	Récipient en plastique + couvercle		7	RAJA / PV225 Fichier de découpe
8		Thermomètre		7	CASTORAMA / 3663602820710
9		Pipette Pasteur*		7*	LE LABORANTIN / 323338
10		Balance numérique*		1*	FESTIHOME / DO9096W
-		Fiche de rangement		1	Fichier d'impression



Matériaux et objets quotidiens

Fabrication

FABRICATION

Organisation du document

La suite du document est constituée des protocoles de fabrication des éléments du matériel. Pour chaque élément (identifié par son n° de référence), une liste du matériel et des outils est rappelée, suivie d’un protocole illustré pour vous guider pas à pas.

Outils nécessaires

Les différents outils permettant de fabriquer les éléments de la mallette sont listés dans le tableau ci-contre. D’éventuels détails supplémentaires sur ces outils sont donnés dans les protocoles de fabrication.

	Banc de flexion	Lot d'éprouvettes (rigidité)		Récipient en plastique
	1	5	6	7
Centre d'usinage	*			
Colle à bois				
Combiné à bois	*			
Compas			*	
Cutter				*
Découpeuse laser		*	*	*
Marqueur fin			*	*
Marteau				
Paire de ciseaux			*	
Perceuse/visseuse (forets bois de Ø 5 et 8 mm)		*		
Réglet métallique				*
Scie à chantourner			*	
Scie à métaux	*			
Scie Varga	*	*		

*dépend de l’option choisie



4 protocoles de fabrication

Protocoles de fabrication

N° RÉF.

1

Banc de flexion

pages 30-33



N° RÉF.

5

Lot d'éprouvettes (rigidité)

page 34



N° RÉF.

6

Lot d'éprouvettes rondes

page 35



N° RÉF.

7

Récipient en plastique

page 36



N° RÉF.
1

Banc de flexion

OPTION 1 Fraiseuse numérique, combiné à bois et découpeuse laser

Matériel

Pour 7 bancs de flexion :

- 1 plaque de PMMA 1.0.1
épaisseur 3 mm
- tige filetée Ø 5 mm 1.0.2
14 tronçons de 140 mm ou une tige de 2 m
- 14 écrous borgnes 1.0.3
compatibles avec les tiges filetées
- 14 écrous freins M5 1.0.4
compatibles avec les tiges filetées
- 7 inserts 1.0.5
Ø int. 4 mm ; L = 10 mm
- 7 vis à six pans 1.0.6
M4 ; L = 16 mm
- 14 vis de fixation 1.0.7
- 14 tourillons 1.0.8
Ø 8 mm ; L = 40 mm
- 1 panneau de contreplaqué ép. 30 mm 1.1.1
1 surface de 500*500 mm environ
- 1 panneau de contreplaqué ép. 18 mm 1.1.2
1 surface de 420*520 mm environ
- du bois massif 1.1.3
7 morceaux d'au moins 40*55*43 mm

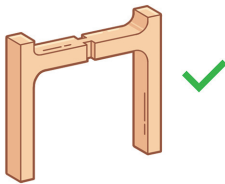
Outils & consommables

- 1 centre d'usinage à commande numérique
- 1 combiné à bois
- 1 découpeuse laser
- 1 perceuse/visseuse
avec forets bois de Ø 5 et 8 mm
- 1 scie à métaux
si la tige filetée n'est pas déjà pré-découpée
- colle à bois
- 1 marteau
- 1 scie Varga

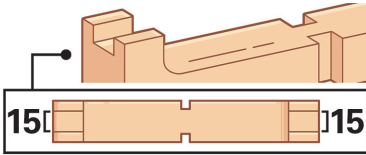
Protocole de fabrication



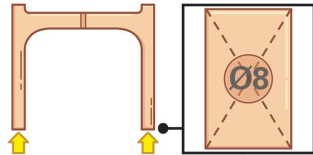
- 1 Avec une fraiseuse à commande numérique, fabriquer le pont dans le CTP de 30 mm à l'aide du fichier DXF fourni.



