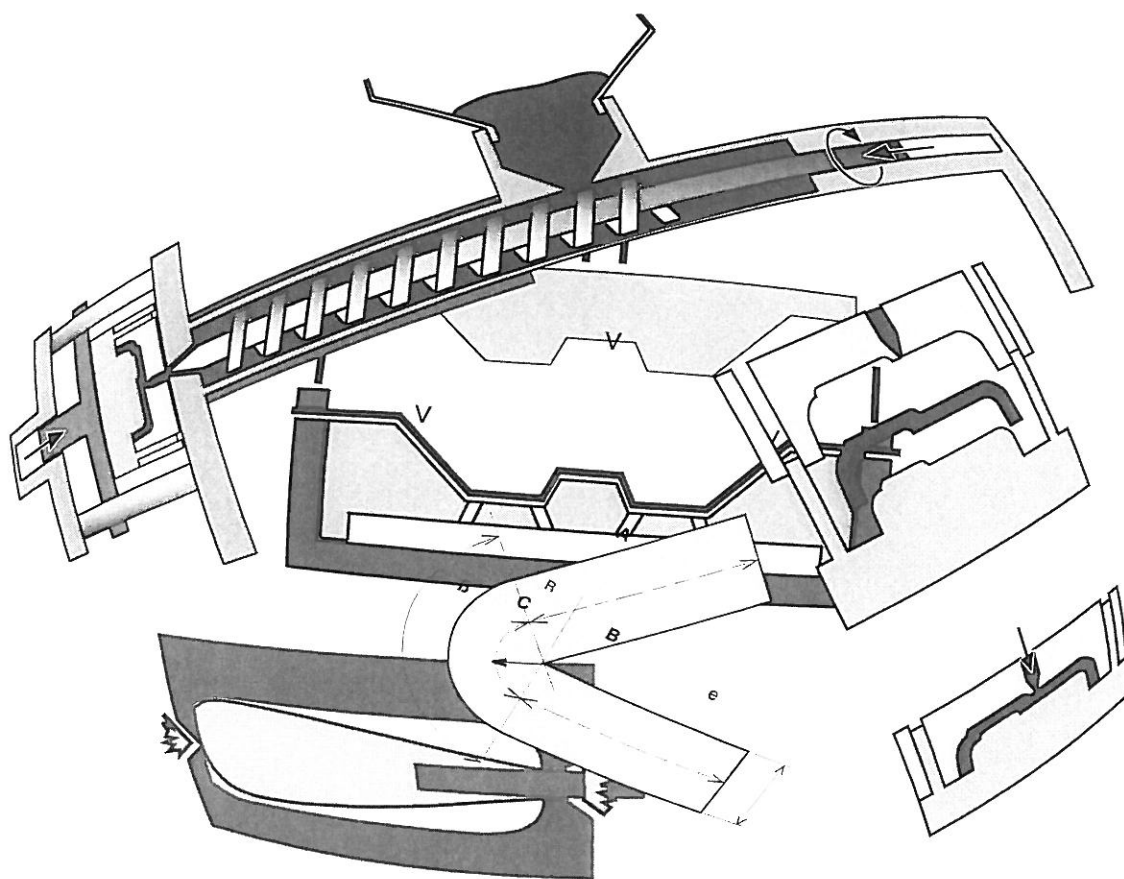


LES MATIERES PLASTIQUES AU COLLEGE

THEORIE ET PRATIQUE

PROJET DE PESE-LETTRES



DOSSIER PROFESSEUR
Exploitable de la 6^e à la 3^e

Jean Luc Mathey
Etienne Bernot

LES MATIERES PLASTIQUES

THÉORIE ET PRATIQUE

Etienne Bernot - Jean Luc Mathey

Sommaire

SOMMAIRE.....	1	MISE EN ŒUVRE DES SEMI-PRODUITS AU COLLEGE	
INTRODUCTION.....	3	GENERALITÉS - TABLETTERIE.....	45
HISTORIQUE.....	5	USINAGE	
CONNAISSANCES GENERALES		- Rappels, notions générales	46 à 51
DÉFINITION	7	- Usinage des thermoplastiques	52 à 55
D'OU VIENNENT LES PLASTIQUES ?.....	8	DEBITS ET DECOUPES	
LES POLYMERES		- Cisaille, massicot	56
- Définition.....	9	- Les scies	56 et 57
- Familles.....	10	- La griffe à plastique - Table de découpe	57 à 60
PLASTOMERES		COLLAGE	61 à 64
- Classement	11	ACCESSOIRES D'ASSEMBLAGE.....	65 à 67
- Thermoplastiques.....	12	PLIAGE	
- Thermodurcissables	13	- Théorie du pliage, fibre neutre	68 à 71
ADDITIFS ET ADJUVANTS	14	- Pratique du pliage	
PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.....	15 à 18	• Généralités	72
RECYCLAGE	19 et 20	• Pliage au fil chaud - Les gabarits	73 à 80
FICHES THERMOPLASTIQUES		• Cintrage au générateur d'air chaud.....	81 et 82
PS - POLYSTYRENE	21	• Pliage à froid.....	83
ABS - ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE.....	22	- Fabriquer une plieuse à fil chaud	85 à 88
PVC - POLYCHLORURE DE VINYLE.....	23	MARQUAGE	
PMMA - POLYMETHACRYLATE DE MÉTHYLE	24	- Peinture.....	89 et 90
PE - POLYETHYLENE ET PP POLYPROPYLENE.....	25 et 26	- Adhésifs et transferts.....	90
CARACTERISTIQUES RESUMEES EN TABLEAU	27	- Sérigraphie	91 à 93
IDENTIFICATION PAR LE FEU.....	29	EXEMPLES DE REALISATIONS SIMPLES	
PROCEDES INDUSTRIELS DE TRANSFORMATION		- Introduction	95
GENERALITÉS	31	- Boîtiers types.....	96 et 97
L'INJECTION.....	32 et 33	- Porte-stylo plié.....	98
L'EXTRUSION	34 et 35	- porte-photos.....	99 et 100
LE CALANDRAGE	36	- Porte-clé	101
LE THERMOFORMAGE.....	37 à 39	- Coquetier usiné.....	102
L'INJECTION - COMPRESSION	40 et 41	- Valisette pliée à froid	103
LE SOUDAGE.....	42 à 44	- Coquetier plié	104
		PROJET "PESE-LETTRE"	
		INTRODUCTION	105
		NOMENCLATURE GENERALE.....	106
		PLANS ET DESSINS.....	107 à 114
		FICHE DE FABRICATION	115 à 119
		ACCOMPAGNANT LE DOSSIER :	
		KIT DU COQUETIER A PLIER	
		KIT DU PESE-LETTRE qui comprend :	
		- Une feuille de polystyrène sérigraphiée et prédécoupée	
		- Un jonc de PVC Ø 3	
		- Un sachet contenant :	
		• une vis CHC 8 x 60	
		• un écrou zingué Ø 8	
		• 10 rondelles Ø 3 x 6	
		• 10 bouchons plastique Ø 3	
		• 5 vis VBA 3 x 13	

Introduction

Inventées à la fin du siècle dernier, les matières plastiques prennent un fantastique essor au 20^e siècle. Aujourd'hui, dans de nombreux domaines, les plastiques supplantent et surpassent en efficacité des matériaux traditionnels comme les bois ou les métaux.

Longtemps méprisés parce que considérés et utilisés comme vulgaires matériaux de substitution (simili cuir, ...), les plastiques acquièrent aujourd'hui leurs "lettres de noblesse" dans des applications où ils sont irremplaçables. Qui choisirait aujourd'hui de skier vêtu de laine, avec des chaussures de cuir et des skis en bois ? Les matériaux de synthèse sont au cœur des technologies modernes ; utilisés dans les hautes technologies, on les retrouve aussi bien dans notre environnement quotidien.

Il est largement admis que la culture générale d'un homme ou d'une femme ne peut plus être cantonnée aux seuls domaines littéraires et scientifiques, mais doit aussi intégrer une culture technique, indispensable à la compréhension du monde moderne. L'enseignement de la technologie au collège se doit de faire connaître aux jeunes ces matières plastiques, tout comme il le fait déjà pour le bois, le métal ou le carton.

De par leur facilité de mise en œuvre avec les outils classiques pour le bois ou le métal, la diversité des moyens de transformation ainsi que leur coût relativement modique, les matières plastiques offrent des possibilités bien supérieures à d'autres matériaux dans le cadre des projets menés en classe.

Cet ouvrage sans prétention s'adresse au professeur non spécialiste qui a besoin de bases pour mettre en œuvre les matières plastiques en classe. Il se veut pratique pour bien préparer les cours, maîtriser la fabrication et répondre aux questions des élèves. Il apporte des connaissances générales sur les plastiques et les modes de transformation, des conseils pour la mise en œuvre et la fabrication d'outils. Il traite plus particulièrement des "thermoplastiques", les seuls plastiques à pouvoir être facilement utilisés en collège. Il présente enfin des plans de petits objets simples à fabriquer plus un dossier technique complet avec un kit pour réaliser un pèse lettre en polystyrène plié et un petit coquetier.

UN PEU D'HISTOIRE

L'invention de la première matière plastique a un peu plus d'un siècle ; elle est née d'un concours qui avait pour objet le remplacement de l'ivoire des boules de billard. C'est en 1869 que J. W. HYATT, imprimeur new-yorkais, déposa un brevet pour l'invention du "celluloïd" (nitrate de cellulose), première matière plastique artificielle*, issue de produits végétaux. La première matière plastique synthétique*, issue de produits minéraux, la "Bakélite" (phénoplast), ne fut inventée qu'une quarantaine d'années plus tard par le Belge Bakeland, en 1909 ; il créa sa marque pour l'exploitation commerciale de son invention.

En fait, on peut dire que ces nouveaux matériaux ont végété une soixantaine d'année, jusqu'à ce que les bases scientifiques en physique et chimie aient suffisamment évolué pour permettre l'exploration sérieuse de toutes les voies possibles de la polymérisation*. En 1927 apparaît le polyméthacrylate de méthyle, inventé par l'Allemand Wulff et commercialisé sous le nom de "Plexiglass". A partir de ce moment de nouvelles matières plastiques apparaissent à un rythme rapide ; elles profitent à tous les domaines technologiques et prennent une place de plus en plus importante dans la vie quotidienne.

La production en volume des plastiques dépasse actuellement en France la production de tous les métaux confondus.

Les plastiques ont longtemps été considérés et utilisés comme des succédanés, vulgaires produits de remplacement à bon marché de matériaux "nobles" : faux ivoire, fausse écaille, faux cuir, ... Il n'y a pourtant pas de mauvais matériau ; mais il peut y avoir de mauvaises utilisations, par inertie ou manque d'imagination. Aujourd'hui le développement de techniques spécifiques, l'exploitation intelligente de multiples qualités des matières plastiques ont donné leurs "lettres de noblesse" à ces matériaux devenus irremplaçables. Un bon exemple est donné par la maroquinerie qui utilise de moins en moins les plastiques comme imitation du cuir, mais crée des modèles qui affichent leur matériau avec goût en exploitant au maximum les possibilités nouvelles de formes, de décor et de montage.

Le développement de matières plastiques adaptées pour chaque utilisation a été accompagnée par la multiplication des procédés de transformation et de mise en œuvre. Ainsi LA PLASTURGIE est devenue un vaste domaine technologique et la liste est très longue des spécialités liées au travail des plastiques, dans tous les domaines d'utilisation. Aujourd'hui on associe des plastiques avec d'autres matériaux dans ce qu'on appelle les composites ; ces nouveaux matériaux suscitent encore de nouvelles applications et ouvrent la voie à de nouvelles technologies.

Le vingt et unième siècle sera, dit-on, le siècle des matériaux de synthèse.

* Artificiel, synthétique : voir page 8 " D'où viennent les plastiques ? "

* Polymérisation : voir page 9 " Qu'est-ce qu'un polymère ? "

DEFINITION

Il est fréquent d'entendre parler de "plastique" comme d'un seul et même matériau. **Les matières plastiques constituent en réalité plusieurs familles de matériaux variés, d'une grande diversité de caractéristiques et aux multiples applications.**

Littéralement une matière est plastique lorsque l'on peut la modeler, lui donner une forme qu'elle conserve. Les "matières plastiques" ne sont littéralement plastiques que dans des conditions particulières et à des températures données. D'un point de vue physique, une matière plastique se déforme lorsqu'on lui applique des contraintes supérieures à une valeur seuil... On voit bien que cette définition qui peut s'appliquer aussi bien à un métal ne peut nous suffire.

LA MEILLEURE DÉFINITION EST DONNÉE D'UN POINT DE VUE CHIMIQUE : matière constituée de macromolécules (molécules géantes), polymères* synthétiques (synthétisés par l'homme) ou artificiels (naturels, modifiés par l'homme).

Autrefois on qualifiait de matière plastique tous les polymères, résines, élastomères et fibres comprises. De nos jours, la tendance est d'exclure les élastomères et les fibres des familles de matières plastiques. Nous l'avons bien constaté en écrivant ces lignes, trouver une définition qui ferait l'unanimité n'est pas chose aisée ; le sujet est un peu controversé. Laissons ces querelles aux spécialistes.

On retiendra enfin pour les élèves que parler de "matière plastique" est très imprécis lorsqu'il s'agit de définir un matériau dans un cadre technique. Dire : "c'est en plastique" apprend peu sur les caractéristiques d'un objet ; autant dire : "c'est en fer" pour qualifier un objet de n'importe quel métal.

Nous verrons plus loin quelles sont les grandes familles de matières plastiques et leurs caractéristiques essentielles.

* Voir page 9 : "Qu'est-ce qu'un polymère ?".

D'OU VIENNENT LES PLASTIQUES ?

Les trois éléments de base que l'on retrouve le plus souvent dans les plastiques sont : - le carbone "C" - l'oxygène "O" - l'hydrogène "H". Les matières plastiques relèvent donc de la chimie du carbone c'est à dire de la chimie organique. Ce sont ces trois éléments qui composent les matières organiques dont sont faits les vivants ; mais il ne faut pas confondre matière vivante organique et chimie organique. Les substances nécessaires à l'élaboration des matières plastiques peuvent provenir des trois règnes de la nature : animal, végétal ou minéral. Aujourd'hui plus de 90% des plastiques proviennent du pétrole, c'est à dire du règne minéral.

Le règne minéral englobe tout ce qui est inerte, que l'on trouve dans le sol. Ainsi le charbon par exemple, qui est une roche organique car constituée à l'origine des restes de végétaux, fait bien partie du règne minéral.

REGNE ANIMAL : à partir de la caséine du lait on fabriquait la galalithe, une des premières matières plastiques (vers 1890), très cassante, aujourd'hui tombée en désuétude. On en a longtemps fabriqué des boutons.

REGNE VEGETAL : la cellulose extraite du bois ou du coton est à la base des produits cellulosiques. De l'huile de ricin, on fabrique un polyamide.

Ces produits sont dits artificiels car ils dérivent de molécules naturelles, polymérisées* par la nature, simplement modifiées par l'homme. Les cellulosiques sont à l'origine du développement des plastiques (1ère matière plastique : le celluloïd en 1870). Ces produits artificiels sont relativement onéreux (coûts et qualités variables des matières premières), aussi sont-ils fortement concurrencés par les plastiques dérivés du pétrole. On se contente actuellement d'exploiter les produits existants, sans développer d'autres produits artificiels.

REGNE MINERAL : la première matière plastique issue du règne minéral fut la "Bakélite (phénoplaste), vers 1910 ; puis plus tard le "Plexiglass" (polyméthacrylate de méthyle), puis le PVC (polychlorure de vinyle) et enfin la plupart des matières plastiques actuelles.

Ces produits sont dits "de synthèse" ou "synthétiques" car leurs molécules sont véritablement "constituées" par l'homme. Les produits de synthèse offrent souvent de meilleures caractéristiques ; de plus les cycles de production sont mieux maîtrisés (produits de base de qualité constante) et plus rapides. La recherche est donc principalement orientée vers le développement des plastiques de synthèse. Actuellement, les plastiques sont en majorité issus de la pétrochimie (à partir de la distillation du pétrole) qui depuis les années 30 a pris la relève de la carbochimie (à partir de la distillation de la houille). Certains pensent que l'on reviendra à la carbochimie, en particulier pour offrir de nouveaux débouchés aux charbons.

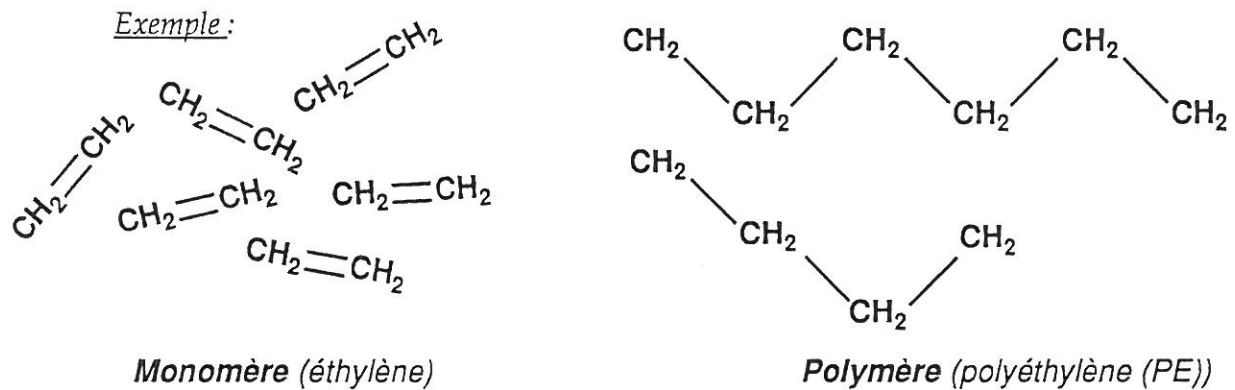
* Voir page 9 : "Qu'est-ce qu'un polymère ?".



Qu'est-ce qu'un POLYMERE ?

La matière est constituée d'atomes qui se lient pour former des molécules. Les matières plastiques sont constituées de macromolécules (molécules géantes). Ces macromolécules sont faites de longues chaînes de molécules liées entre elles en un motif répétitif et constituent ce qu'on appelle un polymère.

La polymérisation est le procédé chimique qui consiste à lier ou "chaîner" des molécules "simples" (monomère) pour obtenir ces macromolécules constituant un polymère.



La polymérisation est obtenue sous l'effet de radiations, de chaleur, de pression ou d'un catalyseur.

* La polymérisation peut se faire à partir d'un seul monomère ; on obtient alors un homopolymère. Exemples : le polystyrène (PS), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène (PE).

* Lorsque la polymérisation est obtenue à partir de plusieurs sortes de monomères, on obtient un copolymère ; la répartition des molécules sur la chaîne se fait de façon aléatoire. Exemples : certains polypropylènes (PP), acrylonitrile butadiène styrène (ABS).

* Toutes sortes de "manipulations" se pratiquent pour obtenir des caractéristiques particulières, par exemple le greffage d'un monomère sur un polymère déjà constitué.

Les propriétés physiques d'un polymère sont étroitement liées à sa structure moléculaire. Ainsi une chaîne plus longue donnera un matériau plus résistant en traction. Certaines chaînes (macromolécules) contiennent plus de 100 000 atomes. Ce sont des polymères (en particulier les polyamides, dont le "Kevlar", le polyéthylène superténace, ...) qui offrent les fibres les plus tenaces connues actuellement et qui permettent la réalisation de matériaux composites* de très grande résistance mécanique.

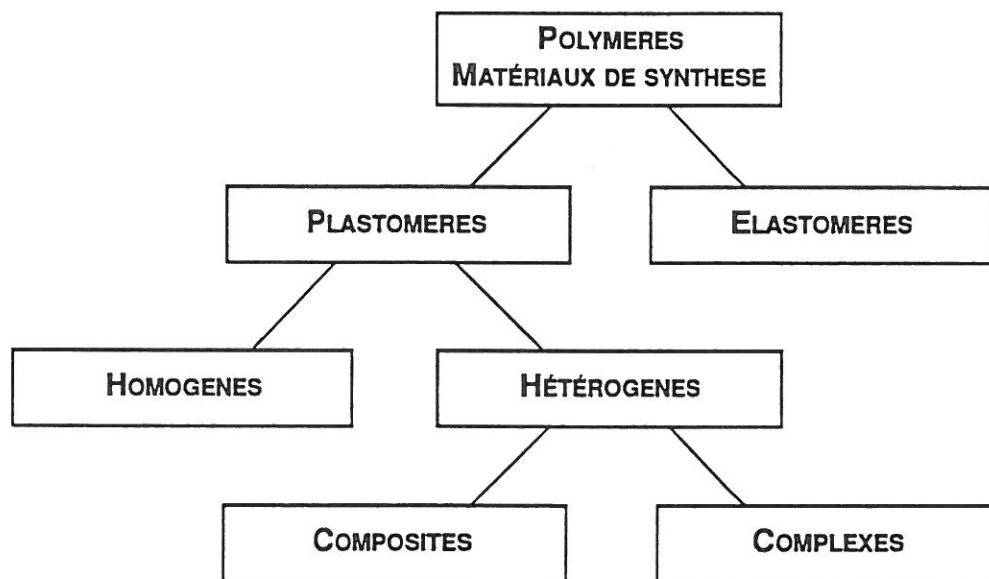
* Voir page 11 : "les plastomères composites".