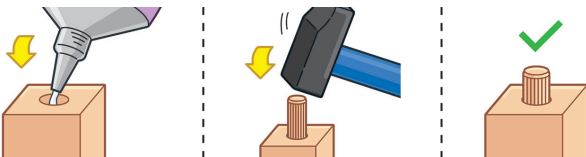
- 2 À l'aide d'une toupie, creuser une rainure d'au moins 15 mm de large dans la partie haute des guides de positionnement de l'éprouvette.



- 3 Percer un trou de Ø 8 mm et de profondeur 30 mm au centre de la face inférieure de chaque pied du pont.



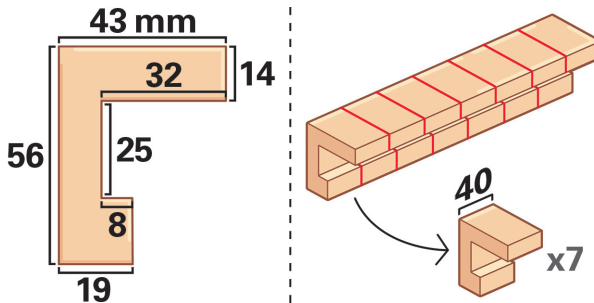
- 4 Encoller l'intérieur des trous percés à l'étape précédente, insérer un tourillon dans chacun d'entre eux et les enfoncer à l'aide d'un marteau.



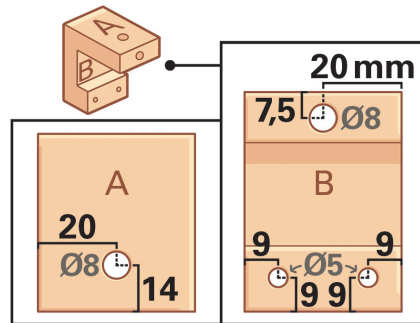
POINT D'ATTENTION

Ne pas hésiter à limer l'intérieur du trou pour favoriser l'insertion du tourillon à l'étape suivante ou utiliser un foret de Ø 8,1 ou 8,2 mm si l'on est équipé.

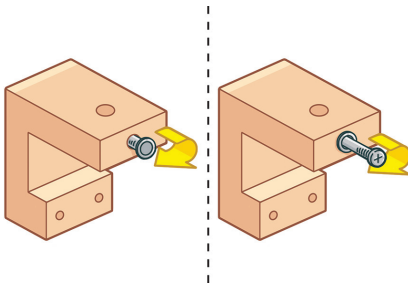
- 5** Dans le bois massif, à l'aide d'un combiné à bois, réaliser le profil suivant (sur une longueur d'au moins 300 mm) qu'on tronçonnera ensuite en 7 sections de 40 mm de long chacune :



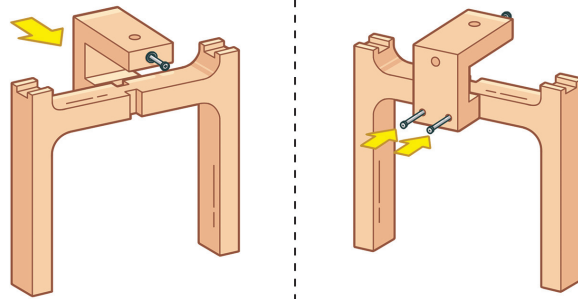
- 6** Percer 4 trous dans chaque col de cygne obtenu à l'étape 5, selon le plan suivant :



- 7** Visser l'insert dans le trou de Ø 8 mm (face B). Visser la vis à six pans à l'intérieur de l'insert.