FAMILLES DE POLYMERES

Il existe un grand choix de matières plastiques adaptées pour chaque utilisation, en fonction des caractéristiques recherchées. Par ailleurs il y a pléthore de marques que l'on confond souvent avec la désignation des produits ; par exemple : "Plexiglass" pour désigner les polyméthacrylates de méthyle (PMM) ; cette confusion accroît encore la difficulté pour le profane.

Il existe en fait relativement peu de familles plastiques, ce qui permet une classification simple.

FILIATION DES POLYMERES :



LES PLASTOMERES* regroupent l'ensemble de ce qu'on appelle les matières plastiques. Ils sont utilisés à l'état homogène ou (de façon) hétérogène, c'est à dire par association de plusieurs plastiques différents ou de plastiques avec d'autres matériaux. Parmi les plastomères on distinguera deux grandes familles : les thermoplastiques et les thermodurcissables dont les résines.

LES ELASTOMERES constituent une famille à part, bien qu'utilisant dans leur préparation les mêmes monomères que les autres matériaux de synthèse. Ils sont différenciés par leur propriété d'élasticité. Leur mise en œuvre nécessite une vulcanisation, c'est à dire la fixation d'un atome de soufre dans la chaîne ; cette transformation est irréversible et les rend infusibles par la suite.

* Voir page suivante : "les plastomères".

CLASSEMENT DES PLASTOMERES

PLASTOMERES HOMOGENES

Les producteurs les livrent prêts à l'emploi sous forme solide (granulés et poudres pour l'injection, profilés, feuilles) ou liquide (résines).

On classe les plastomères en 2 catégories :

- **LES THERMOPLASTIQUES** que l'on peut ramollir ou fondre à la chaleur autant de fois que l'on veut.

Ce sont les plus utilisés ; parmi les objets courants on peut citer les bouteilles (PVC), les emballages alimentaires comme les pots de yaourt (polystyrène), les bidons et bassines (polyéthylène), le verre organique (PMMA "Plexiglass"), ...

- **LES THERMODURCISSABLES** que l'on ne moule qu'une fois et qui ensuite deviennent infusibles. Si on les réchauffe, ils finissent par brûler ou se consumer.

Les thermodurcissables sont plutôt cassants et plus difficiles à mettre en œuvre que les thermoplastiques (on ne peut pas les refondre). On les utilise dans des applications où on exploite leur propriétés de résistance à la chaleur : poignées de casseroles, cendriers, pièces de moteurs comme les têtes d'allumeurs (phénoplaste "Bakélite"), ...

Les résines se présentent à l'utilisateur en deux composants, la résine et le durcisseur (ou catalyseur) qu'il faut mélanger pour obtenir la polymérisation. Il existe plusieurs bases de résines : les polyesters insaturés, les époxydes (Araldite), les acryliques, les phénoliques, les polyuréthanes.

* Les résines font partie du groupe des thermodurcissables.

Voire pages ci-après : *thermoplastiques, thermodurcissables, résines.*

PLASTOMERES HETEROGENES

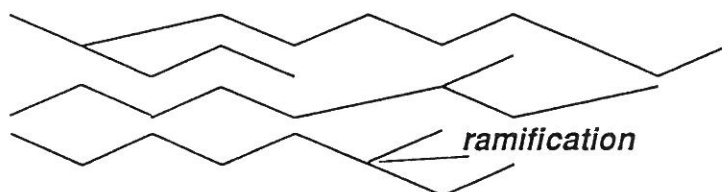
LES PLASTOMERES COMPLEXES sont fait de l'association par couche, de plastiques différents ou de plastiques avec d'autres matériaux comme du papier ou un métal : exemple, une plaque brute de circuit imprimé. On les utilise beaucoup pour les emballages comme les cartons "plastifiés" ou les barquettes alimentaires polystyrène/aluminium.

LES PLASTOMERES COMPOSITES sont des plastiques renforcés de fibres ou des fibres associées par un liant (colle). On les nomme aussi plastiques armés ou renforcés. Exemple : résines armées de fibres de verre ou de carbone. Si le bricoleur connaît bien les résines armées, il faut savoir qu'industriellement on intègre des fibres dans n'importe quel plastique, soit directement dans la matière en fusion, soit dans le moule avant d'injecter le plastique. Cette dernière solution permet de maîtriser parfaitement l'orientation et la disposition des renforts. Ainsi nombre de pièces qui vues de l'extérieur semblent en plastique plein, sont en fait réalisées en composite. Exemples : pare-chocs, tuyaux, casques, stratifiés, pièces de carrosserie, etc...

LES THERMOPLASTIQUES

Comme nous l'avons vu précédemment, les thermoplastiques se distinguent par leur propriété de ramollir jusqu'à fondre lorsqu'on les chauffe et de conserver la forme après refroidissement.

Dans un thermoplastique, les chaînes de molécules sont indépendantes, linéaires, avec éventuellement des ramifications.



La cohésion des atomes au sein d'une chaîne est très forte, en revanche les liaisons entre chaînes sont relativement faibles. Les liaisons entre chaînes sont brisées par la chaleur ; on peut donc remettre en forme plusieurs fois un thermoplastique en le chauffant. Il faut cependant savoir que ces opérations dégradent les chaînes de molécules, les propriétés du matériau sont ainsi altérées par l'effet répété des élévations de température. Les thermoplastiques ne sont donc pas recyclables indéfiniment. En pratique on réutilise industriellement des chutes rebroyées en les mélangeant avec de la matière vierge (jusqu'à 20% de produits rebroyés) pour des fabrications sans spécifications particulières.

PRINCIPALES FAMILLES DE THERMOPLASTIQUES :

- les styréniques : polystyrène (PS) : pots de yaourt, isolation sous forme expansée; acrylonitrile butadiène styrène (ABS) : pare-chocs ; ...
- les vinyliques : polychlorure de vinyle (PVC) : canalisations, gouttières ; ...
- les oléfiniques : polypropylène (PP), polyéthylène (PE) : bassines, malettes ; ...
- les acryliques : polyméthacrylate de méthyle (PMM) (*Pexiglass*) : vitrages, lentilles ;
- + polycarbonates (PC) : vitrages ; polyamides (PA) : pièces mécaniques ; les thermoplastiques artificiels (ou cellulosiques), issus de produits végétaux, ...

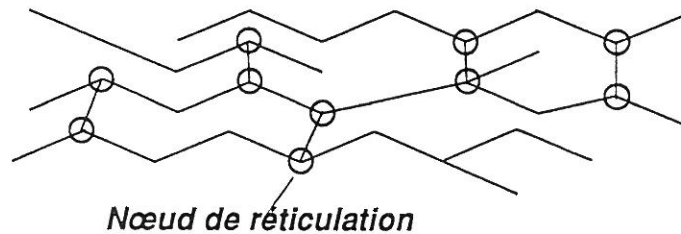
En technologie au collège, nous pouvons facilement exploiter la possibilité de façonnage des thermoplastiques sous l'action de la chaleur. A partir de semi-produits comme des plaques ou des joncs, il est possible de réaliser des objets variés, beaucoup plus facilement, plus proprement et à moindre coût qu'avec de la tôle métallique. Nous verrons plus loin qu'une simple résistance chauffante, facile à fabriquer, permet de réaliser toutes sortes de pliages.

Pratiquement, en technologie au collège, nous privilégierons les thermoplastiques pour les raisons suivantes :

- facilité de mise en œuvre et possibilités étendues de fabrication par découpe, usinage manuel ou machine, formage à chaud, collage ;
- faible coût de revient ;
- facilité à se procurer des plaques, profilés, tubes, barres, etc...

LES THERMODURCISSABLES

Contrairement aux thermoplastiques, les thermodurcissables ne peuvent être mis en forme qu'une fois. Si on les chauffe à nouveau après solidification, on ne fait que figer davantage leur structure ; si on insiste, on finit par les brûler et les désagréger. Les thermodurcissables sont constitués de chaînes liées entre elles chimiquement et non plus indépendantes comme dans un thermoplastique. De ce fait le matériau est infusible. On dit que les chaînes sont réticulées.



Le terme thermodurcissable ne désigne pas la dureté de la matière mais l'irréversibilité des liaisons entre les chaînes de molécules. Ainsi la mousse de polyuréthane utilisée pour faire des matelas est souple et thermodurcissable.

Les élastomères sont comparables dans leur structure aux thermodurcissables ; par analogie, une chaîne réticulée à pontages espacés donnerait un élastomère.

Les thermodurcissables se caractérisent en général par une bonne tenue à la chaleur (jusqu'à près de 300°C pour certains polyesters, plus de 300°C pour les silicones).

Les déchets de production des thermodurcissables ne sont réutilisables que broyés, utilisés comme charge dans un matériau vierge.

PRINCIPALES FAMILLES DE THERMODURCISSABLES :

- **phénoplastes et aminoplastes** : phénoplaste PF (*Bakélite*), aminoplastes UF (urée/formol), MF (mélamine/formol) et MP (mélamine-phénol).

Ils se caractérisent par une bonne tenue en température, de bonnes qualités diélectriques et une grande fragilité au chocs. On en fait des interrupteurs, des poignées de casseroles, des pièces statiques de moteur... Ils sont toujours utilisés en association avec des charges (fibres textiles, amiante, mica, farine de bois, etc...) destinées à améliorer leurs propriétés.

- **polyesters insaturés** : résines (UP). On les utilise non renforcées pour des vernis, des adhésifs, en isolation électrique. On les utilise renforcées de fibres en ameublement, construction navale, pièces de carrosserie plastique...

- **époxydes** : résines (EP) (*Araldite*). On les utilise armées ou non armées : circuits imprimés, cannes à pêche, peintures de sol...

- **silicones** : (SI). Il y a une grande variété de polymères pouvant donner des pâtes à joints, des lubrifiants, des résines, et des élastomères : étanchéité dans le bâtiment, tétines de biberons...

En technologie au collège, les thermodurcissables ne sont pas d'emploi aisé. On peut cependant réaliser des moulages en résine, sachant bien qu'il faut un (des) moule(s), que ces opérations sont délicates et prennent beaucoup de temps pour le "séchage" (la polymérisation). Enfin les résines sont périssables et coûteuses.

ADDITIFS ET ADJUVANTS

Le plus souvent, les polymères ne sont pas utilisés -voire utilisables- tels quels. On leur incorpore donc des additifs ou adjuvants qui vont faciliter leur mise en œuvre (par exemple faciliter le démoulage) ou améliorer certaines propriétés (donner plus de souplesse ou résister mieux au vieillissement).

En fonction de l'usage ultérieur de la matière considérée, les adjuvants employés doivent répondre à certaines exigences : - non toxicité pour un usage alimentaire (il existe une réglementation) - tenue à long terme - compatibilité avec les autres adjuvants utilisés - etc...

PRINCIPAUX TYPES D'ADJUVANTS UTILISES

- LES COLORANTS : la plupart des objets ou pièces de plastique sont colorées. Le plus souvent les colorants sont ajoutés par le producteur "dans la masse", mais il existe aussi des colorants secs ou liquide qui peuvent être mélangés à la matière en fusion au moment de l'injection.

- LES PLASTIFIANTS donnent plus de souplesse au matériau. Ce sont des solvants lourds qui, en s'insérant entre les chaînes moléculaires, leur permettent de pouvoir "glisser" les unes sur les autres. La plupart des plastifiants sont interdits pour un usage alimentaire. Il faut savoir que certains plastiques peuvent être plus ou moins toxiques ; attention donc aux usages intempestifs de n'importe quel récipient...

- LES ANTICHOCS améliorent la résistance aux chocs. On intègre par exemple des micro-billes d'élastomère pour arrêter la propagation des fissures.

- LES CHARGES : toutes sortes de charges sous forme de poudres ou de particules peuvent être incorporées à la matière. Elles ont pour objet de diminuer le coût de revient ou d'améliorer certaines caractéristiques comme la résistance au frottement, la dureté, etc... On utilise de la farine de bois, de la craie, du graphite, des micro-billes de verre, du mica, du métal, etc...

- LES FIBRES de verre, de carbone, sont utilisées pour augmenter la résistance en traction.

- LES ANTI-OXYDANTS ET LES STABILISANTS sont destinés à s'opposer au vieillissement.

- LES ANTI-STATIQUES permettent de limiter l'accumulation de charges électrostatiques à la surface des plastiques ; on évite ainsi des phénomènes comme la fixation des poussières ou la production d'étincelles.

- LES IGNIFUGEANTS diminuent l'inflammabilité.

PROPRIETES GENERALES 1/4 avantages et inconvénients

PROPRIETES PHYSIQUES

MASSE VOLUMIQUE : les densités des plastiques sous forme compacte sont comprises entre 1 et 2. Sous forme expansée ou alvéolaire, on atteint des densités de 0,01 (mousses, polystyrène expansé...).

PROPRIÉTÉS OPTIQUES : bon nombre de plastiques peuvent être transparents ou translucides. Certains ont une transparence supérieure à celle du verre. D'autres, de par leur structure moléculaire, risquent de jaunir vite ; c'est pourquoi on utilise alors des azurants ou colorants bleus pour compenser ce phénomène. C'est ainsi que le PVC transparent a en général une légère coloration bleutée.

DILATATION : les plastiques sont très sensibles sur ce point à la chaleur ; les coefficients de dilatation sont supérieurs de 5 à 10 fois à ceux des métaux en général.

IMPERMÉABILITÉ : en général les plastiques offrent une bonne imperméabilité aux gaz et à l'eau.

PROPRIETES MECANIQUES

AMORTISSEMENT DES CHOCS : de ce point de vue, les mousses et les plastiques renforcés offrent de bonnes caractéristiques.

GLISSEMENT : certains plastiques ont des coefficients de frottement qui concurrencent en ce domaine les meilleurs matériaux.

ELASTICITÉ : la résistance élastique des plastiques se situe entre celles des bois et des caoutchoucs.

RÉSISTANCE EN TRACTION ET COMPRESSION : la résistance en compression est en général meilleure qu'en traction. L'allongement avant rupture peut être important, 150% en valeur moyenne. D'une façon générale, suivant le plastique considéré (du Kevlar (polyamide) au polystyrène), les caractéristiques peuvent varier du tout au tout.

VULNÉRABILITÉ AUX RAYURES : les thermoplastiques sont assez vulnérables aux rayures ; les thermodurcissables le sont moins.

PROPRIETES GENERALES 2/4 avantages et inconvénients

PROPRIETES CHIMIQUES

SENSIBILITÉ AUX AGENTS EXTÉRIEURS : les thermoplastiques offrent en général une bonne résistance aux acides et bases. Les thermodurcissables offrent une bonne résistance aux solvants.

Les plastiques ne rouillent pas, mais l'eau peut les dégrader à la longue.

Les plastiques sont insensibles aux bactéries, champignons et parasites.

TOXICITÉ : tous les plastiques n'ont pas le label alimentaire ; il existe (heureusement) une législation assez contraignante à ce sujet.

Certains plastiques, à cause des solvants, des charges ou des renforts qu'ils contiennent, peuvent provoquer chez des sujets sensibles certains troubles : allergies, inflammations, asthme, etc...

HUMIDITÉ : certains plastiques absorbent naturellement de l'eau. Ainsi lors du pliage à chaud par exemple, des bulles de vapeur peuvent se produire si le plastique n'a pas été stocké dans un local sec. D'une façon générale, le taux d'humidité fait varier les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles des plastiques.

PROPRIETES ELECTRIQUES

ISOLATION : les plastiques sont de bons isolants électriques. Leurs propriétés diélectriques sont exploitées en électronique.

ELECTRICITÉ STATIQUE : le frottement peut produire des accumulations de charges électriques. Les poussières qui se collent aux surfaces nuisent à l'esthétique et peuvent même, dans certains cas, présenter des dangers d'incendie.

MISE EN ŒUVRE

En plus des techniques spécifiques, développées spécialement pour les plastiques, pratiquement toutes les techniques classiques, usinage, moulage, étirage, soudage, etc., sont utilisables.

Les plastiques plus que tout autre matériau offrent d'infinies possibilités de réalisation de formes les plus complexes, de finis de surfaces, de coloration, avec une productivité inégalable. L'injection, par exemple, permet de réaliser en une opération, à des cadences élevées, des pièces complexes très précises et parfaitement finies.

PROPRIETES GENERALES 3/4 avantages et inconvénients

PROPRIETES THERMIQUES

INFLAMMABILITÉ : c'est le plus gros défaut reproché aux plastiques. Certains produits s'enflamment effectivement très vite et dégagent des fumées toxiques ; d'autres ne brûlent que si la flamme est entretenue par une source extérieure et ne dégagent pas de gaz toxiques.

Les plastiques sont classés en 6 catégories en fonction de leur réaction au feu :

- M0 Incombustible
- M1 non inflammable
- M2 difficilement inflammable
- M3 moyennement inflammable
- M4 facilement inflammable
- M5 très facilement inflammable

LA RÉSISTANCE AU FEU est déterminée par le temps pendant lequel un élément continue de jouer son rôle avant de céder sous l'action des flammes. Les matériaux sont classés en trois catégories :

- SF **stable au feu** : seule la tenue mécanique est requise.
- PF **pare flamme** : en plus de la résistance mécanique, l'élément doit être étanche aux flammes et ne pas dégager de gaz inflammables.
- CF **coupe feu** : en plus des critères précédents, la face non exposée au feu ne doit pas s'échauffer à plus de 140°C en moyenne, avec un maximum de 180°C.

RÉSISTANCE THERMIQUE : la chaleur fait perdre aux matières plastiques leurs caractéristiques mécaniques jusqu'à les décomposer ; le froid leur fait perdre la souplesse.

ISOLATION THERMIQUE : ce sont des mousses de matières plastiques qui possèdent les plus bas coefficients de transmission de chaleur.

PROPRIETES GENERALES 4/4 avantages et inconvénients

VIEILLISSEMENT

ENTRETIEN : il n'est le plus souvent pas nécessaire. Il n'y a pas d'entretien des surfaces contrairement aux métaux qui s'oxydent rapidement. De plus, comme les produits peuvent être teintés dans la masse, les couleurs tiennent bien mécaniquement.

DÉGRADATION : les phénomènes de vieillissement des plastiques sont mal expliqués et difficiles à prévoir. Ils se traduisent par une dégradation dans le temps du matériau et une altération de ses caractéristiques : fissuration, fragilisation, gonflement, décomposition.

Les causes du vieillissement sont multiples :

- rupture des chaînes de molécules sous l'action de rayonnements (UV)
- rupture des chaînes de molécules sous l'action de contraintes mécaniques
- rupture des chaînes de molécules sous l'action des cycles de température
- rupture des chaînes de molécules sous l'action d'agents chimiques
- fragilisations dues à l'évaporation du plastifiant
- migration de solvants (dont l'eau)
- fissuration sous l'action de contraintes mécaniques ou thermiques
- oxydation, etc...

* Il semble que les impuretés inévitablement incluses dans la matière, les résidus de polymérisation, jouent un rôle important dans le vieillissement en occasionnant des réactions à l'oxydation, la chaleur, la lumière...

RECYCLAGE DES MATIERES PLASTIQUES (1/2)

PRISE DE CONSCIENCE

Les matières plastiques engendrent 2 types de pollution

- une pollution écologique liée aux déchets - décharges
- une pollution biologique - gaz émis par leur destruction

En 1991, on établit une charte mondiale de l'industrie pour la protection de l'environnement.

Dans l'industrie automobile, le recyclage est depuis peu pris en compte dès la conception du véhicule. (150 kg de matières plastiques dans une voiture) :

- marquage de la nature du polymère sur les pièces dès la construction,
- projets d'unités de démontage des épaves,
- recyclage des matières plastiques pour la fabrication des réservoirs d'essence, protecteur d'aile...,
- partenariat avec les récupérateurs, les recycleurs.

Les **déchets industriels**, issus de la transformation des matières plastiques, sont souvent recyclés sur place ou vendus à des récupérateurs, qui les réutilisent pour de nouvelles applications.

Il faut noter qu'en France, une loi établit la responsabilité du producteur de déchets et lui fait obligation d'en maîtriser la pollution potentielle.

L'ANRED (Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets, créée en 1975), s'est vue confier la coordination des réflexions sur le programme européen du recyclage automobile.

Les **déchets ménagers** ne sont recyclés qu'à 17%, le reste étant incinéré ou acheminé vers des décharges publiques.

Il faut donc réfléchir sur une collecte sélective multimatériaux, pousser les consommateurs à faire un tri dans leurs poubelles. Au niveau gouvernemental, des campagnes de sensibilisation et d'information de la population sont actuellement mises en place.

L'association France Nature Environnement se positionne en tant qu'interface entre le public et l'entreprise.

MODE DE RECYCLAGE DES MATIERES PLASTIQUES

De nombreuses Matières Plastiques peuvent aujourd'hui être recyclées ; la collecte et le tri sélectif sont deux points qu'il faut résoudre pour arriver à une bonne gestion des déchets (actuellement, on pratique le triage densimétrique à l'aide de liquides de densités différentes pour séparer les différents polymères).

RECYCLAGE DES MATIERES PLASTIQUES (2/2)

TROIS MODES DE RECYCLAGE SONT ACTUELLEMENT PRATIQUÉS :

- Incinération

Récupération de l'énergie pour chauffage, production d'électricité...

La valeur calorifique des déchets de Matières Plastiques est équivalente à celle du fioul ou du gaz naturel. Il faut signaler que l'incinération produit des dégagements de chlore d'où la mise en place de système évitant la pollution atmosphérique.

- Récupération physico-mécanique

Broyage des déchets de Matières Plastiques pour l'utilisation en tant que charge dans de la matière vierge.

- Récupération chimique

La dépolymérisation est utilisée en vue d'un retour aux composants de base du polymère. C'est en quelque sorte la réaction inverse de la polymérisation.

La récupération et le retraitement des plastiques usés deviennent un impératif qui commande leur développement.

PERSPECTIVES ET AVENIR DES MATIERES PLASTIQUES

Les recherches actuelles s'orientent vers de nouvelles structures de Matières Plastiques dont :

- les polymères biodégradables.

Ils sont d'origine essentiellement naturelle, leur destruction se fait par micro-organismes, ils sont biocompatibles avec les tissus humains (fil de suture en chirurgie).

Exemples : coton tige (60% amidon de maïs, 40% de polymère de synthèse), couche pour bébé...

- Les matières plastiques photodégradables.

Leur dégradation se fait à la lumière grâce à des défauts présents dans la chaîne moléculaire (en intégrant des photosensibilisateurs).

Les plastiques ne menacent pas les grands équilibres naturels car ils sont inertes. Ils sont, en fait, victimes de leurs qualités au seul stade du déchet.

Fiche thermoplastique

PS - polystyrène

PRÉSENTATION

De la famille des styréniques, masse volumique 1 à 1,1 (0,02 à 0,06 sous forme expansée).
Le polystyrène fut commercialisé en 1935 ; c'est aujourd'hui un des thermoplastiques les plus courants.

On fabrique principalement trois produits :

- Le polystyrène "standard", homopolymère du styrène : PS
- Le polystyrène choc, copolymère greffé styrène-butadiène (caoutchouc) : PSC (ou SB)
- le polystyrène expansé, par introduction sous pression d'un porogène (pentane) : PSE

CARACTERISTIQUES

ATOUTS

stabilité dimensionnelle
coût, un des moins chers
qualité alimentaire
facilité de moulage et formage
facilité de collage (sensibilité aux solvants)
coloration facile (couleurs vives)
bonne brillance

PS

rigidité
transparence "cristal" possible

PSC

bonne tenue aux chocs
découpe au massicot possible

PSE

isolation thermique
légèreté et rigidité

LIMITES

tenue thermique (60 à 70°C)
inflammabilité importante ; fumées noires
électrostatique
sensibilité aux hydrocarbures (solvants)
sensibilité aux rayures

fragilité

rigidité atténuée
opacité

UTILISATIONS TYPE

Emballages alimentaires (pots de yaourt, gobelets...), électroménager (cuves de réfrigérateurs...), stylos, jouets (maquettes...), rasoirs jetables, isolation thermique (PSE), calages anti-chocs en emballages (PSE).

SEMI-PRODUITS DISPONIBLES COURAMMENT

- Plaques transparentes PS "cristal" - plaques diffusantes PS(pour enseignes lumineuses blanc laiteux) - plaques PS et PSC blanches avec un côté brillant et un côté mat, jusqu'à 6 mm d'épaisseur - on trouve aussi, mais difficilement en petites quantités, des plaques PS de couleur
- PSE en rouleau (faibles épaisseurs) ou en plaques (épaisseurs 10 mm et plus).

INTERET EN UTILISATION AU COLLEGE

Le polystyrène est un des produits les plus intéressants pour des réalisations en classe.

Le polystyrène est le thermoplastique le moins coûteux (feuille PSC 2mm : environ 60 FHT/m²)

Le PSC présente l'énorme avantage de se couper à la cisaille ou au massicot (facilement 3 mm avec une cisaille pour carton).

Le PS se sérigraphie facilement, les peintures en bombe accrochent relativement bien, de même que les encres "permanentes" des feutres.

Le PS blanc est très lumineux et présente un très bel aspect sur sa face brillante.

PS et PSC se plient très facilement à chaud et s'usinent bien.

Fiche thermoplastique ABS - acrylonitrile butadiène styrène -

PRÉSENTATION

De la famille des styréniques, masse volumique 1 à 1,1. L'acrylonitrile butadiène styrène fut commercialisé en 1946. Les ABS, de part leur constitution constituent un groupe à part dans la famille des styréniques. Leurs propriétés sont fonction des teneurs respectives des 3 éléments les constituant ; de ce fait on pourrait les comparer à des alliages :

- le styrène donne la rigidité, la brillance, la facilité de mise en œuvre,
- l'acrylonitrile améliore la résistance aux produits chimiques et graisses, la tenue à chaud et la résistance mécanique,
- le butadiène apporte la résistance aux chocs et la solidité à basse température.

CARACTERISTIQUES

ATOUTS

stabilité dimensionnelle (faible absorption d'eau)
résistance aux chocs et à l'abrasion
résistance aux rayures
surface dure et brillante
soudabilité
facilité de marquage
qualité alimentaire
facilité de moulage et formage
résistance à chaud (90 -110°C)
résistance aux bases, acides dilués, huiles
rigidité

LIMITES

opacité
sensibilité aux solvants (cétones, esters...)
inflammabilité
très électrostatique
sensibilité aux ultra violets
mauvaise tenue à l'extérieur

UTILISATIONS TYPE

Coques d'appareils électroménagers, cassettes audio et vidéo opaques, minitels, téléphones, planches à voile, casques de moto (en régression), tableaux de bord de voitures, calandres de voitures (en régression, remplacé par des polypropylènes), jouets de construction (Lego), dessus de skis (décor)...

SEMI-PRODUITS DISPONIBLES COURAMMENT

Il existe des joncs, barres, tubes et feuilles mais ces produits ne sont pas disponibles couramment chez les revendeurs de semi-produits plastiques. Les ABS sont principalement réservés pour des applications industrielles.

INTERET EN UTILISATION AU COLLEGE

On utilisera rarement l'ABS au collège ; il est difficile de trouver des semi-produits (plaques, barres...). Cependant certains coffrets, réalisés à destination de montage électroniques, sont en ABS.

Fiche thermoplastique PVC - polychlorure de vinyle -

PRÉSENTATION

De la famille des vinyliques ; homopolymère du chlorure de vinyle ; masse volumique 1,3 à 1,7. Le PVC est un plastique de grande diffusion que l'on trouve sous des formes variées. On doit distinguer deux types :

- le PVC rigide (0 à 5% de plastifiant)
- le PVC souple (emploi de plastifiant jusqu'à 40%)

* on produit aussi du PVC cellulaire (sous forme allégée ou "semi expansée").

Le brevet d'invention du chlorure de vinyle fut déposé en 1914 par l'allemand Klate ; mais il a fallu attendre 1931 pour qu'apparaisse la première fabrication industrielle. En effet la poudre de PVC n'est pas utilisable sans certains adjuvants qu'il fallait mettre au point :

- stabilisant pour absorber l'acide chlorhydrique qui se dégage lors d'une chauffe
- lubrifiant pour empêcher le PVC de coller aux parois chaudes métalliques (des moules)
- plastifiant pour donner plus ou moins de souplesse.

CARACTERISTIQUES

ATOUTS

PVC rigides

résistance à l'abrasion
rigidité
s'enflamme difficilement ; s'éteint seul
résistance chimique aux acides, bases, huiles, graisses, alcools...
alimentaire
transparence possible
absorption d'eau presque nulle
facilité de mise en œuvre ; formage, usinage

PVC souples

souplesse
utilisable à basse température
moindre sensibilité aux solvants
découpe à la cisaille ou massicot

LIMITES

fragilité aux chocs et au froid
densité relativement élevée
dégagement de gaz toxique à la combustion
brunissement aux UV
tenue à chaud limitée (70°C)
sensibilité à certains solvants organiques (cétoniques, chlorés...)

inflammabilité supérieure à celle du PVC rigide
non alimentaire (à cause du plastifiant)
moins bonne tenue chimique aux acides, bases...
collage difficile

UTILISATIONS TYPE

- PVC rigide : tuyaux de plomberie, bouteilles alimentaires (huile, eau...), emballages alimentaires (biscuits, confiserie...), cartes de crédit, gouttières, volets roulants...
- PVC souple : dalles de revêtement de sol, tissus enduits (maroquinerie, sièges auto...), couvertures de classeurs, trousse, objets gonflables, gainage de fils électriques...
- PVC expansée : isolation, panneaux signalétiques, publicité...

SEMI-PRODUITS DISPONIBLES COURAMMENT

Plaques, feuilles, joncs, barres, tubes et profilés opaques ou transparents. Le PVC opaque se trouve souvent en deux coloris : ivoire ou gris ; il est plus difficile de trouver d'autres couleurs. Seul le PVC expansé est disponible couramment en différents coloris. Le PVC expansé se trouve en plaques de 3 à 12 mm d'épaisseur, assez rigides même en 3 mm, pouvant se couper au cutter (pas très facilement), mais ne donnant pas facilement un beau pliage à chaud. Les barres de PVC se prêtent bien au tournage.

INTERET EN UTILISATION AU COLLEGE

Le PVC est un plastique très pratique pour la réalisation d'objets en classe.

On trouve beaucoup de tubes et barres de différents diamètres, permettant de réaliser différentes pièces et de les combiner pour faire des assemblages.

Le PVC se plie bien à chaud et s'usine bien ; c'est un plastique relativement peu cher.

Les limites sont : la difficulté de trouver un vrai blanc ou des couleurs en PVC rigide non expansé, la mauvaise tenue des peintures classiques, un collage pas toujours facile (même avec les colles spéciales).

Fiche thermoplastique PMMA - polyméthacrylate de méthyle -

PRÉSENTATION

De la famille des acryliques, masse volumique 1,18. Le polyméthacrylate de méthyle fut commercialisé en 1927 sous le nom de "Plexiglass". Ce thermoplastique est connu pour sa transparence supérieure à celle du verre ordinaire.

On le polymérise de deux façons :

- en suspension : le polymère se présente alors sous forme de perles que l'on utilise telles quelles ou que l'on extrude en joncs débités ensuite en granulés,
- entre deux plaques : c'est un cas unique où l'on obtient un produit thermoplastique fini directement par polymérisation ; les plaques ainsi "coulées" présentent une homogénéité et une transparence exceptionnelles. On réalise aussi des barres "coulées" qui sont ensuite polies.

CARACTERISTIQUES

ATOUTS

transparence exceptionnelle
remarquable tenue au vieillissement
surface dure, lisse, brillante
bonne tenue aux U.V.
faible absorption de l'eau
usinage facile
se polit bien
pliage facile
collage facile
marquage facile
coloration facile

LIMITES

cassant, fragile
se raye facilement
se fissure sous contrainte
ne se découpe qu'à la scie ou à la griffe
résistance chimique très moyenne
brûle lentement, fumées faibles
tenue thermique : 80°C
électrostatique
coût élevé (surtout les plaques ou barres coulées)

UTILISATIONS TYPE

Vitrage, hublots et cockpits d'avions, inclusion d'objets, feux de voiture, enseignes, lentilles pour appareils de photo, cristallins artificiels, agencement de magasins, publicité (PLV)...

SEMI-PRODUITS DISPONIBLES COURAMMENT

- Plaques transparentes ou teintées, coulées ou extrudées.
- Barres coulées et polies (grande qualité, coûteuses).
- Joncs, barres et tubes extrudés, transparents ou colorés.
- Plaques "structurées" (à motifs en relief).

INTERET EN UTILISATION AU COLLEGE

Le polyméthacrylate de méthyle permet de réaliser de beaux objets mais est un des thermoplastiques les plus coûteux (400 F/m² pour une plaque coulée incolore d'épaisseur 3mm).

En dépit du handicap économique, le PMMA reste un matériau très intéressant pour des fabrications au collège :

- très bel aspect,
- grande variété de plaques, tubes et profilés,
- grand choix de couleur standards (le plus grand choix),
- mise en œuvre, usinage et pliage faciles.

Fiche thermoplastique PE - polyéthylène et PP - polypropylène (1/2)

PRÉSENTATION

De la famille des polyoléfines. Le polyéthylène (PE) fut commercialisé en 1937 par des chimistes anglais. Le polypropylène (PP) fut commercialisé en 1957 par des Italiens.

On distinguera ici les types suivant :

- **PE basse densité** : la polymérisation de l'éthylène est obtenue sous haute pression (+ de 1000 bars) ; sa structure est très ramifiée. Masse volumique suivant type, environ 0,92.

- **PE haute densité** : la polymérisation de l'éthylène est obtenue sous des pressions relativement faibles (- de 50 bars), avec utilisation de catalyseurs ; sa structure est 10 fois moins ramifiée. Masse volumique 0,95.

- **PP** : le procédé de polymérisation est semblable à celui utilisé pour le PEhd. Masse volumique 0,905 ; le PP est le plus léger des thermoplastiques courants.

Ces plastiques présentent un toucher "cireux", donnent l'impression d'être un peu gras. Ils se rayent à l'ongle (sauf le PP, c'est un bon moyen de le distinguer). Leur aspect sans coloration est blanc laiteux ; ils ne peuvent être transparents qu'en films minces. Enfin PE et PP sont assez souples (voir mous) à température ambiante.

CARACTERISTIQUES

ATOUTS

PE et PP (caractéristiques communes)

qualité alimentaire
grande inertie chimique
bonne résistance aux chocs
souplesse
bonnes propriétés d'isolation électrique
découpe à la cisaille

PEbd

tenu aux chocs (presque incassable)
très souple

PEhd

caractéristiques améliorées / PEbd
meilleure rigidité que PEbd
anti-adhérent
tenue en température (110°C)

PP

meilleure rigidité que le PE
faible densité
résistance exceptionnelle en fatigue à la flexion
(réalisation de charnières intégrées à l'objet)
tenue en température élevée (110°C)
aspect brillant possible, rayure difficile
haute résistance aux tâches
bonne transparence

LIMITES

mauvaise tenue aux U.V.
collage presque impossible
marquage difficile (traitement préalable nécessaire)
usinage et perçage laissant d'énormes bavures
combustible ; "gouttent" en brûlant

le plus difficile pour le marquage et le collage
attaqué par les rongeurs
se fissure sous contrainte

se fissure sous contrainte

formage difficile
fragilité à basse température

Fiche thermoplastique PE - polyéthylène et PP - polypropylène (2/2)

UTILISATIONS TYPES

PEbd

- Produits pour l'emballage, sacs et sachets ; films étirables à froid, films rétractables à la chaleur. Complexes alimentaires avec plastique sur papier ou aluminium.
- Films pour les serres agricoles, sacs poubelles, sacs de grande contenance pour engrais, farine, sucre,...
- Tubes de cosmétiques, capsules de bouchage.
- Jouets souples.
- Tuyaux, isolant des câbles de téléphone...

PEhd

- Films minces, sacs de super marchés.
- Corps creux de grande taille, cuves de fosses septiques, fûts.
- Récipients, bouteilles de lait, flacons de détergents et de lessives, bidons d'huile de moteurs, jerrycans.
- palettes de manutention,
- coques de canots, semelles de skis.

PP

- Produits d'emballage, films d'aspect (biscottes, biscuits, chips, confection)
- Récipients alimentaires tenant à la chaleur.
- Films de pelliculage (couvertures de livres)
- Ficelles et cordes, feuillards de cerclage, bandelettes tissées pour moquettes et très gros sacs.
- Pièces industrielles, pare-chocs, batteries, électroménager, cuves de lave-vaisselle.
- Mobilier de jardin, sceaux.
- Tuyaux.
- Boîtes à charnière intégrée, étuis à lunettes, différents coffrets pour stylos ou bijoux.
- Stylos feutre, cartouches d'encre.
- Seringues jetables.

SEMI-PRODUITS DISPONIBLES

- Films et bâches.
- Plaques extrudées grises, noires ou "naturelles".
- Tubes et joncs extrudés gris, noirs ou "naturels".

INTERET EN UTILISATION AU COLLEGE

Les PE et PP ne se prêtent pas bien à une utilisation type tabletterie (à partir de plaques) au collège. Leurs principaux défauts sont la quasi-impossibilité de les coller, de faire tenir un marquage, ainsi que leur mauvais comportement lors de l'usinage.

Les PE et PP ne se prêteront qu'à des fabrications très particulières ; par exemple pour réaliser des charnières, ou pour des pliages à froid.

CARACTERISTIQUES RESUMÉES DES PRINCIPAUX THERMOPLASTIQUES

FAMILLES	DÉSIGNATION ABRÉVIATION	MARCHÉS OU FABRICANTS	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	MISE EN ŒUVRE			TEMPÉRATURE DE DÉFORMATION	SEMI-PRODUITS COURAMMENT DISPONIBLES (au détail)
				COLLAGE	RIGIDITÉ	CISAILLE		
STYRÉNIQUES	POLYSTYRENE PS	NOVODUR POLYSTYROL STYROPOR	PEU CHER ; CASSANT ; RAYABLE ; ALIMENTAIRE ; TRANSPARENT	++	+	NON	++	PLAQUES TRANSPARENTES OU BLANCHES
	POLYSTYRENE CHOC PSC			++	+-	OUI	++	
	ACRYLONITRILE BUTA- DIENE STYRENE ABS			++	+	/	++	
VINYLIQUES	PVC RIGIDE	LUCOVYL VINOFLEX VINIDUR MARVYLAN	ASSEZ RIGIDE ; CASSANT ; ALIMENTAIRE ; TRANSPARENT ; SOUPLE ; NON ALIMENTAIRE ; RÉSISTE AUX CHOCES ; TRANSPARENT	++	++	NON	++	PLAQUES, PROFILÉS VARIÉS, JONCS ; TRANSPARENT BLEUÛTE, GRIS OU "IVOIRE", PARFOIS DU NOIR, DU BLANC OU DU ROUGE
	PVC SOUPLE			+	+	OUI	++	
	PVC EXPANSÉ			++	+	NON	+	
ACRYLIQUES	POLYMÉTHACRYLATE DE MÉTHYLE PMMA	ALTUGLASS PLEXIGLASS ALTULITE	TRANSPARENT EXCEPTIONNELLE ; DURETÉ ; BRILLANCE ; COUTEUX	++	++	NON	++	PLAQUES ET PROFILÉS COULÉS OU EXTRUDÉS ; GRAND CHOIX DE COULEURS ; TRANSPARENT, TRANSPARENT DE COULEUR ; FLUO
POLYOLÉFINES	POLYÉTHYLENE PE POLYPROPYLENE PP	LACTÈNE NOVOLENE APPRYL	GRANDE SOUPLESSE ; ALIMENTAIRE ; RÉSISTANCE CHIMIQUE ; SE COLLENT ET S'IMPRIMENT DIFFICILEMENT ; OPAQUES (SAUF EN FILMS MINCES)	--	-	OUI	++	PLAQUES ET JONCS ; COULEURS NOIR, GRIS OU "NATUREL" (BLANC LAITEUX)
	POLYCARBONATES PC	MAKROLON LEXAN	TRANSPARENTS ; INCASSABLES ; ALIMENTAIRES	++	++	NON	+	PLAQUES TRANSPARENTES POUR VITRAGES INCASSABLES
PLASTIQUES "TECHNIQUES"	POLYAMIDES PA	RIPLAN TECHNYL KEVLAR	TENUE AUX CHOCES ; RÉSISTANCE MÉCANIQUE ; ALIMENTAIRES	+	++	OUI	+++	PLAQUES ET JONCS

IDENTIFICATION PAR LE FEU

L'identification d'un plastique n'est pas toujours facile.
En détruisant un échantillon par le feu, il est possible de reconnaître les plastiques courants.