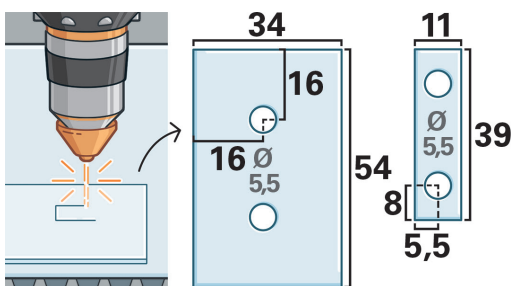


- 8** Visser le col de cygne en le centrant sur le pont, de la manière suivante :

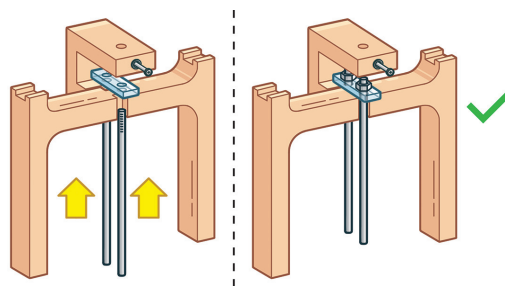


- 9** Si les tiges filetées n'ont pas été commandées déjà découpées, les tronçonner en 14 morceaux de 140 mm de longueur.

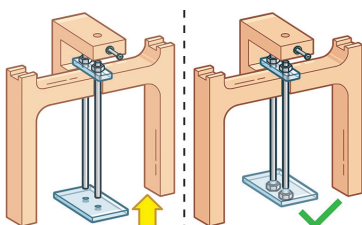
- 10** À l'aide d'une découpeuse laser et des **fichiers fournis**, découper les plaques de PMMA qui formeront le support des masses.



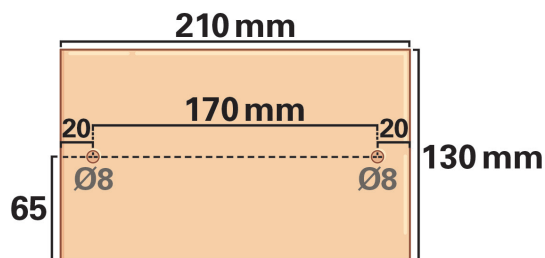
- 11** Insérer 2 tiges filetées dans les sillons du pont prévus à cet effet, insérer la petite plaque de PMMA sur le dessus et la fixer à l'aide des écrous freins.



- 12** Insérer la grande plaque de PMMA par le dessous des tiges filetées et la fixer à l'aide des écrous borgnes.



- 13** Découper un rectangle de dimensions 210*130 mm dans le CTP de 18 mm et y percer 2 trous de Ø 8 mm et de profondeur 15 mm selon le plan suivant :



OPTION 2 Découpeuse laser

Matériel

Pour 7 bancs de flexion :

- 1 plaque de PMMA 1.0.1
épaisseur 3 mm
- tige filetée Ø 5 mm 1.0.2
14 tronçons de 140 mm ou une tige de 2 m
- 14 écrous borgnes 1.0.3
compatibles avec les tiges filetées
- 14 écrous freins M5 1.0.4
compatibles avec les tiges filetées
- 7 inserts 1.0.5
Ø int. 4 mm ; L = 10 mm
- 7 vis à six pans 1.0.6
M4 ; L = 16 mm
- 14 vis de fixation 1.0.7
de longueur 30 à 35 mm
- 14 tourillons 1.0.8
Ø 8 mm ; L = 40 mm
- 1 panneau de contreplaqué ép. 5 mm 1.2.1
1 surface de 875*265 mm environ
- 1 panneau de contreplaqué ép. 3,6 mm 1.2.2
1 surface de 220*200 mm environ

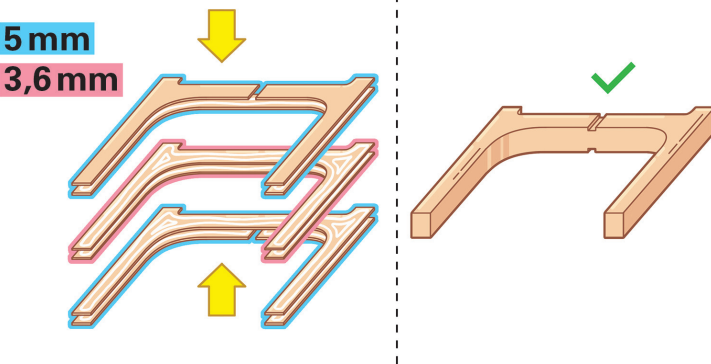
Outils & consommables

- 1 découpeuse laser
- 1 perceuse/visseuse
avec forets bois de Ø 5 et 8 mm
- colle à bois
- 1 marteau
- 1 scie à métaux
si la tige filetée n'est pas déjà pré-découpée

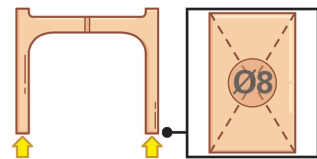
Protocole de fabrication

3h

- 1 À l'aide d'une découpeuse laser, découper les 6 pièces du **fichier de découpe (5 mm)** dans du CTP de 5 mm et les 2 pièces du **fichier de découpe (3,6 mm)** dans du CTP de 3,6 mm. Coller les pièces les unes sur les autres de la manière suivante, serrer et laisser sécher 1h30 :



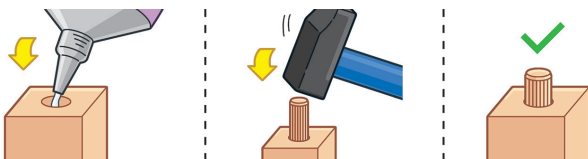
- 2 Percer un trou de Ø 8 mm et de profondeur 30 mm au centre de la face inférieure de chaque pied du pont.



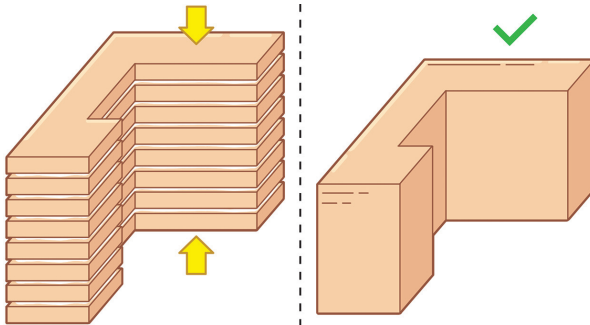
POINT D'ATTENTION

Ne pas hésiter à limer l'intérieur du trou pour favoriser l'insertion du tourillon à l'étape suivante ou utiliser un foret bois de Ø 8,1 ou 8,2 mm si l'on est équipé. Il vaut mieux cependant que le tourillon entre avec un peu de résistance.

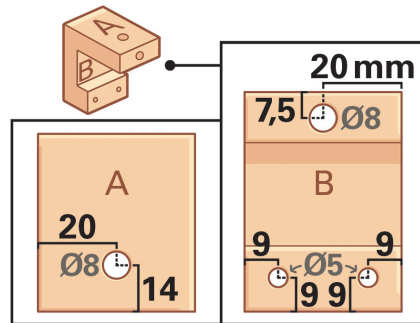
- 3 Encoller l'intérieur des trous percés à l'étape précédente, insérer un tourillon dans chacun d'entre eux et les enfoncer à l'aide d'un marteau.



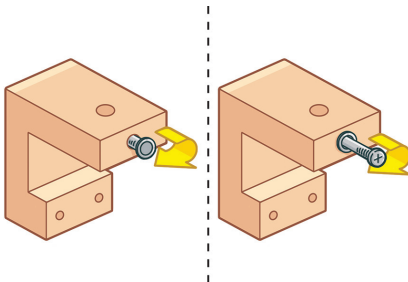
- 4** Découper les 8 pièces du **fichier de découpe** dans du CTP de 5 mm et les coller les unes sur les autres. Serrer et laisser sécher 1h30.