PRODUIT	INFLAM- MABILITE	FUMÉE	FORMA- TION DE GOUTTES	ODEUR EN BRULANT	BRUIT EN BRULANT	DIVERS
POLYSTYRENE (PS)				GAZ FLEUR DE SOUCI		BULLENT EN BRU- LANT - FUMERONS NOIRS
ACRYLONITRILE BUTA- DIENE STYRENE (ABS)				GAZ FLEUR DE SOUCI		FUMERONS NOIRS
PVC SOUPLES				ACIDE PIQUANTE		RESIDUS CHARBONNEUX
POLYCHLORURE DE VINYLE				ACIDE PIQUANTE		RESIDUS CHARBONNEUX
PVC RIGIDES				ACIDE PIQUANTE		RESIDUS CHARBONNEUX
POLYOLEFINES (PE, PP)				BOUGIE		
POLYMETACRYLATE (PMMA)				POMME	CREPITENT	
POLYAMIDES				CELERI POILS BRULES		CARAMELISENT ET FILENT
CELLULOSIQUES				VINAIGRE	CREPITENT	
PHENOPLASTES				PHENOL CRESYL		CARBONISENT SANS FLAMME
POLYESTSTERS				GAZ FLEUR DE SOUCI		

	peu inflammables		fumée blanche		peu de gouttes
	moyennement inflammables		moyenne fumée noire		gouttes enflammées
	très inflammables		épaisse fumée noire		gouttes filantes
	flamme à extrémité bleue				
	flamme à base bleue				

d'après CNPP N-543-18

CASES BARRÉES :
le produit s'éteint seul

CASES BARRÉS EN POINTILLÉS:
certaines qualité
s'éteignent seules

LES PROCÉDES INDUSTRIELS DE TRANSFORMATION

GÉNÉRALITÉS

Il existe actuellement une quinzaine de procédés courants de transformation des matières plastiques :

- injection : injection de matière dans un moule fermé
- extrusion : passage forcé de la matière au travers d'une filière - fils, profilés -
- soufflage : remplissage d'un moule par une bulle de matière soufflée - bouteilles -
- rotomoulage : remplissage du moule par centrifugation - cuves, ballons -
- calandrage : laminage de la matière entre des cylindres - feuilles ou films -
- compression : remplissage du moule ouvert, puis compression de la matière par fermeture du moule - cendriers -
- thermoformage : déformation d'une plaque sur une empreinte, par aspiration) - pot de yaourt -
- expansion - moussage : introduction de gaz dans la matière qui s'expand dans un moule - emballage en polystyrène expansé, mousses d'isolation -
- soudage
- stratification : - matériaux multicouches -
- enduction : - toile cirée -
- trempage d'une pièce chauffée dans une poudre de plastique - poignées d'outils -
- estampage - emboutissage...

Cette liste n'est pas exhaustive, il y a des variantes pour chaque technique et les industriels développent constamment de nouveaux procédés. On dispose actuellement d'un éventail de techniques de transformation des matières plastiques bien supérieur à celui des métaux.

On choisit un procédé en fonction :

- de la matière (thermoplastique ou thermodurcissable)
- des formes de la pièce à réaliser
- du nombre de pièces à fabriquer (coût de l'outillage à rentabiliser)
- des cadences de production
- ...

Les pages qui suivent décrivent avec plus de détails les procédés les plus couramment utilisés industriellement :

- L'INJECTION
- L'EXTRUSION et l'extrusion-soufflage
- LE CALANDRAGE
- LE THERMOFORMAGE
- L'INJECTION ET LA COMPRESSION des thermodurcissables.
- LE SOUDAGE

Procédés industriels de transformation L'INJECTION (1/2)

PRINCIPE GÉNÉRAL

L'injection permet de fabriquer un objet fini, en une seule opération.

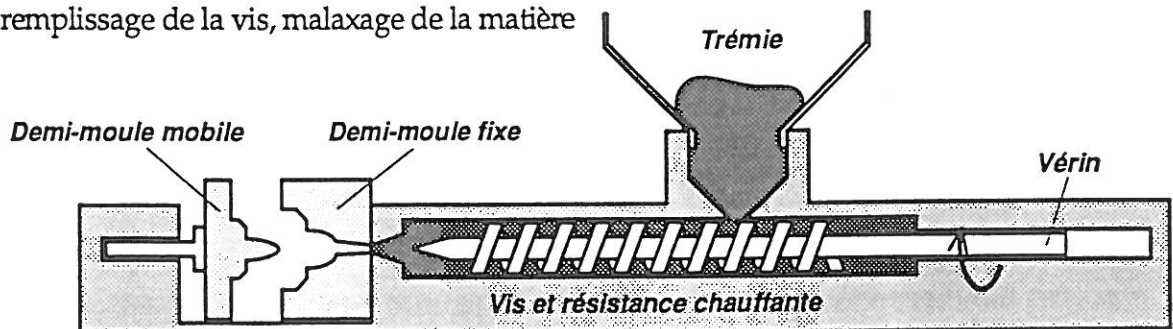
On utilise des thermoplastiques en granulés.

La matière malaxée et chauffée se fluidifie puis est injectée sous pression par un piston dans un moule qui est l'empreinte en creux de l'objet à réaliser.

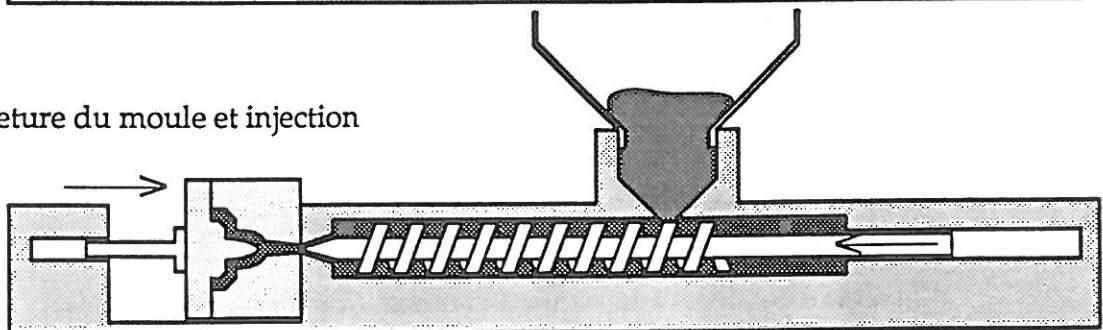
Après refroidissement, le moule est ouvert et la pièce éjectée.

CYCLE :

1 - remplissage de la vis, malaxage de la matière



2 - fermeture du moule et injection



3 - refroidissement, ouverture du moule et éjection de la pièce
Retrait de la vis et nouveau malaxage.

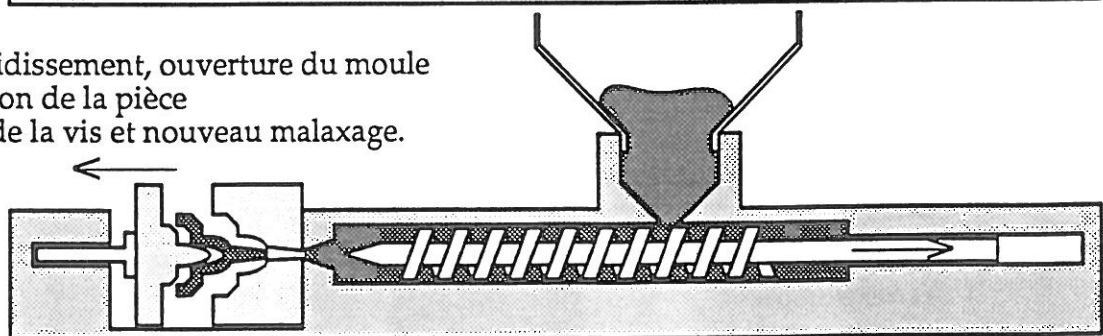


fig. 1

LA MACHINE

La presse d'injection comporte :

- une trémie dans laquelle on approvisionne la matière sous forme de granulés (on peut ajouter du colorant),
- une vis - piston qui tourne pour malaxer le plastique et l'acheminer vers l'avant puis se translate pour injecter la matière en fusion,
- un système de chauffage régulé,
- un système de fermeture du moule (presse).

Procédés industriels de transformation L'INJECTION (2/2)

La principale caractéristique d'une presse d'injection est la force de fermeture du moule qui doit s'opposer aux forces générées par la pression d'injection.

La pression d'injection peut atteindre 2000 bars. La force de fermeture des plus grosses presses peut atteindre 10 000 tonnes.

Plus la pièce à fabriquer est complexe et fine, plus il faudra de pression pour forcer la matière dans toutes les parties du moule; de même plus la surface totale de la pièce est importante, plus il faudra de pression pour injecter la matière.

LE MOULE

C'est une pièce métallique extrêmement complexe et coûteuse. Suivant le nombre de pièces à fabriquer, et les cadences prévues, on le fabrique dans un métal plus ou moins résistant (aluminium jusqu'à acier très dur avec traitement spécial).

Un moule comprend :

- Un circuit d'eau pour réguler sa température,
- deux ou plusieurs parties coulissantes permettant son ouverture afin d'éjecter la pièce fabriquée,
- un système d'éjection de la pièce,
- Un ou des canaux de remplissage (carottes),
- des événements très fins (quelques microns) qui laissent échapper l'air mais retiennent le plastique lors de l'injection,
- quelquefois plusieurs empreintes pour injecter plusieurs pièces à la fois.
- L'état de surface de la pièce dépend de l'état des surfaces intérieures du moule (poli, sablé ou brut d'usinage).
- Un moule d'injection est toujours une pièce unique et très coûteuse (de plusieurs dizaines de milliers de francs, jusqu'à plus d'un million de francs).

** Nota : pour permettre le démoulage des pièces, les parties creuses du moule doivent être légèrement évasées (environ 3°). Cet "évasement" est appelé dépouille.*

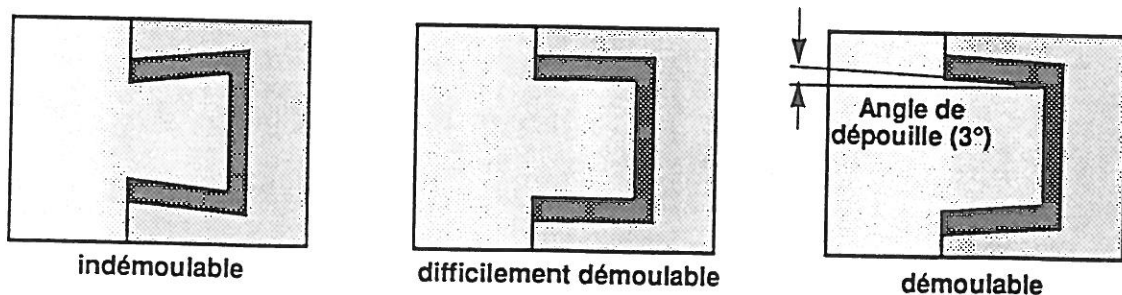


fig. 2

DOMAINE D'UTILISATION

Le coût d'un outillage (moule) d'injection est élevé ; par contre, la production d'une pièce a un coût très faible. En effet, la pièce sort finie de son moule, il n'y a aucune reprise d'usinage à effectuer ni de fini de surface et les cadences sont élevées d'où économie d'échelle.

Pour ces raisons, on utilise cette technique uniquement pour des séries relativement importantes (au minimum 5 000 à 10 000 pièces, jusqu'à plusieurs millions de pièces avec un même moule).

L'injection permet d'obtenir des pièces extrêmement précises (exemple : pièces de montre).

Procédés industriels de transformation L'EXTRUSION (1/2)

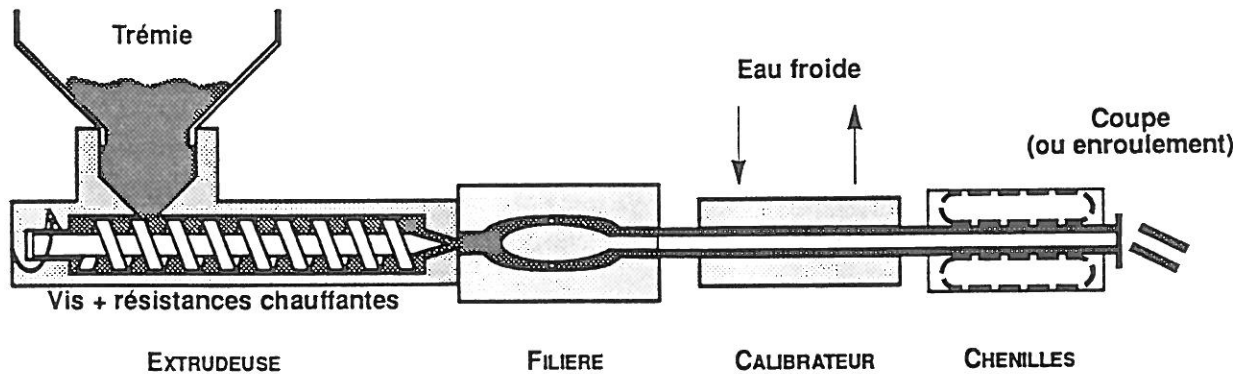
PRINCIPE GÉNÉRAL

L'extrusion est un procédé qui permet d'obtenir une fabrication en continu de toutes sortes de profilés, tels que tubes, barres, fils et, même, feuilles ou films.

On utilise des thermoplastiques en granulés.

La matière est malaxée et ramollie par une vis tournant dans un fourreau chauffant. La rotation de la vis pousse en continu la matière à travers un orifice de sortie appelé filière.

De la forme de la filière, dépend la forme du profil obtenu.



Exemple de l'extrusion d'un tube

fig. 3

LA MACHINE

La machine d'extrusion s'appelle une **extrudeuse**.

Elle comprend :

- une **trémie** dans laquelle on alimente la machine en granulés de thermoplastique,
- une **vis** qui tourne dans un fourreau chauffant. Ce système permet à la fois le malaxage, le ramollissement, l'homogénéisation et la poussée de la matière vers la filière,
- une **filière** par laquelle la matière est forcée et dont la forme détermine la section du profil extrudé,
- un **calibrateur** qui maintient le profilé en forme durant son refroidissement,
- un **système de convoyage** (tapis roulant ou batterie de rouleaux) en sortie de calibrateur tire le profilé et permet son avance en continu.

* Le profil obtenu (barre, cornière, tube, fil ou feuille) est enroulé au fur et à mesure ou sectionné en unités de longueur.

DOMAINES D'UTILISATION

L'extrusion permet de fabriquer à peu près tous les profils imaginables.

On utilise une variante de cette technique pour l'enrobage des fils électriques.

On reconnaît facilement un profil extrudé par les traces continues et parallèles dues à son passage dans la filière et le calibrateur.

L'épaisseur des plaques extrudées n'est pas parfaitement constante ; le fini de surface, bien que très propre, n'est pas parfait.

Procédés industriels de transformation L'EXTRUSION (2/2)

L'EXTRUSION SOUFFLAGE

Cette technique dérivée de l'extrusion, permet la fabrication à cadences rapides de corps creux, par exemple les bouteilles d'eau minérale en PVC. La filière produit un tube (paraison) lequel est mis en place dans un moule creux, puis gonflé ou "soufflé" pour venir se plaquer aux parois du moule.

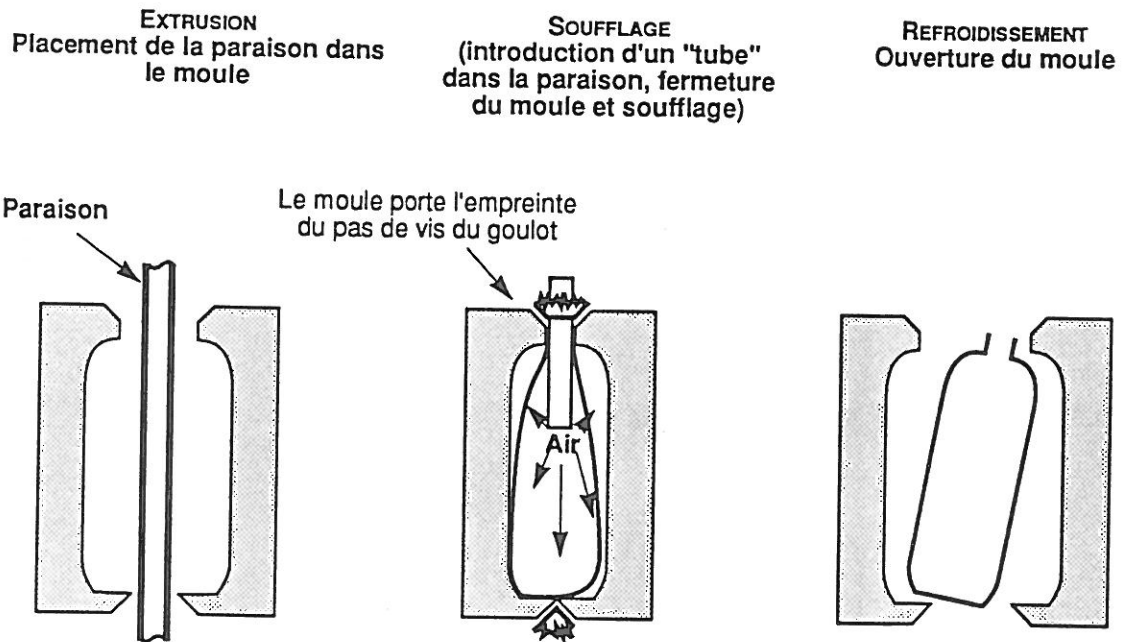


fig. 4

Procédés industriels de transformation LE CALANDRAGE

PRINCIPE GÉNÉRAL

Le calandrage est une technique qui permet de fabriquer des feuilles ou films plastiques d'épaisseur moyenne par laminage entre plusieurs cylindres.

On utilise au départ des thermoplastique en granulés.

La matière est préalablement chauffée et malaxée puis acheminée en continu vers les premiers cylindres de la calandre. Une succession de cylindres chauffants lamine la matière jusqu'à lui donner l'épaisseur souhaitée.

La feuille de plastique passe ensuite entre des cylindres de refroidissement à la sortie desquels elle est enroulée ou coupée en plaques de longueur voulue.

On utilise aussi le calandrage pour associer un film plastique à un tissu par exemple.

Chaîne de calandrage

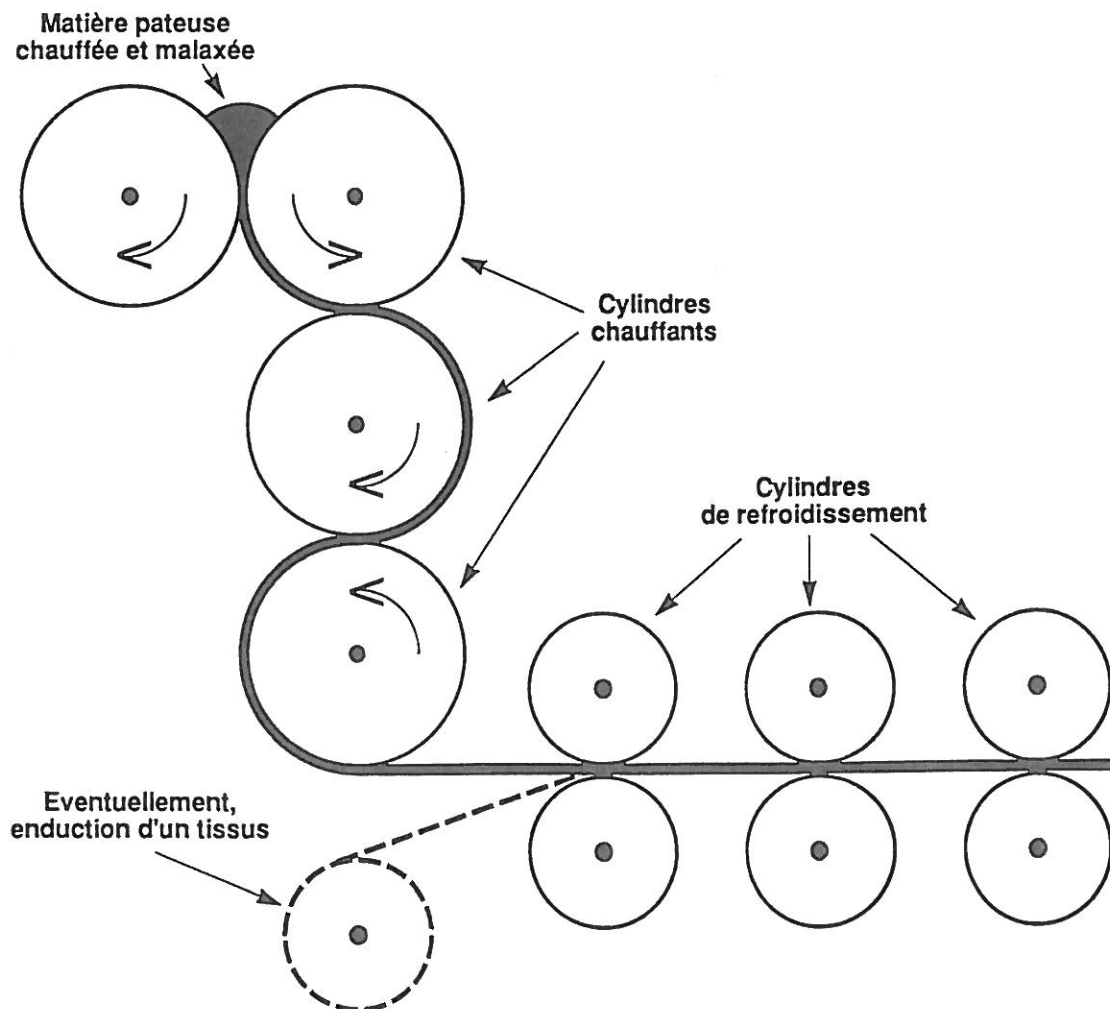


fig. 5

DOMAINE D'UTILISATION

Le calandrage permet la fabrication de feuilles d'épaisseur de 0,5 mm à quelques millimètres. Actuellement le calandrage cède la place à l'extrusion en particulier pour les polyéthylènes et polypropylènes mais reste encore la technique de base pour la fabrication des revêtements de sol en PVC ainsi que l'enduction ou le doublage sur support textile ou papier (classeurs, maroquinerie, vêtements imperméables).