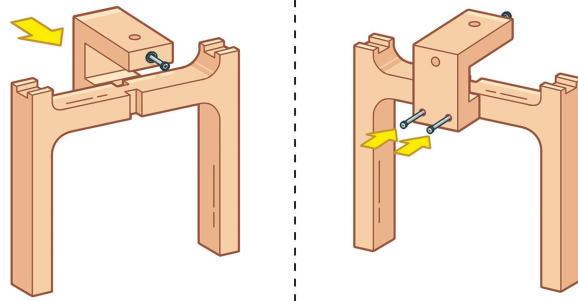
- 5** Percer 2 trous dans chaque col de cygne obtenu à l'étape 4, selon le plan suivant :



- 6** Visser l'insert dans le trou de Ø 8 mm (face B). Visser la vis à six pans à l'intérieur de l'insert.

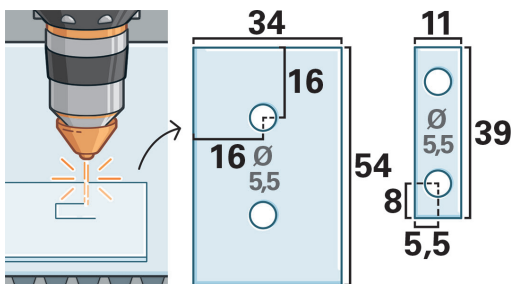


- 7** Visser le col de cygne sur le pont selon le plan suivant :

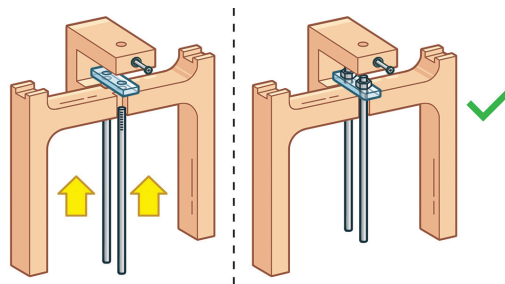


- 8** Si les tiges filetées n'ont pas été commandées déjà découpées, les tronçonner en 14 morceaux de 140 mm de longueur.

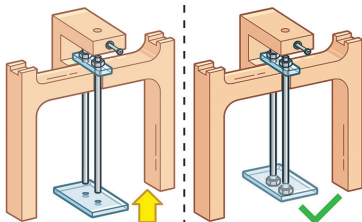
- 9** À l'aide d'une découpeuse laser et des fichiers (www.projetmerite.fr), découper les plaques de PMMA qui formeront le support des masses.



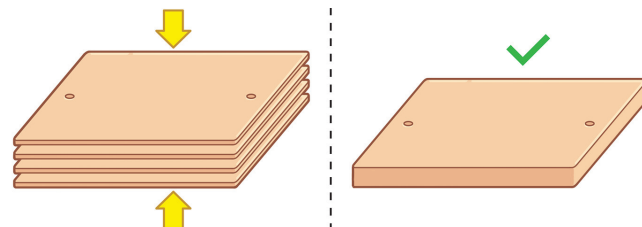
- 10** Insérer 2 tiges filetées dans les sillons du pont prévus à cet effet, insérer la petite plaque de PMMA sur le dessus et la fixer à l'aide des écrous freins.



- 11** Insérer la grande plaque de PMMA par le dessous des tiges filetées et la fixer à l'aide des écrous borgnes.



- 12** Découper les 4 pièces du **fichier de découpe** dans du CTP de 5 mm et les coller les unes sur les autres en faisant attention à bien positionner la pièce non trouée sur le dessus. Serrer et laisser sécher 1h30.



Lot d'éprouvettes (rigidité)



Matériel

Pour les 14 éprouvettes en plastique :

- 1 plaque de PMMA [5.5]
épaisseur 3 mm

- 1 fond d'encadrement en PVC [5.6]
épaisseur 3 mm

Outils & consommables

- 1 scie Varga
- 1 découpeuse laser

Protocole de fabrication



BOIS Éprouvettes de pin et de chêne

La fabrication de ces éléments apparaît trop complexe pour être réalisée en autonomie. Il est conseillé de la confier à un prestataire (travail confié à l'École Supérieure du Bois de Nantes dans le cadre du projet MERITE).

Exemples : un menuisier, un lycée professionnel, un établissement d'enseignement supérieur spécialisé dans le travail du bois...

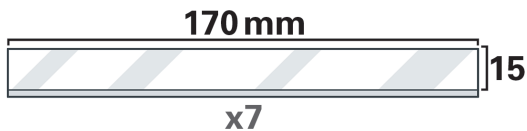
MÉTAL Éprouvettes d'aluminium et d'acier

La fabrication de ces éléments apparaît également trop complexe pour être réalisée en autonomie. Il est conseillé de la confier à un prestataire équipé d'une d'une machine faisant de la découpe au jet d'eau.

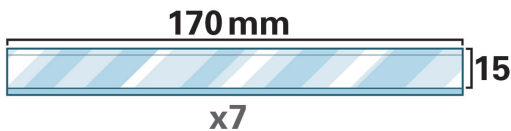
Exemples : Bretagne Laser

PLASTIQUE Éprouvettes de PVC et de PMMA

- 1 À l'aide d'une scie Varga, découper 7 rectangles de 15*170 mm dans le fond d'encadrement en PVC.



- 2 À l'aide d'une découpeuse laser, découper 7 rectangles de 15*170 mm dans le PMMA (fichier fourni sur www.projetmerite.fr).





Lot d'éprouvettes (rondes)

Matériel

Pour 7 lots :

- 1 morceau de jeans 6.1
dimensions min 70*500 mm
- 1 bout de nappe en plastique 6.2
dimensions min 70*500 mm
- 1 panneau de balsa 6.3
dimensions min 70*500 mm

- 1 plaque ou 1 rouleau de liège 6.4
dimensions min 70*500 mm
- 7 cercles découpés dans de l'acier 6.5
réalisés par un prestataire

OPTION 1 Découpeuse laser

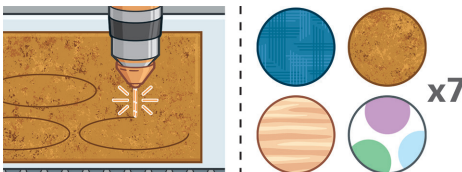
Outils & consommables

- 1 découpeuse laser
option 1

Protocole de fabrication



- 1 Découper 7 cercles de 70 mm de diamètre dans chacun des matériaux (sauf acier), à l'aide du fichier fourni sur www.projetmerite.fr.



OPTION 2 Scie à chantourner

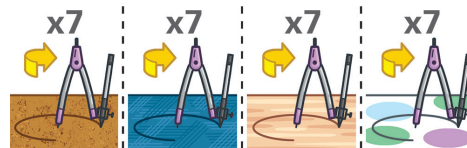
Outils & consommables

- 1 compas
- 1 paire de ciseaux
- 1 marqueur fin
- 1 scie à chantourner

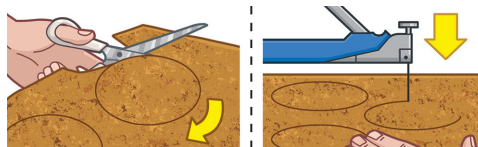
Protocole de fabrication



- 1 À l'aide d'un compas et d'un marqueur, dessiner 7 cercles de Ø 70 mm sur chacun des matériaux (sauf acier).



- 2 Découper les cercles avec une paire de ciseaux (pour le jean, la nappe et le liège) et une scie à chantourner (pour le balsa).