Procédés industriels de transformation

LE THERMOFORMAGE (1/3)

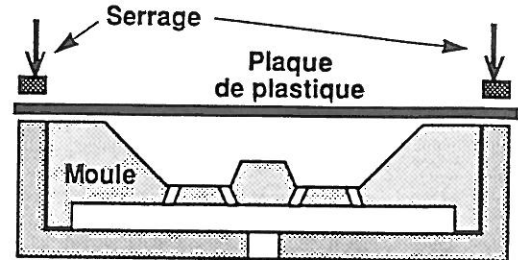
PRINCIPE GÉNÉRAL

Le thermoformage est un procédé secondaire de mise en œuvre à partir de plaques ou feuilles (semi-produits) de thermoplastique.

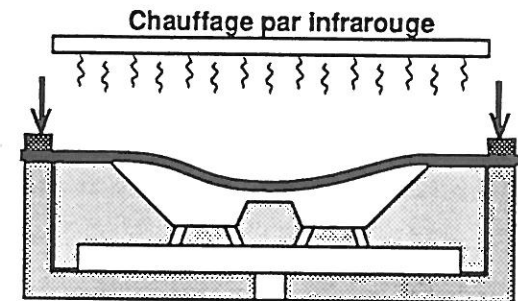
La feuille de plastique est chauffée jusqu'à ramollissement puis "plaquée" sur un moule en creux ou en relief par un procédé d'aspiration d'air, de pression ou par un contre-moule.

CYCLE :

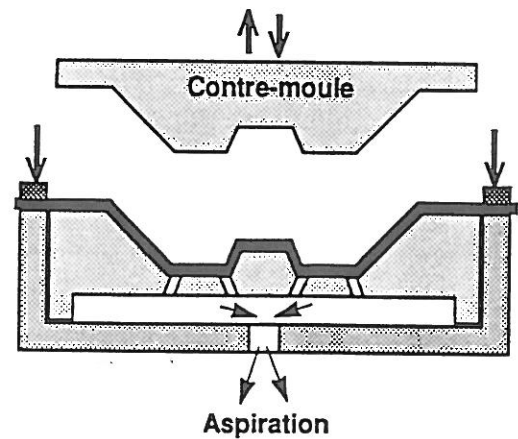
- 1 - mise en place et serrage de la plaque de plastique,



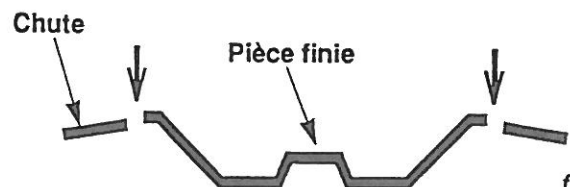
- 2 - chauffage par infrarouge ; la plaque se ramollit et commence à fléchir,



- 3 - aspiration avec éventuellement utilisation d'un contre moule (comme sur la figure) ou d'une pression d'air envoyée par le dessus,



- 4 - refroidissement, démoulage puis détourage à la scie, au massicot ou à la presse.



Fiche procédé de transformation

LE THERMOFORMAGE (2/3)

LA PIECE OBTENUE

- La pièce réalisée par thermoformage devra dans la plupart des cas être ensuite détournée : l'objet réalisé se trouve au milieu d'une plaque, il faut donc découper les restes de la plaque qui entourent l'objet.
- Les parois de la pièce réalisée sont plus ou moins étirées, suivant la hauteur ou la profondeur des reliefs.
- Les épaisseurs des pièces ne sont donc pas constantes. Il y a une limite à la hauteur des reliefs réalisés, au-delà de laquelle l'étirage de la matière conduit à des épaisseurs trop fines.
- Les dépouilles doivent être assez importantes : environ 6%.
- Sauf cas particuliers, les pièces obtenues par thermoformage présentent des angles arrondis, des formes "molles". En effet, il est difficile de bien aspirer la matière dans les angles ou sur des détails fins du moule. On peut cependant ajouter un contre moule (poinçon) ou envoyer brutalement une pression par le dessus.

LE MOULE

- Il est souvent réalisé en bois ou en résine. Pour des séries importantes ou des pièces de grande taille, on fabrique des moules en métal (aluminium)
- Il peut être en creux ou en relief, être la forme ou la contre-forme de la pièce à réaliser.
- Il est percé de trous (principalement dans les angles intérieures) qui permettent l'aspiration.
- Le coût d'un moule de thermoformage est relativement peu élevé par rapport à l'injection : de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de francs.

LA MACHINE

La principale caractéristique d'une thermoformeuse est le format du cadre de serrage, c'est à dire le format de la plaque la plus grande que l'on peut thermoformer.

Une thermoformeuse peut être dotée de différents perfectionnements :

- système de ventilation pour refroidissement plus rapide
- système de chauffage différentiel de certaines zones de la plaque
- automatisation du cycle
- système d'alimentation en continu par rouleau de plastique et dispositif de découpe.
- ...

Procédés industriels de transformation

LE THERMOFORMAGE (3/3)

DOMAINE D'UTILISATION

Le coût d'une pièce thermoformée est relativement important du fait de l'utilisation d'un semi-produit (déjà ouvré), des chutes de matière (détourage) et du temps passé pour les opérations de finition (détourage, perçages éventuels...). Par contre, le coût d'un moule est relativement peu élevé. En règle générale, le thermoformage est donc bien adapté aux petites et moyennes séries (1000 à 10 000 pièces).

Exemple : coques de valises, jouets, masques, enseignes, capotage de machines, contre-porte de réfrigérateur, éléments de carrosserie de caravane, présentoirs publicitaires, blister (coque transparente utilisée pour la présentation d'articles à la vente),...

Certaines fabrications en très grande série, très automatisées, en continu peuvent être plus rentable que par d'autres procédés.

Exemple : fabrication des pots de yaourt, conditionnement pharmaceutique (cachets), calage des biscuits...

TECHNIQUE DÉRIVÉE

- "skin pack" (ou drappage ou pelliculage) :

c'est un procédé de conditionnement qui consiste à maintenir un objet sur un carton au moyen d'un film plastique.

Dans ce procédé spécifique, le moule est remplacé par l'objet lui-même posé sur la plaque de carton micro perforée (pour l'aspiration du film plastique). Le procédé "skin pack" est très utilisé pour l'emballage industriel, pièces détachées automobiles, etc...

Procédés industriels de transformation L'INJECTION et COMPRESSION des thermodurcissables (1/2)

GÉNÉRALITÉS

Les thermodurcissables, une fois polymérisés, ne sont pas fusibles ni même déformables par la chaleur.

Dans la transformation des thermodurcissables, la réaction de polymérisation doit donc s'effectuer au sein même du moule.

Les principales techniques utilisées sont l'injection, la compression et la technique (artisanale) en moule ouvert.

L'INJECTION

La machine est semblable à une presse d'injection pour thermoplastique mais la température du moule, siège de la réaction de polymérisation, est supérieure alors que la pression d'injection est très inférieure.

Un ensemble vis piston permet un préchauffage, la plastification de la matière, le mélange avec les charges (fibres ou autres) et son injection dans le moule chaud. Le moule est maintenu fermé jusqu'à polymérisation suffisante de la pièce pour permettre son démoulage.

Applications : pièces mécaniques (automobile), pièces d'interrupteurs...

COMPRESSION

La méthode consiste à placer la matière directement dans l'empreinte du moule ouvert. Le moule est refermé, la pression et la chaleur aident à la réaction chimique de polymérisation. Le moule est maintenu fermé jusqu'au durcissement de la matière.

cycle : chargement du moule - fermeture du moule, cuisson - démoulage.

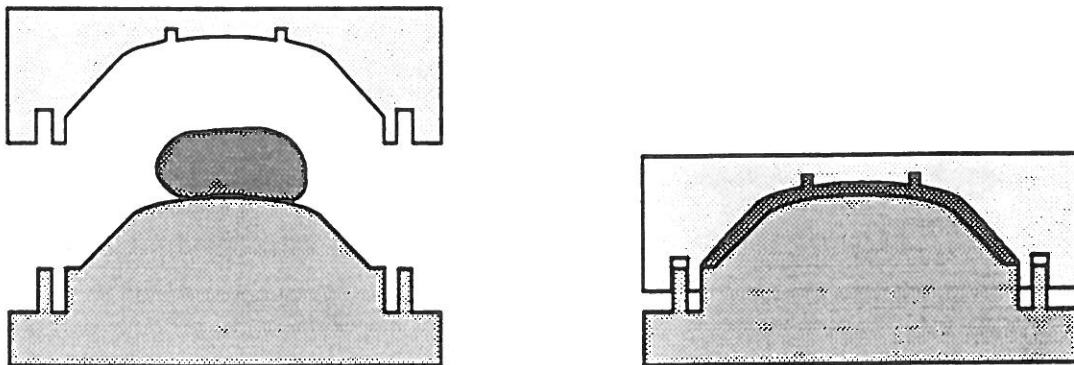


fig 7

Applications : cendrier, tête d'allumeur, poignée d'ustensiles de cuisine...

Procédés industriels de transformation L'INJECTION et COMPRESSION des thermodurcissables (2/2)

TECHNIQUE EN MOULE OUVERT

Cette technique consiste à déposer à la main sur une forme (un moule), des couches successives de renforts fibreux et de résine.

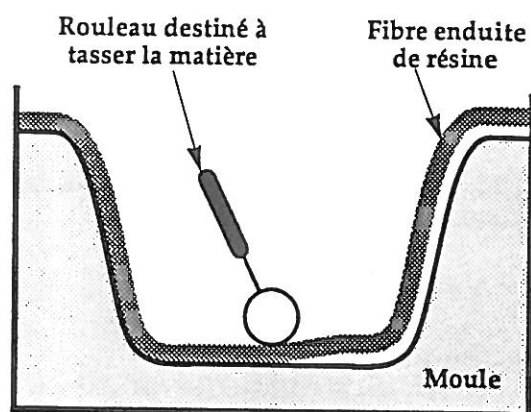


fig 8

Applications : petites séries, coques de bateau, prototypes...

Procédés industriels de transformation LE SOUDAGE (1/3)

INTRODUCTION

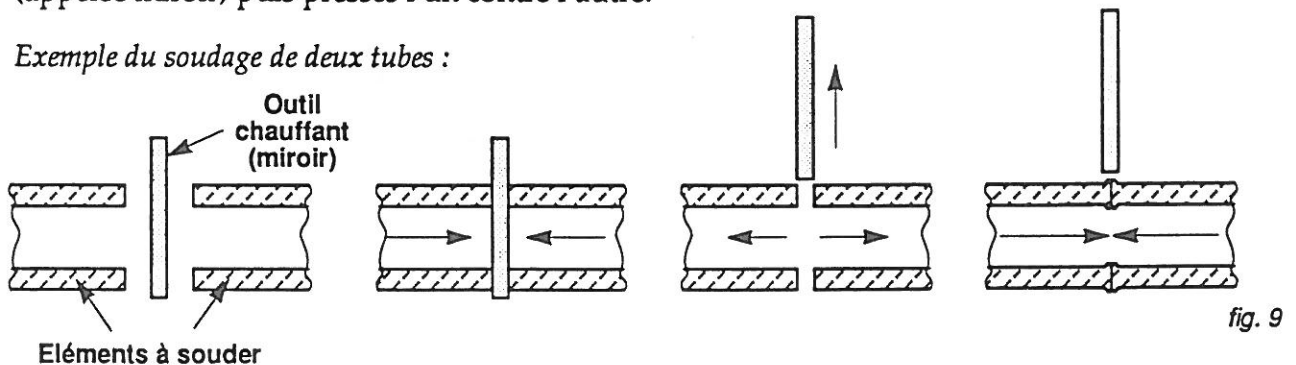
Le soudage est réservé aux thermoplastiques compatibles. Il existe plusieurs méthodes pour provoquer la fusion de la matière au contact entre deux pièces,
 - avec apport direct de chaleur
 - avec apport indirect de chaleur

MÉTHODES AVEC APPORT DIRECT DE CHALEUR

SOUDAGE AU MIROIR

Les éléments à assembler sont chauffés ensemble par l'intermédiaire d'une plaque chauffante (appelée miroir) puis pressés l'un contre l'autre.

Exemple du soudage de deux tubes :

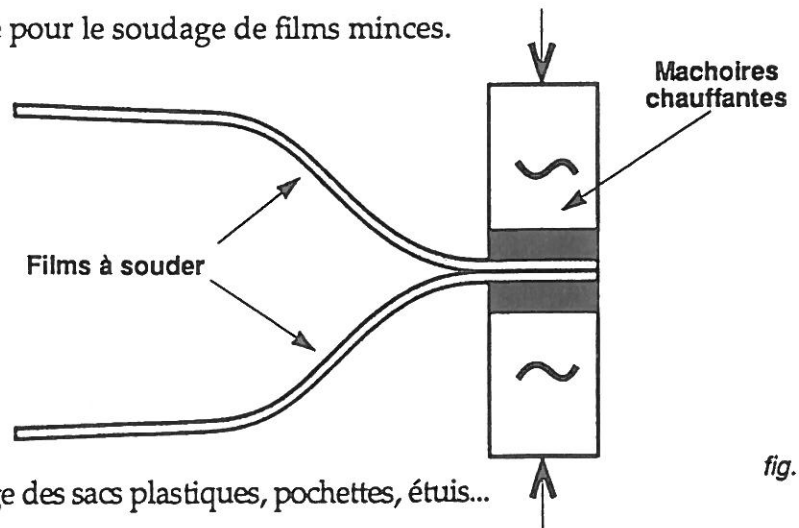


Domaines d'utilisation : soudage de tubes ou de profilés (encadrement de fenêtre)...

SOUDAGE PAR IMPULSION DE CHALEUR

Les éléments à assembler sont serrés modérément entre 2 mâchoires chauffées un court instant par une résistance électrique. Les 2 pièces fondent et se soudent. L'ensemble refroidit et les mâchoires s'ouvrent.

Cette technique ne s'utilise que pour le soudage de films minces.



Domaines d'utilisation : soudage des sacs plastiques, pochettes, étuis...

Procédés industriels de transformation LE SOUDAGE (2/3)

SOUDAGE PAR CORDON CHAUD

C'est la seule technique de soudage avec apport de matière.
Une baguette de même nature que les plastiques à réunir est fondue par un fin flux d'air chaud généré par un "chalumeau à air chaud".
Cette technique, qui s'apparente au soudage des métaux avec baguette d'apport, ne s'emploie que pour l'assemblage de pièces relativement épaisses (au moins 1 mm)

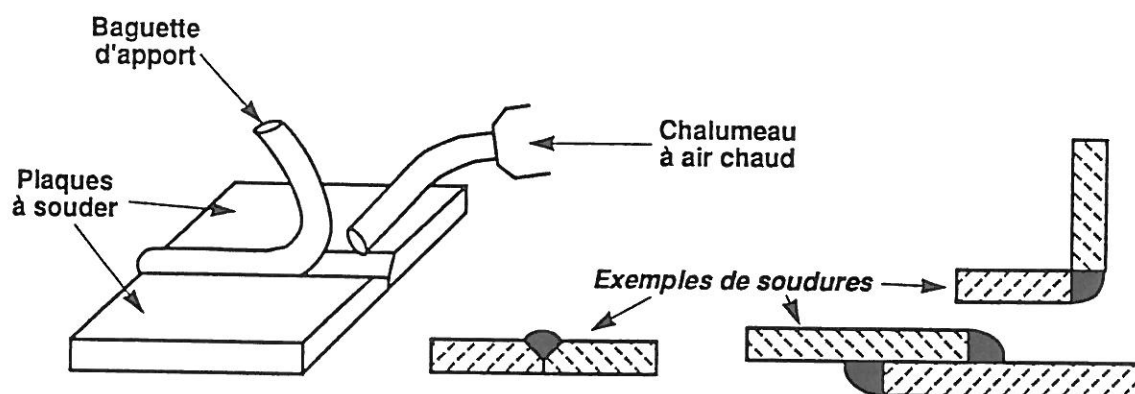


fig. 11

Domaines d'application : chaudronnerie, cuves, bacs, raccordement des revêtements de sol...

MÉTHODES AVEC APPORT INDIRECT DE CHALEUR

SOUDAGE PAR FROTTEMENT

La méthode utilise le dégagement de chaleur dû au frottement de deux pièces l'une contre l'autre.

L'une des 2 pièces est mise en mouvement (rotation ou vibration), le frottement sous une légère pression produit une chaleur qui reste localisée au plan de joint. Le plastique fond et les 2 pièces se soudent.

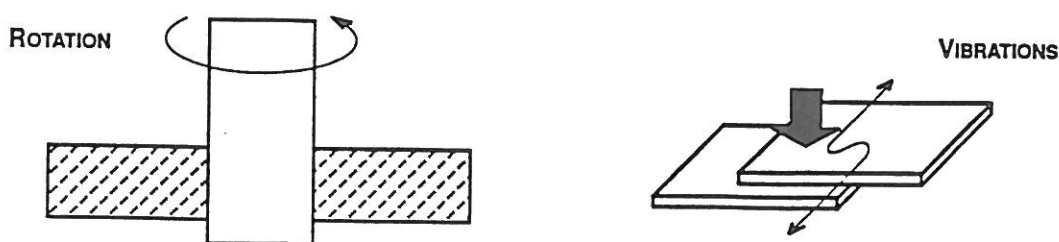


fig. 12

domaine d'application : assemblage des balles de ping-pong, feuillets de cerclage...

Procédés industriels de transformation LE SOUDAGE (3/3)

SOUDAGE PAR HAUTE FRÉQUENCE

Les molécules d'un plastique peuvent être polarisées, on les considère alors comme des dipôles. Le frottement des dipôles produit un échauffement qui se traduit par la fusion de la matière. Seuls les plastiques "polaires" comme le PVC peuvent être soudés par haute fréquence.

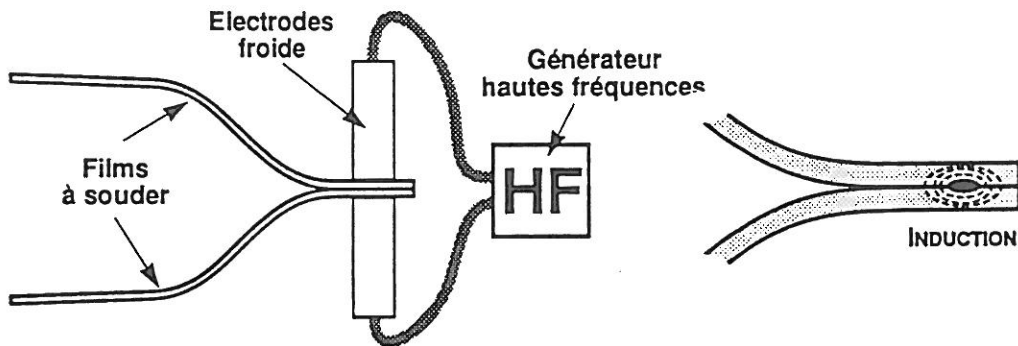


fig. 13

Domaine d'utilisation : ce type de soudage est adapté au soudage de feuilles de faible épaisseur : maroquinerie, bateaux gonflables, classeurs, imperméables...