Récipient en plastique

Matériel

Pour 7 récipients :

- 7 récipient cylindrique en plastique [7]
diamètre intérieur 65 mm ; hauteur 80 mm

- 7 couvercles à visser [7]
compatibles avec les récipients

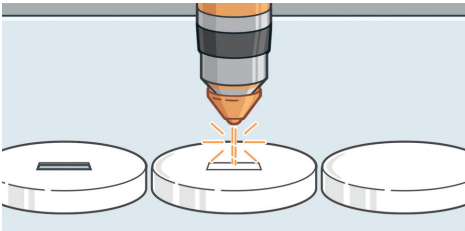
OPTION 1 Découpeuse laser

Outils

- 1 découpeuse laser
option 1

Protocole de fabrication 10'

- 1 Découper 7 fentes de 15*3 mm de diamètre au centre de chaque couvercle, à l'aide du fichier fourni sur www.projetmerite.fr.



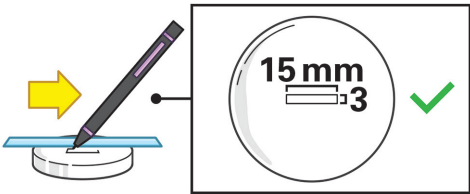
OPTION 2 Cutter

Outils

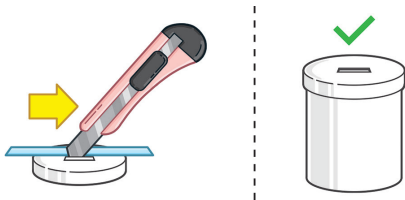
- 1 marqueur fin
- 1 cutter
- 1 règle

Protocole de fabrication 30'

- 1 Au centre des couvercles, dessiner un rectangle de 15*3 mm.



- 2 À l'aide d'un cutter, découper le rectangle pour créer une fente.



Remerciements

Le projet MERITE est le fruit d'un travail collaboratif qui a rassemblé de nombreux acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche (7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest), 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 MERITE 2 (duplication de mallettes et constitution d'un réseau de formateurs MERITE dans la région Pays de la Loire), sous la direction de Lotfi Lakehal-Ayat.

L'équipe de coordination adresse ses remerciements :

- **aux financeurs du projet MERITE 2 (2021-2023) :**
le Fonds européen de développement régional et la Région des Pays de la Loire ;
- **au concepteur de la thématique :**
Hervé Oudin, Maître de conférences, École Centrale Nantes ;
- **au rédacteur et coordinateur de l'édition du guide :**
Arnaud Schmitt, Chargé de missions, IMT Atlantique ;
- **aux personnes ayant contribué au contenu du guide :**
Sébastien Rincé, École Supérieure du Bois, Nantes ;

Crédits

Direction artistique : Nathalie Papeil ;

Mise en page : Arnaud Schmitt ;

Illustrations : Marie Ducom ;

Photographie : Jean-Charles Queffelec, indépendant (pages intérieures) ;
Anthony Diaz, IMT Atlantique (couvertures) ;

Autres crédits : p. 14 / photographie Céline Querniard, IMT Atlantique ;

Modèles mains : Lhassa Grignon-Augeat (couverture), Clémence et Jules Papeil (pages intérieures).

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 2023

Imprimé par Icones 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.

Le matériel pédagogique a été réalisé
par l'École Centrale de Nantes
et l'École Supérieure du Bois



Ce guide de duplication a été conçu
par IMT Atlantique



itineraires en sciences et techniques : expérimenter et comprendre

mallettes MERITE



Conçues pour les enseignants du CM1 à la classe de 3^e, 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

14 thématiques variées proches du quotidien des élèves

CM1 - CM2 - 6^e - 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^e - 4^e - 3^e - 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 de guides de duplication est le fruit du projet MERITE 2 (2021-2023), financé par le Fonds européen de développement régional et la Région des Pays de la Loire. Elle s'inscrit dans la continuité 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 et la Région des Pays de la Loire.