SOUDAGE PAR ULTRA SONS

Le principe du soudage par ultrasons est de faire entrer les 2 pièces à assembler en vibration au moyen d'un train d'ondes acoustiques (ultrasons). Le frottement induit au niveau du contact entre les 2 pièces, provoque un échauffement et une fusion de la matière.

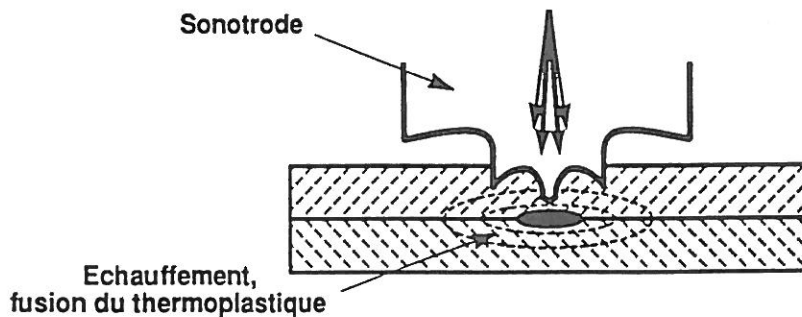


fig. 14

L'énergie de vibration est fournie par un générateur électronique à un "concentreur d'ondes" appelé sonotrode.

La forme de la sonotrode a donc une grande importance suivant le type de soudage à réaliser.

Domaine d'application : briquets, catadioptré, lampes de poche jetables, supports de diapositives, tableaux de bords...

MISE EN ŒUVRE DES SEMI-PRODUITS AU COLLEGE

Généralités - La tableterie

Au collège, les procédés de transformation à partir de matière brute (granulés ou poudres), ne sont pas applicables en raison du coût exorbitant des machines et des outillages. Nous nous en tenons donc à la transformation de semi-produits thermoplastiques, plaques ou profilés prêts à l'emploi (réalisés par moulage, extrusion ou calandrage).

LA TABLETTERIE

Les professionnels du plastique appellent "tableterie plastique", l'ensemble des procédés de fabrication à partir de semi-produits (plaques ou profilés), pour réaliser des objets souvent soignés et précis.

Du mot "table" (échiquier, damier), ce terme désignait depuis le 13^e siècle, le façonnage des tablettes ou planchettes de bois, d'ivoire ou d'os et la réalisation de petits objets, articles de jeu, damiers ou échiquiers, petites boîtes, coffrets, etc...

Aujourd'hui le mot a été repris dans un sens plus large, pour désigner les techniques de mise en œuvre de semi-produits, en petites ou moyennes séries, avec un outillage plus ou moins polyvalent (emprunté la plupart du temps aux machines conçues pour le travail du bois).

Des entreprises se sont spécialisées dans "la tableterie plastique", que l'on considère souvent comme un travail artisanal à échelle industrielle.

Il n'existe actuellement pas de formation spécifique en tableterie plastique. Chaque entreprise possède son propre savoir faire, ses "trucs et astuces", ses préférences quand aux machines utilisées. La tendance actuelle est d'équiper les ateliers avec des machines automatisées, défonceuses numériques, découpe laser ou au jet d'eau, ...

Les débouchés de la tableterie plastique sont en particulier les présentoirs publicitaires, la signalétique, mais aussi la fabrication de prototypes ou de pièces techniques en petites séries, lorsque l'investissement d'un outillage spécifique et très coûteux ne se justifie pas.

LE CHAPITRE QUI SUIT décrit de façon pratique les principaux procédés de fabrication applicables facilement en collège, à partir de semi-produits plastiques.

- L'usinage (rappel des principes de base de l'usinage et adaptation au travail des matières plastiques ; nous ne prétendons pas ici vous apprendre l'utilisation des machines-outils).
- La découpe
- Le collage
- L'assemblage par vis ou rivet
- Le pliage
- Le marquage

Nota : Le thermoformage a été présenté dans son principe parmi les procédés industriels de transformation. L'achat d'une petite thermoformeuse peut être à la portée d'un collège (investissement 10 à 20 kF). Cette technique, marginale en collège, doit faire l'objet d'un apprentissage spécifique pour être maîtrisée. Nous avons choisi de ne pas parler davantage de cette technique, des ouvrages spécialisés devant être fournis lors de l'achat d'une machine.

Les ateliers professionnels de tableterie plastique sont la plupart du temps équipés en thermoformage.

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE - NOTIONS GENERALES (1/6)

INTRODUCTION

Définition : on appelle usinage tout procédé de fabrication qui consiste à enlever de la matière à une pièce.

Les procédés les plus courants sont la coupe ou l'abrasion mais il existe d'autres procédés : électro-érosion, gravure chimique (circuit imprimés), découpe laser, découpe au jet d'eau à haute pression,...

Nous ne traiterons ici que des procédés par coupe ou abrasion seuls utilisables au collège.

TOUR FRAISEUSE PERCEUSE...

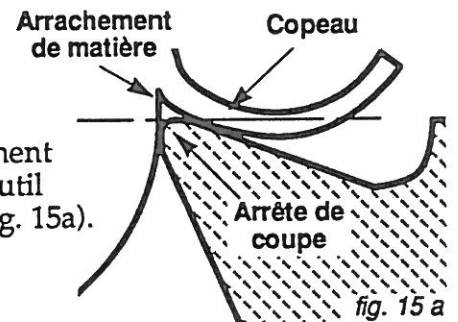
Les machines et outils dont on dispose couramment sont le plus souvent adaptées à l'usinage des métaux mais permettent aussi l'usinage des matières plastiques.

A partir de la théorie chacun devra faire des essais pour adapter au mieux ses propres outils

THÉORIE SIMPLIFIÉE

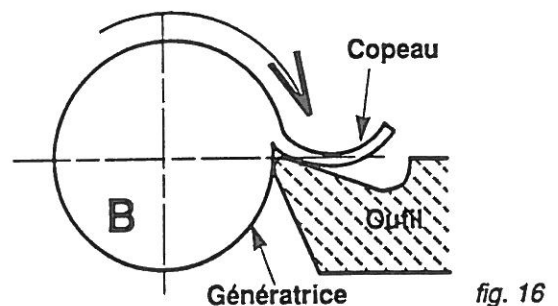
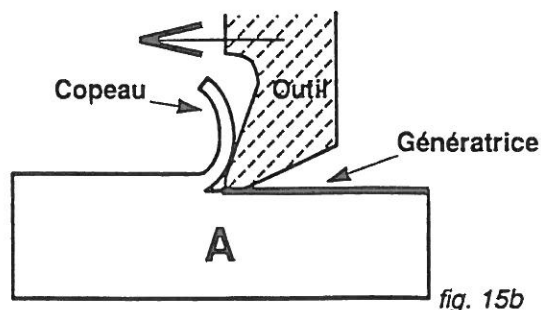
ENLEVEMENT DU COPEAU

Vu de près, l'arrête d'un outil de coupe n'est jamais parfaitement vive mais possède un rayon (d'autant plus important que l'outil est usé). La coupe résulte d'un phénomène d'arrachement (fig. 15a).



GÉNÉRATION DE SURFACE OU DE FORME

Dans tous les cas d'usinage par coupe, les outils travaillent par génération (de surface). On appelle génératrice la trajectoire d'un point de l'arrête tranchante de l'outil. (C'est la "forme" générée par l'outil).



MOUVEMENTS DE COUPE ET D'AVANCE

Pour que l'outil dégage un copeau il est nécessaire

- que l'outil se déplace dans la pièce (A)
- ou que la pièce se déplace sur l'outil (B)

Les machines (tour, fraiseuse, perceuse) exploitent un mouvement de rotation de la pièce (tour) ou de l'outil (fraiseuse, perceuse).

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE - NOTIONS GENERALES (2/6)

LE MOUVEMENT DE COUPE "Mc" : c'est le mouvement de l'outil dans la pièce pour enlever un copeau.

LE MOUVEMENT D'AVANCE "Mf" : C'est le déplacement de l'outil à chaque cycle pour qu'il ne repasse pas au même endroit. C'est aussi ce mouvement qui détermine l'épaisseur du copeau.

(Le mouvement d'avance est abrégé de façon normalisée par Mf et non pas "Ma").

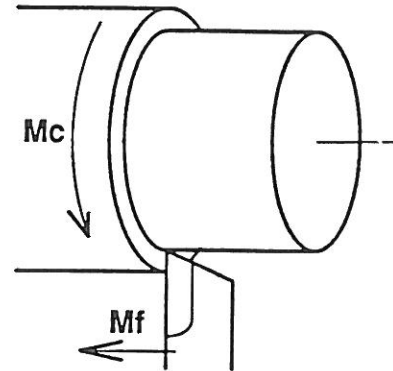


fig. 17

LES VITESSES D'AVANCE ET DE COUPE

VITESSE DE COUPE (V)

En fonction des caractéristiques de l'outil et de la matière travaillée, il existe une vitesse de coupe (vitesse de l'outil/matière) optimum qui permet le meilleur compromis entre l'état de surface obtenu, l'usure de l'outil, et la rapidité d'exécution de l'usinage.

La vitesse (linéaire) de coupe est fonction du diamètre de l'outil ou de la pièce en rotation et de la vitesse angulaire "N" (tours / minute) de l'outil ou de la pièce en rotation.

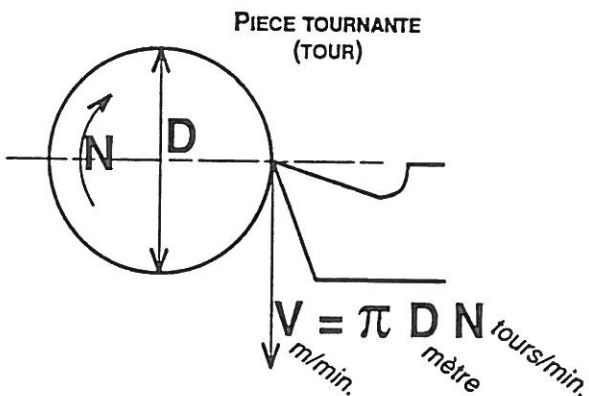


fig. 18

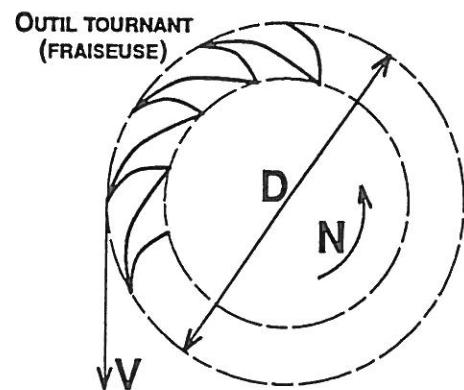


fig. 19

VITESSE D'AVANCE (Vf)

- En fonction de l'épaisseur du copeau que l'outil est capable de couper dans une matière donnée on choisit une avance par tour (f).

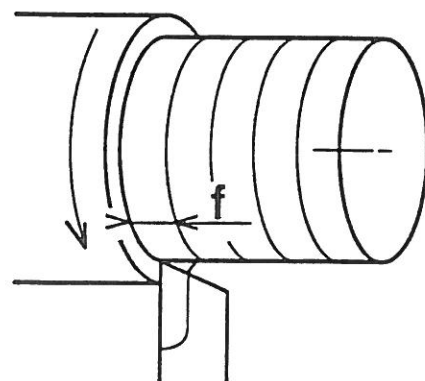


fig. 20

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE - NOTIONS GENERALES (3/6)

L'avance par tour est déterminante principalement pour l'état de surface de la pièce usinée.

Une avance "f" trop importante par tour engendre des "sillons" larges laissés par l'outil et un état de surface rugueux (fig. 21).

Une avance "f" trop faible empêche l'outil de pénétrer franchement dans la matière pour former un copeau (fig. 23). La matière est refoulée devant l'outil et arrachée par à coup. L'état de surface est rugueux et irrégulier.

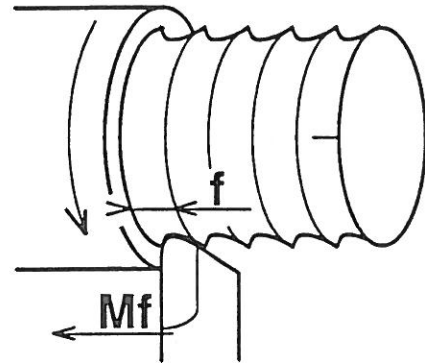


fig. 21

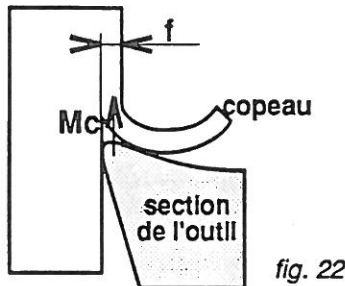


fig. 22

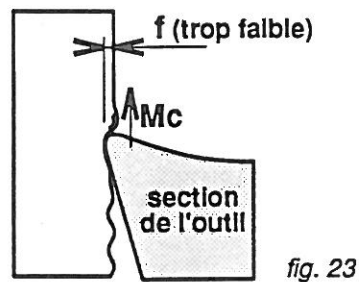


fig. 23

CALCUL DE L'AVANCE EN METRE/MINUTE :

- sur un tour (1 seul outil)

$$V_f = N \cdot f$$

* V_f en m / minute

* N en tour / minute

* f en m / tour

- En fraisage et perçage (outil à plusieurs dents)

$$V_f = N \cdot f \cdot Z$$

* Z : nombre de dents de l'outil

Dans le cas d'un outil à plusieurs dents, l'avance par tour de l'outil est le produit de l'avance par dent et du nombre de dent.

LA PROFONDEUR DE PASSE

Une dernière valeur importante lors de l'usinage est la profondeur de passe - pénétration de l'outil dans la pièce, qui se règle avant d'engager le mouvement d'avance (Mf).

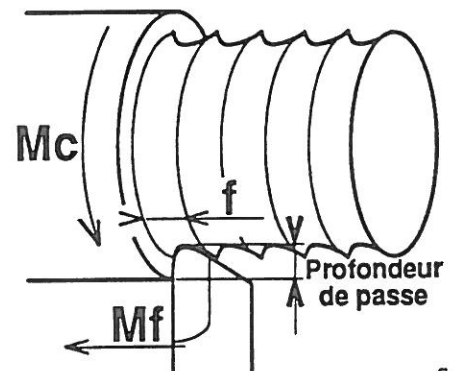


fig. 24

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE - NOTIONS GENERALES (4/6)

- Une profondeur de passe trop importante conduit à un effort de coupe trop important au risque de casser l'outil et (ou) la pièce.
- Une profondeur de passe trop faible empêche l'outil de former normalement son copeau (comme pour une avance trop faible).
- * On est donc conduit dans la plupart des cas à réaliser l'usinage en plusieurs "passes d'ébauche" pour approcher la cote de la pièce (avance et profondeur de passe importantes et une passe de finition pour obtenir la cote finale avec une bonne qualité de surface (avance et profondeur de passe faibles).

AFFUTAGE DES OUTILS

* Nous ne traitons ici que du cas des outils classiques en acier rapide.
L'affûtage de l'outil doit être adapté à la matière usinée. 2 angles sont particulièrement déterminants, l'angle de coupe (gamma) et l'angle de dépouille (alpha).
Attention un outil de tour doit être réglé à hauteur du centre de la pièce sinon les angles de coupe et de dépouille sont faussés)

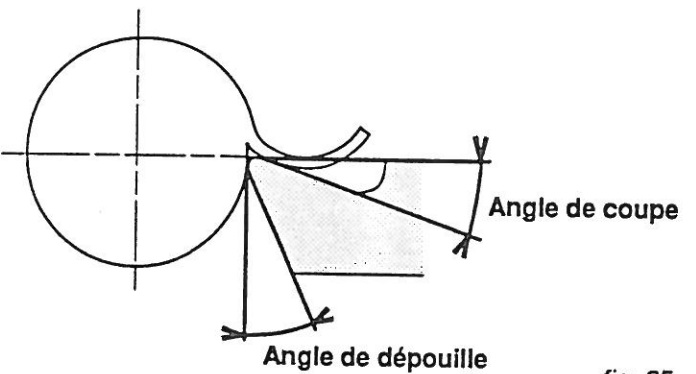


fig. 25

CONDITIONS DE RÉUSSITE DE L'USINAGE (ou les meilleures façon de rater l'usinage)

- FIXATION DE LA PIÈCE SUR LA MACHINE :

* la pièce doit toujours être très bien maintenue sur la machine, sur la plus grande surface possible et sans l'écraser ou la marquer.

Une pièce mal fixée peut vibrer, se déformer et être arrachée par l'outil...!

* L'usinage doit se pratiquer le plus près possible de la fixation de la pièce sur la machine.
Ces notions sont particulièrement importantes lors de l'usinage des plastiques, matériaux souvent souples et déformables.

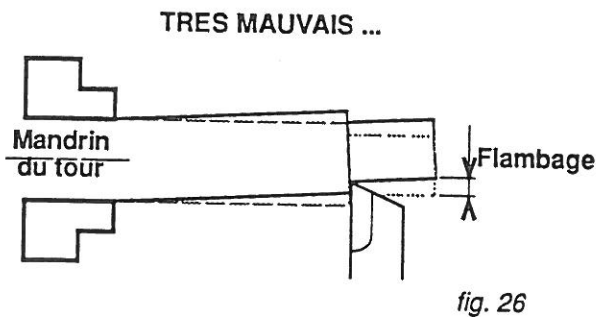


fig. 26

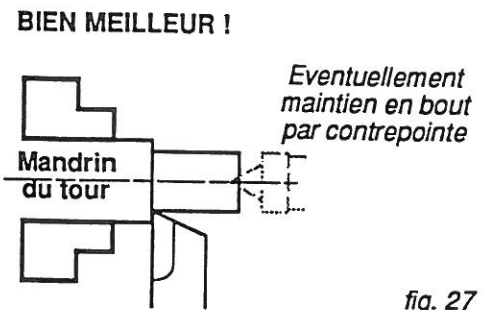


fig. 27

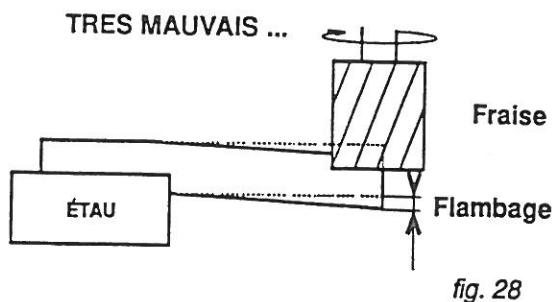


fig. 28

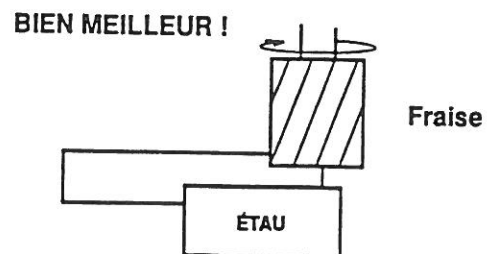


fig. 29

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE - NOTIONS GENERALES (5/6)

- FIXATION DE L'OUTIL SUR LA MACHINE

- * Un outil mal serré va vibrer, abîmer la pièce et se désaffûter, voire se casser.
- * Un outil doit toujours être maintenu le plus près possible de son arrête tranchante.

Tournage :

TRES MAUVAIS ...

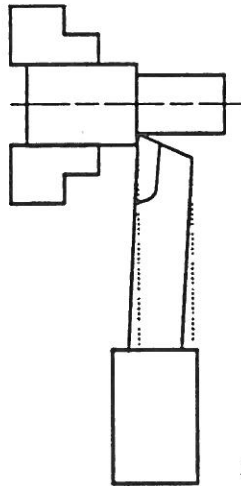


fig. 30

BIEN MEILLEUR !

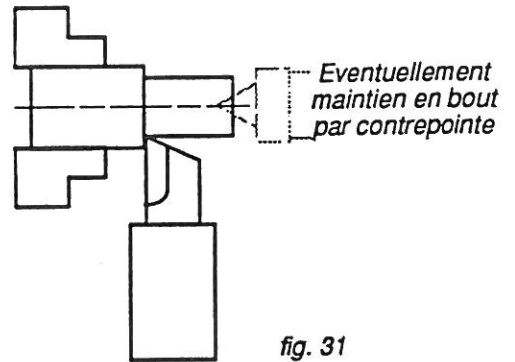


fig. 31

En tournage, l'outil doit toujours être bien réglé à hauteur du centre.

Fraisage :

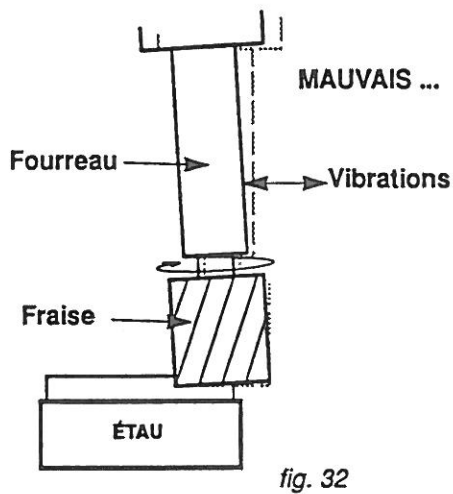


fig. 32

BIEN MEILLEUR !

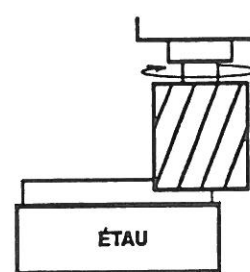
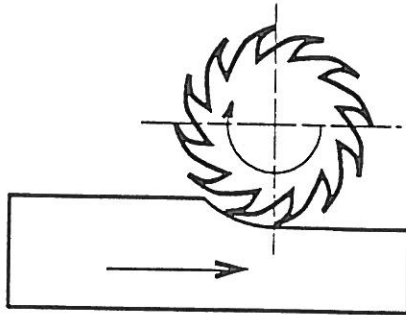


fig. 33

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE - NOTIONS GENERALES (6/6)

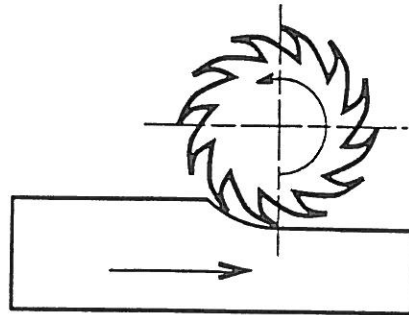
CONDITIONS DE TRAVAIL DES OUTILS

Fraisage :



Travail en opposition
BON

fig. 34



Travail en avalant
MAUVAIS

fig. 35

Tournage :

Penser à rattraper les jeux des chariots

Perçage :

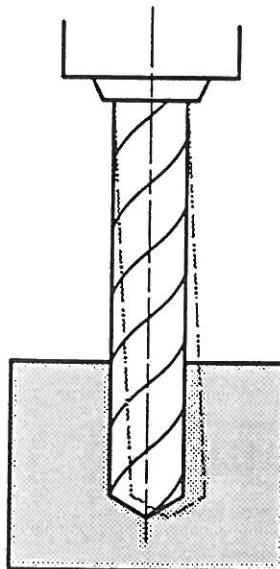


fig. 36

Limiter la vitesse d'avance du forêt dans la pièce et dégager les copeaux en remontant souvent l'outil pour éviter échauffement et déviation du perçage lors des perçages profonds.

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE DES THERMOPLASTIQUES (1/4)

PRATIQUE DE L'USINAGE DES THERMOPLASTIQUES

Industriellement, en fabrication de série, l'usinage d'une matière plastique est peu fréquent. En effet, les techniques de montage et d'injection permettent d'éviter toute reprise en usinage. Le plus souvent, industriellement, l'usinage se limite à du perçage.

En fabrication de prototypes (fabrication type collège) l'usinage est un bon moyen pour réaliser toutes sortes de pièces à partir de semi-produits.

GÉNÉRALITÉS

Lors de l'usinage d'une matière thermoplastique le principal écueil est dû à l'échauffement de la pièce :

- La pièce risque de se déformer, jusqu'à sa rupture,
- l'état de surface sera déplorable
- les cotes ne seront pas respectées.

Pour éviter l'échauffement trop important de la pièce, il est possible de lubrifier la zone de travail de l'outil avec de l'huile de paraffine (vaseline) par exemple, déposée au pinceau lors de l'usinage.

De plus, il est préférable de respecter les recommandations suivantes :

- cycles d'usinage aussi courts que possible, affûtage de l'outil adapté si possible (difficile pour une fraise),
- Vitesse de coupe adaptée (souvent la plus rapide possible sur une petite machine de collège),
- Bon compromis entre profondeur de passe et avance (le plus souvent, il est préférable d'opter pour une faible profondeur de passe et une avance très rapide ; ainsi le plastique n'a pas le temps de s'échauffer dans la masse).
- Laisser la pièce refroidir, si nécessaire, entre deux passes d'usinage.

Ces recommandations ne constituent pas des règles strictes; seuls des essais permettront de trouver la meilleure solution pour chaque cas particulier.

VITESSE DE COUPE

MATIERE	VITESSE DE COUPE EN M/MIN
PS	20 à 80 m/min
PVC	40 à 100m/min
PMMA	100 à 300 m/min
PE et PP	70 à 120 m/min

Pour chaque matière on rencontre des qualités différentes de souplesse ou de dureté en fonction des adjuvants (plastifiants employés). Ainsi la vitesse de coupe devra être adaptée à chaque type précis de Matière Plastique. Plus le plastique est tendre, plus la vitesse de coupe devra être rapide.

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE DES THERMOPLASTIQUES (2/4)

En pratique, on se trouvera presque toujours dans la situation de faire tourner notre (petite) machine (tour, perceuse) à sa vitesse maximum.

EXEMPLE

pièce PVC; vitesse de coupe 50 m/min.

- perçage avec foret de 10 mm :

$$N = V / \pi.D = 1600 \text{ tours/min.}$$

- tournage d'un pion Ø8 : N = 2000 tours/minute.

Ces vitesses sont souvent au delà des capacités de nos machines.

En fraisage, du fait de l'emploi fréquent de fraises adaptées à la coupe des métaux, ainsi que du diamètre souvent important de ces outils, il convient d'être plus prudent et de commencer par des essais à vitesse modérée (risque de voir la pièce arrachée de l'étau ou détruite).

ANGLES D'AFFUTAGE DES OUTIL

RAPPEL ANGLE COUPE ET DÉPOUILLE

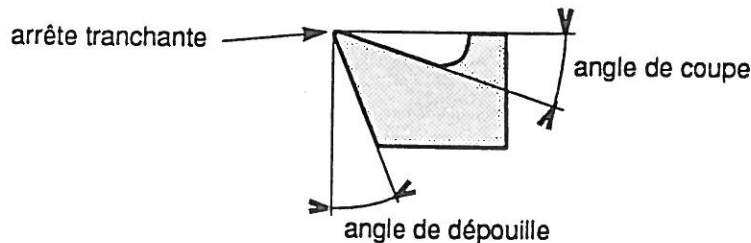


fig. 35

Les angles de coupe et de dépuille varient suivant la nature des matières plastiques à usiner. Ils sont le plus souvent de faible valeur pour les matières plastiques

MATIERE	ANGLE DE DÉPOUILLE (degré)	ANGLE COUPE (degré)
PS	0 à 15	2 à 10
PVC	0 à 10	2 à 10
PMMA	3 à 10	0 à 12
PE et PP	10 à 20	6 à 10

FABRIQUER OU MODIFIER SES OUTILS

En pratique, pour nos outils réservés aux plastiques, un angle de coupe de 0° convient assez bien dans tous les cas. L'angle de dépuille a moins d'importance, on lui donnera environ 10° sans nécessité d'être très précis.

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE DES THERMOPLASTIQUES (3/4)

OUTILS DE TOUR

On fabrique facilement un outil de tour à partir d'un barreau d'acier dur. Par exemple, une (vienne) lime convient parfaitement :

- Chauffer au rouge l'extrémité à façonner et laisser refroidir à l'air pour détremper l'acier. (lampe à souder au réchaud à gaz)
- Façonner votre outil (lime, scie, meule...)
- Chauffer à nouveau au rouge la partie active de l'outil et "tremper" brutalement dans l'eau froide pour durcir l'acier.
- Le "recuit" est inutile, l'outil ne risquant pas de casser dans du plastique.

Exemple de la taille d'un outil "couteau" dans une vieille lime plate

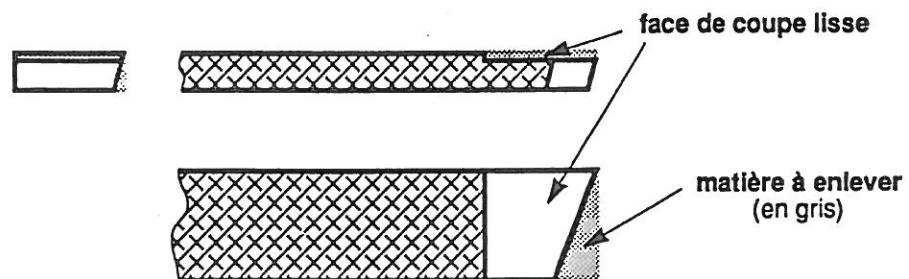


fig. 38

UN OUTIL DE FORME permet de réaliser directement, en une passe un profil particulier sur une pièce.

Exemples de réalisations de pions de jeux avec des outils de forme

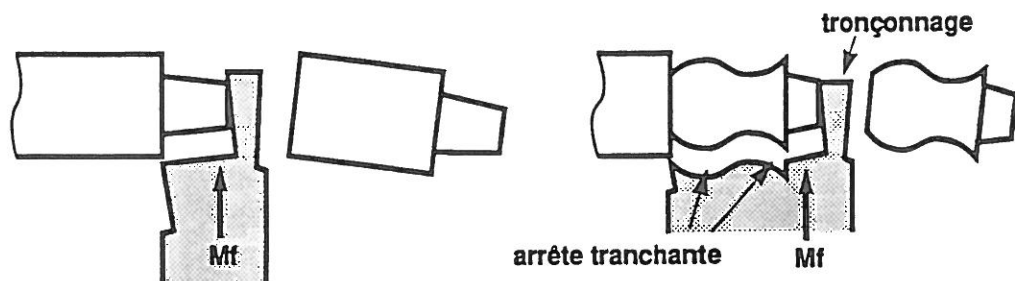


fig. 39

Une pièce, comme ici un pion de jeu, peut être réalisée en une seule passe qui combine à la fois le façonnage d'une forme et le tronçonnage de la pièce réalisé lors de l'opération précédente. On utilise une butée de fin de course du mouvement d'avance, pour donner toujours le même diamètre aux pièces. Après chaque opération (passe d'usinage), on desserre le mandrin et on avance le jonc de plastique en butée sur la contrepointe du tour ; ainsi les pièces usinées ont toutes la même longueur.

Si la longueur totale de l'arrête tranchante est trop importante, l'effort de coupe engendré lors de l'usinage peut casser la pièce ou la faire trop chauffer.

Mise en œuvre des semi-produits au collège USINAGE DES THERMOPLASTIQUES (4/4)

OUTILS DE PERÇAGE

A partir d'un foret hélicoïdal classique pour le métal ou pour le bois, il est indispensable de "casser" les arrêtes coupantes pour obtenir l'angle de coupe de 0° ; sinon le foret "engage" dans la matière, ce qui conduit fréquemment à casser ou fissurer la pièce autour du trou.

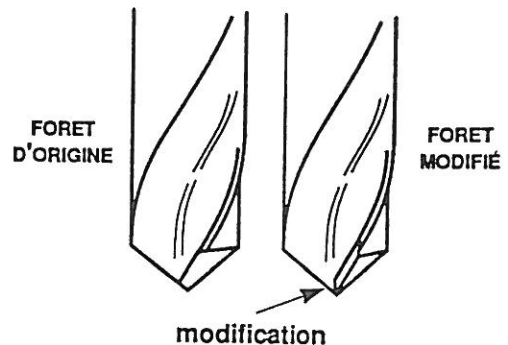


fig. 40a

L'angle de pointe idéal est de l'ordre de 120° , le même que pour les métaux.
Pour les thermodurcissables, l'angle de pointe devrait être de 60° environ.

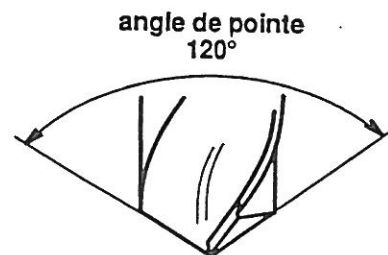


fig. 40b

MODE OPÉRATOIRE

- Il est indispensable de pointer le centre du perçage avec un pointeau et un marteau (pas trop violemment pour ne pas fendre le plastique).
- Dans un plastique dur (Plexiglas), pour éviter l'éclatement, il convient d'engager lentement le foret de façon à échauffer la matière et la ramollir, ce qui évite de casser la pièce.
- Lors du perçage d'un trou profond, il faut fréquemment dégager le foret du trou pour évacuer les copeaux.
- L'échauffement provoqué par le perçage entraîne une dilatation importante (3 fois celle d'un métal) du plastique et sa fusion superficielle; si on laisse le foret dans le trou lors de l'arrêt de la perceuse, celui-ci risque de rester coincé, soudé, après refroidissement.
- Pour obtenir un diamètre précis et des parois lisses, il faut respecter la méthode suivante :
 - * percer un avant trou de \varnothing inférieur d'environ 1 mm à celui définitif,
 - * déposer un peu d'huile ou de paraffine dans le trou,
 - * repercer au \varnothing définitif.
 Le lubrifiant facilite le perçage et s'intègre superficiellement au plastique, rendant les parois lisses et brillantes.
- L'éclatement du plastique se produit le plus souvent au moment où le foret débouche brusquement au travers de la pièce. Pour pallier ce désagrément, on peut placer une "cale martyre" (bois ou plastique) sous la pièce pour éviter que le foret ne débouche dans le vide.
- Pour le perçage des gros diamètres, on peut utiliser l'outillage à bois, c'est à dire :
 - une scie cloche de bonne qualité, à denture fine, munie d'un foret central (bien utile pour le positionnement du trou à percer).
 - une fraise à lamer (ou à chambrer).

Mise en œuvre des semi-produits au collège DEBITS ET DECOUPES (1/5)

MISE EN GARDE

Lors du débit des feuilles de plastique, il est préférable, afin d'éviter les rayures, de laisser en place la protection par film plastique (la plupart des feuilles plastiques sont livrées protégées).

LA CISAILLE, LE MASSICOT

On peut utiliser n'importe quelle cisaille prévue pour la tôle, le papier, ou le circuit imprimé. Le plastique ne désaffute pas les lames.

Cisaille et massicot sont utilisables pour tous les plastiques présentant une certaine souplesse (polystyrène choc, PVC, polyéthylène, polypropylène).

Jusqu'à environ 3 mm d'épaisseur, la coupe est facile et propre.

Certains plastiques trop durs pour être coupés par ces procédés vont se fissurer le long de la coupe, voir se casser.

LES SCIES

Les principales difficultés rencontrées lors du sciage sont :

- l'apparition d'éclats le long de la coupe,
- l'échauffement de l'outil et de la matière qui conduit à un mauvais aspect de la coupe et même dans certains cas au ressoudage du trait de coupe derrière le passage de la lame par l'agglomération des copeaux fondus (fréquent avec une scie sauteuse).

Pour obtenir le meilleur résultat avec chaque type de plastique et chaque type de scie utilisée, il faudra toujours se livrer à quelques essais préalables.

On peut énoncer quelques règles :

- Plus la denture de la scie est large (dents espacées), plus on risque de produire des éclats. Une grande vitesse de coupe limite le risque d'éclat. Pour les scies mécaniques, en particulier la scie circulaire, on choisit plutôt une denture large.
- Plus la denture de la scie est fine, plus on risque de voir apparaître le phénomène de "bourrage" et de ressoudage du trait de scie après le passage de la lame, une vitesse de coupe lente limite ce risque.
Pour les scies à main, on choisit plutôt une denture fine (type scie à métaux)
- Une vitesse d'avance trop rapide conduit à des risques d'éclats le long de la coupe. Une avance trop lente augmente le risque d'échauffement et de bourrage.
- Dans tous les cas, la lubrification de la lame avec de la paraffine améliore le résultat.
- Plus le plastique est dur (par ex. : le Plexiglas), plus le risque d'éclats et de fissures est grand.

Mise en œuvre des semi-produits au collège DEBITS ET DECOUPES (2/5)

LA SCIE CIRCULAIRE :

Elle permet les coupes les plus nettes et les plus droites y compris pour les fortes épaisseurs. Il existe des lames spécialement adaptées aux plastiques. Les lames à pastilles au carbure de tungstène, prévues pour le bois, donnent de bons résultats, surtout lorsqu'elles sont un peu usées et désaffûtées ; une lame neuve (à bois) engendre davantage de petits éclats le long de la coupe.

LA SCIE SAUTEUSE

Elle permet des coupes en courbe. Pour les coupes droites, il est conseillé d'utiliser une règle guide. Dans tous les cas, il faut mieux prévoir un peu de marge pour une finition à la lime; la scie sauteuse permet difficilement une coupe nette. Le principal problème rencontré est le bourrage et le soudage du trait de coupe derrière le passage de la lame. La plupart des scies sauteuses sont pourvues d'un système d'oscillation de la lame ; une amplitude d'oscillation trop importante conduit généralement à des éclats le long de la coupe.

LA SCIE À RUBAN

Equipée d'une lame à chantourner (lame fine), elle permet des coupes en courbe dans de meilleures conditions qu'avec une scie sauteuse.

LA SCIE À MAIN

Les meilleurs résultats sont obtenus avec des lames à denture fine (scie à métaux ou scie d'enca-drement).

* DÉGAUCHISSEUSE

On peut utiliser la dégauchisseuse pour rectifier un chant abîmé après une découpe médiocre.

LA GRIFFE À PLASTIQUE

Cet outil permet le débit d'une grande plaque en X morceaux réguliers par la méthode du quadrillage (comme une plaquette de chocolat). Fig. 41a.

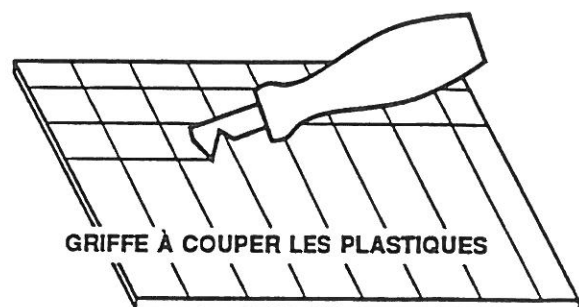
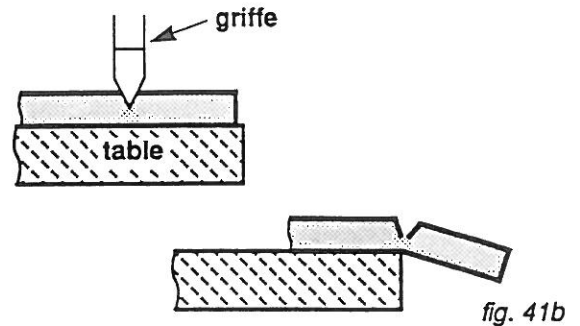


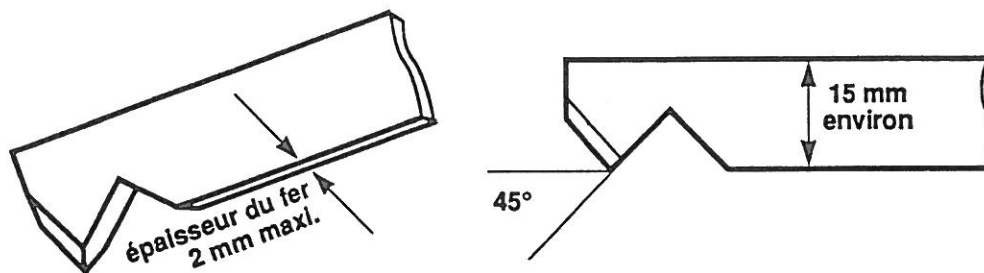
fig. 41a

Mise en œuvre des semi-produits au collège DEBITS ET DECOUPES (3/5)

Le principe de la coupe avec la griffe est analogue à la coupe du verre; on raye profondément la plaque de plastique, puis on la casse sur le bord d'une table.
L'entaille doit atteindre environ 1/3 de l'épaisseur du plastique.

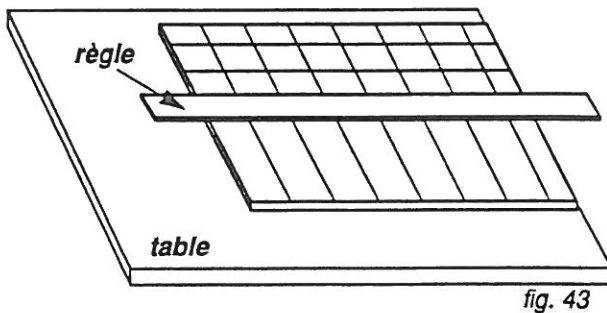


Griffe à plastique

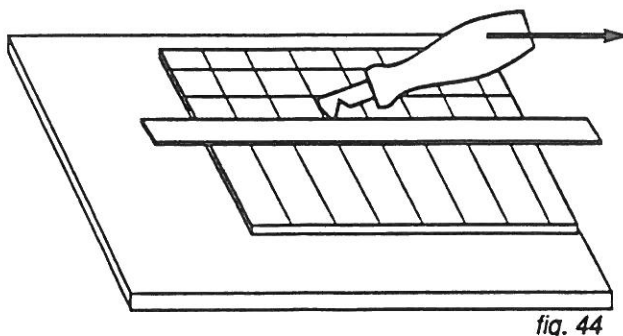


On trouve, dans les magasins de bricolage, des griffes toutes faites. Il est facile aussi d'en fabriquer une à partir d'une lame plate d'acier (par exemple une pointe de coupe de cartonage - fig. 42).

LA DÉCOUPE À LA GRIFFE



1 Positionner et maintenir fermement la règle sur la découpe à faire

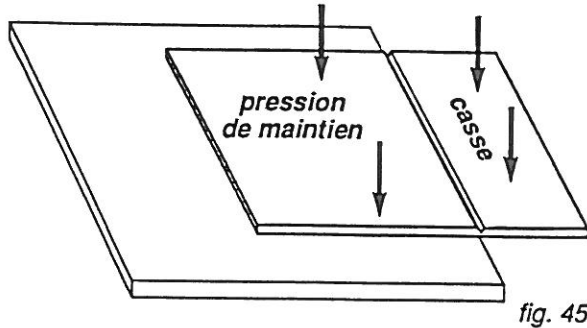


2 Entailler le plastique en tirant l'outil (griffe) vers soi et en exerçant une pression constante sur la griffe tout au long de la ligne de découpe.

Lors des premières passes, la pression sur l'outil doit être légère pour éviter de dérapage. En cas de dérapage, l'outil creuse un sillon de travers, à la passe suivante il risque de reprendre le même chemin; aussi pour revenir sur le bon tracé, faut-il inverser le sens de coupe.

Mise en œuvre des semi-produits au collège DEBITS ET DECOUPES (4/5)

Il faut faire environ 10-15 passes pour un plastique d'épaisseur 3mm (suivant la dureté du plastique).



- 3) Rupture de la feuille : on positionne la feuille, sa partie la plus large sur la table, le sillon de coupe vers le haut, à l'aplomb du bord de la table. Une main maintient la feuille de plastique plaquée à la table, l'autre appuie sur la partie à casser jusqu'à la rupture de celle-ci. Si la bande à découper est longue, il faudra déplacer ses deux mains le long de la ligne de la découpe et répéter l'opération.

DÉCOUPE À LA GRIFFE D'UNE SÉRIE DE PIÈCES IDENTIQUES.

A partir d'une feuille de plastique il est facile de procéder à une découpe style "tablette de chocolat"

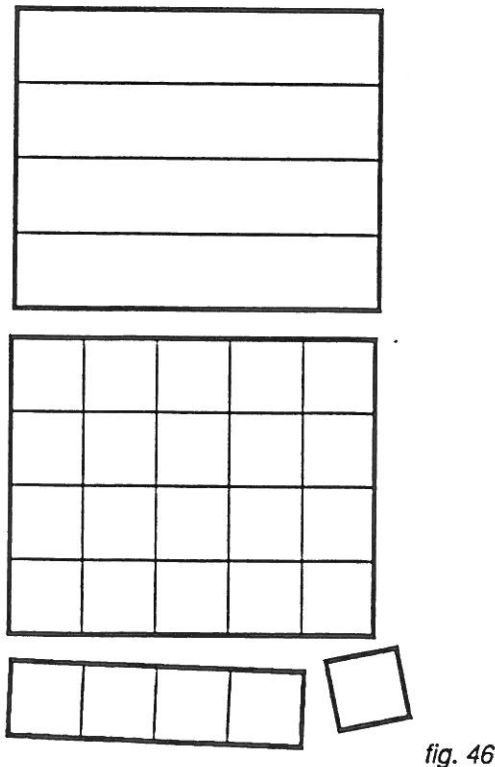
Méthode

- 1) Usiner avec la griffe une série de sillons parallèles à l'un des bords de la plaque, et distants de l'une des mesures (cotes) de votre pièce finale.

Ne pas casser (séparer) les bandes !

- 2) Usiner une autre série de sillons parallèles à l'autre bord de la feuille et distant de l'autre mesure de vos pièces.

- 3) Casser la feuille à chaque sillon pour séparer les pièces.



Mise en œuvre des semi-produits au collège DEBITS ET DECOUPES (5/5)

FABRIQUER UNE TABLE DE DÉCOUPE (guide de coupe à la griffe)

La découpe en série des formats à distribuer à chaque élève est souvent un travail long et fastidieux. (Et mal rémunéré !)

La fabrication (à vos frais) d'une simple table de découpe permet de réaliser des débits avec facilité et une étonnante rapidité...

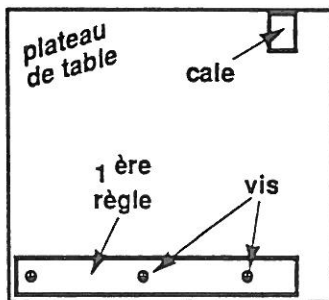


fig. 47

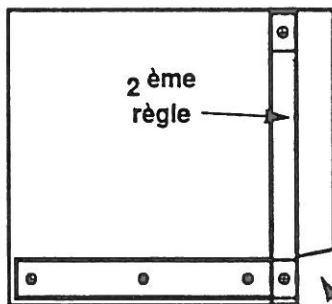


fig. 48

entailler le plateau

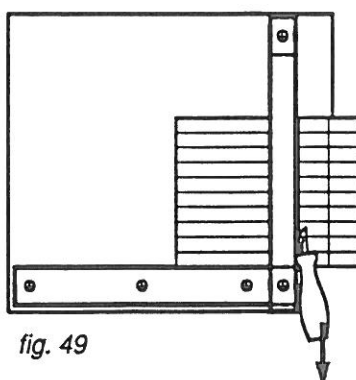


fig. 49

1) Choisir un plateau (vieille table, aggloméré, bois...) légèrement supérieur à vos formats de feuille à découper.

2) Fixer sur le plateau une première règle (bande ou chute de feuille de plastique) d'épaisseur égale à celle des feuilles les plus épaisses que vous utilisez couramment pour vos fabrications.

Préparer une cale (environ 50 x 50) dans le même plastique que la règle.

3) Fixer en 2 points une deuxième règle perpendiculairement à la première (comme montré sur le dessin) :

- une extrémité reposant sur la première règle,
- l'autre extrémité sur la cale d'épaisseur identique à celle de la 1^{ère} règle.

Cette règle doit être légèrement flexible, large de plus de 2 cm et suffisamment épaisse, suivant le matériau utilisé pour ne pas s'user trop vite (ex : réglet de 1m, bande de Plexiglas de 5 mm...)

4) Entailler le plateau, de manière à faire "échapper" l'outil en fin de passe (sans qu'il ne percute le plateau).

5) Utilisation :

- glisser la feuille à débiter sous la règle
- positionner le repère de la découpe à faire, au bord de la règle
- Maintenir une certaine pression avec une main sur la règle
- Commencer les passes, la griffe prenant appui sur le bord de la règle...

Mise en œuvre des semi-produits au collège

COLLAGE (1/4)

INTRODUCTION

Le collage est un mode d'assemblage, ou de réparation.
Une grande majorité des Matières Plastiques peut être assemblée par collage, toutefois certains matériaux très utilisés comme le polyéthylène et le polypropylène ne peuvent être collés.

IL EXISTE PLUSIEURS TYPES D'ADHÉSIFS

LES ADHÉSIFS AVEC DES SOLVANTS

La colle est dissoute dans un solvant. Au moment du collage, le solvant de la colle peut dissoudre superficiellement le matériau des pièces à assembler. Le collage atteint sa pleine solidité lorsque tout le solvant est évaporé (colles cellulosique, néoprène, ...).

LES ADHÉSIFS AVEC RÉACTION CHIMIQUE

Un adhésif (monocomposant ou bicomposant) déposé entre les pièces à assembler se polymérise, fabricant ainsi un joint liant les pièces sous forme d'un matériau nouveau.
Cette réaction peut être déclenchée par l'air, par rayonnement UV, ou par le mélange de deux composants (colle cyanoacrylate, colle époxy, ...).

LES ADHÉSIFS THERMOFUSIBLES

Ce sont des thermoplastiques qui ont la propriété de mouiller les surfaces à l'état fondu. Il faut un outil spécial (pistolet à colle chaude) pour les mettre en œuvre.

PRATIQUE ET MÉTHODE

GÉNÉRALITÉS

- Les surfaces à coller doivent toujours être propres et sèches, sans trace de gras ou de produit à lustrer.
Le nettoyage peut se faire à l'alcool à 90° (l'alcool à brûler laisse des traces grasses et ne convient pas bien).
- Dans certains cas un ponçage peut permettre une meilleure prise de la colle, en rendant les surfaces à assembler rugueuses.
- Lors du collage de plastique sur du métal ou du bois, il faut savoir que les coefficients de dilatation à la chaleur sont différents. Les plastiques se dilatent 2 à 3 fois plus que les métaux. Ainsi un collage plastique sur métal a toutes les chances de se fissurer à la première variation de température.
- Le temps de prise du collage est variable suivant le type d'adhésif ; il est souvent nécessaire de prévoir un système de maintien des pièces à assembler durant le temps de prise (princes à linge, ruban adhésif, élastiques, serre-joints, poids, ...)
- En général, plus fine est la couche de colle, meilleur sera le résultat, tant en résistance qu'en esthétique.

Mise en œuvre des semi-produits au collège COLLAGE (2/4)

COLLE AU NÉOPRENE OU COLLE CONTACT

On dépose une fine couche de colle sur chacune des surfaces à assembler, on laisse sécher 15 minutes environ et on presse les pièces l'une contre l'autre.

Ce type de collage ne convient que pour l'assemblage d'assez larges surfaces (fig. 50). Les colles au néoprène sont souples.

Le positionnement des pièces est délicat car dès la mise en contact, le collage est effectif et il n'y a plus de possibilité d'ajustement.

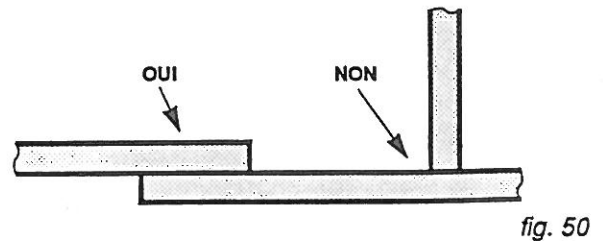


fig. 50

COLLAGE AU SOLVANT

- Les PMMA (Plexiglas, Altuglas....) se collent bien en utilisant directement leur solvant (dichlorométhane).

Les pièces à assembler doivent être planes et parfaitement ajustées ; on les maintient en place et on dépose le solvant le long du joint à l'aide d'une seringue ; le solvant pénètre par capillarité : c'est le seul procédé qui permet de coller très proprement des pièces transparentes (fig. 51).

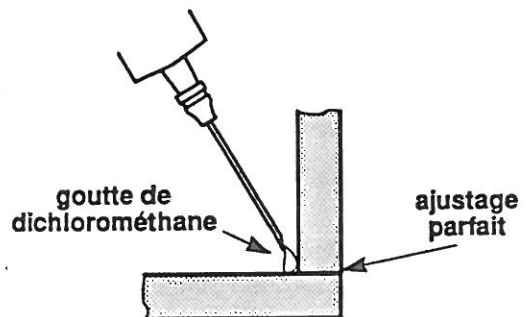


fig. 51

Les polystyrènes se collent bien en utilisant des solvants comme l'acétone ou le trichloréthylène. Mais la méthode par capillarité ne donne pas toujours de bons résultats ; le mieux est de dissoudre des chutes mises en copeaux dans le solvant pour former une sorte de pâte plus ou moins liquide que l'on utilise comme colle. On obtient un véritable soudage à froid.

COLLES SPÉCIFIQUES POUR PVC OU PMMA

On trouve chez les revendeurs de matières plastiques des colles spécifiques pour différents types de plastiques : PMMA, PVC, PVC souple etc....

Ces colles donnent d'assez bon résultats, mais les temps de séchage sont souvent longs et l'aspect du collage n'est pas parfait pour des pièces transparentes.

Ces colles sont pour la plupart rigides et cassantes une fois sèches.

L'utilisation en classe nécessite beaucoup de soin de la part des élèves, pour bien reboucher le tube, ne pas coller la table et ne pas tacher les pièces !

Mise en œuvre des semi-produits au collège COLLAGE (3/4)

COLLES CYANOACRYLATHES

Ces colles donnent d'excellents résultats pour les PVC et polystyrènes. Le collage est très rapide et d'une grande résistance.

Les collages cyanoacrylates ne supportent pas bien les contraintes de déformation.

Pour les PMMA, il se produit souvent une réaction qui conduit à la fissuration du matériau après quelques minutes, voire quelques heures.

Ce type de colle ne convient pas pour les pièces transparentes, le plan de joint blanchit.

L'utilisation des cyanoacrylates est délicate, et présente des dangers pour les élèves (projection dans les yeux, collage des doigts,...).

COLLE THERMOFUSIBLE

Ce type de colle présente de grands avantages pour le collage de pièces opaques en PVC ou polystyrène. Les surfaces à assembler doivent absolument être rendues très rugueuses par ponçage au gros grain, il faut plus compter sur un effet de scellement que d'adhérence (fig. 52).

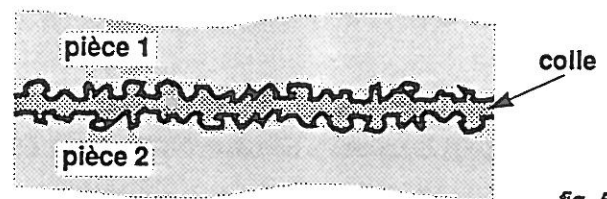


fig. 52

L'outil nécessaire est un pistolet à colle que l'on trouve dans tous les rayons bricolage. La colle se présente sous forme de bâtonnets avec lesquels on "charge" le pistolet. Il existe différents types de bâtonnets adaptés à différents matériaux, mais en pratique, les différences sont surtout sensibles quant à la couleur de la colle.

Méthode : ponçage des pièces, dépose de la colle chaude sur une des pièces, assemblage et pressage immédiat avant refroidissement (rapide) de la colle.

La pratique de ce type de collage en classe présente l'avantage d'être extrêmement rapide. Toutefois, il convient de prendre des précautions pour éviter le gaspillage de colle par les élèves et les risques de brûlures (superficielles) lors d'expériences "sauvages" ! La rapidité de l'opération permet de n'utiliser qu'un pistolet à colle (devant le professeur) pour une classe.

Les colles thermofusibles sont assez souples.

LES COLLES À DEUX COMPOSANTS

Il existe beaucoup de colles résines adaptées pour différents matériaux, avec des temps de prise plus ou moins rapides et une souplesse plus ou moins importante. Ces résines présentent un intérêt particulier pour réaliser des scellements comme l'immobilisation d'une pièce à insérer dans une cavité, ... (Voir fig. 53).

Mise en œuvre des semi-produits au collège COLLAGE (4/4)

Les résines peuvent être colorées avec des pigments divers (peintures en poudre, graphite, ...) Il convient de faire des essais car le pigment peut dénaturer la résine, la rendre plus fragile ou retarder sa prise ; parfois, c'est la résine qui dénature le pigment et change sa couleur.

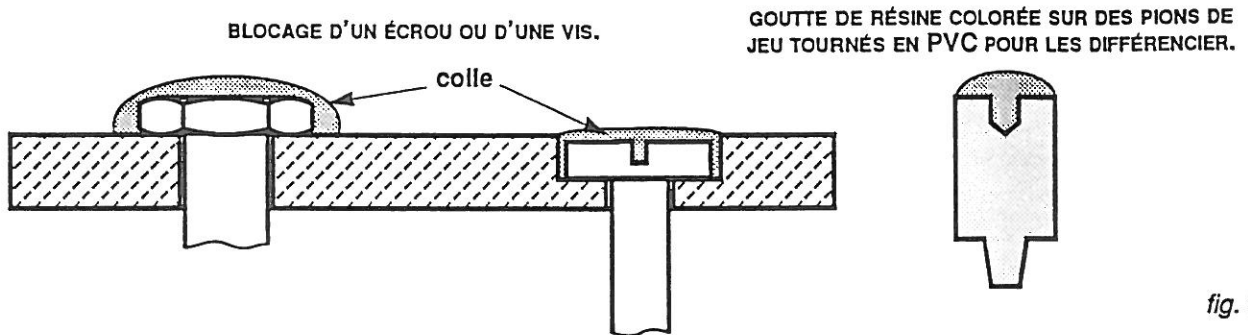


fig. 53

Après durcissement la plupart des résines peuvent être usinées, limées, poncées,...

FORME DES ASSEMBLAGES COLLÉS

Le collage est souvent le point faible des objets assemblés de cette façon.

Pour renforcer le collage et obtenir une meilleure résistance mécanique de l'assemblage, on peut placer des renforts ou modifier la forme du plan de joint (par usinage ou pliage).

Dans tous les cas, on a avantage à augmenter la surface du plan de joint.

La souplesse de la colle est aussi un facteur déterminant. Une colle trop dure ou rigide ne conviendra pas à l'assemblage de plastiques souples ou lorsque l'objet assemblé sera soumis à des déformations ou des chocs.

Exemples types d'assemblages collés :

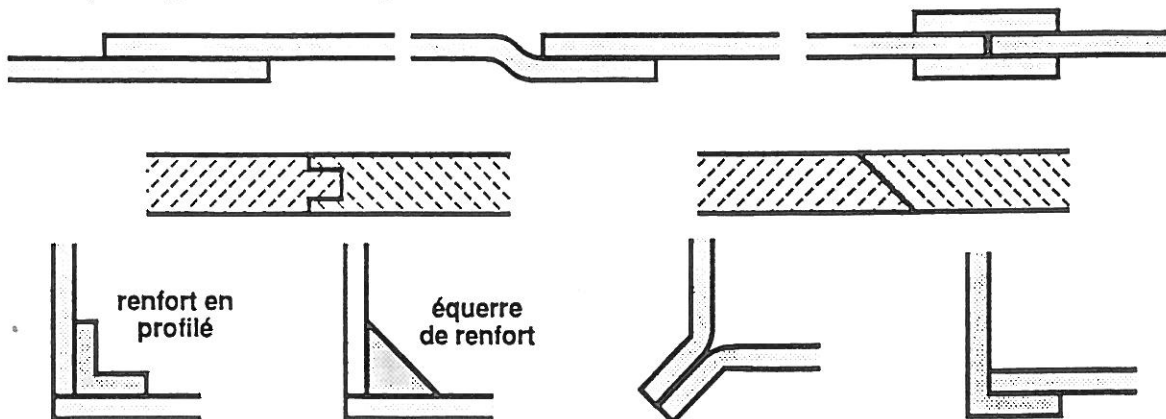


fig. 54

Mise en œuvre des semi-produits au collège ACCESSOIRES D'ASSEMBLAGE (1/3)

La plupart des accessoires de quincaillerie utilisés pour le bois ou le métal sont utilisables aussi pour l'assemblage de pièces en plastique. Nous avons retenu quelques astuces que nous vous livrons dans ce court chapitre.

LES VIS

METHODE POUR VISSER DANS LE PLASTIQUE

VISSER DIRECTEMENT DANS LE PLASTIQUE (SANS TARAUDAGE)

Il est possible de visser dans certains plastique comme dans le bois, en perçant un avant-trou de diamètre légèrement inférieur au diamètre de la vis.

Si le plastique est un peu "mou", le simple fait de visser (à froid) va creuser un pas de vis. (Exemple fig. 55).

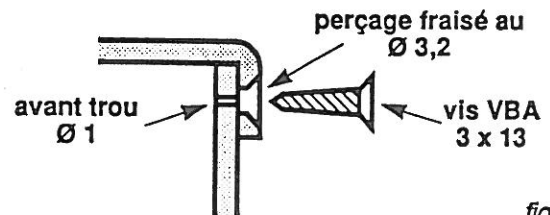


fig. 55

Dans le cas de plastique "dur" et cassant comme le PMMA (Plexiglas...) cette opération risque de fissurer et casser le plastique.

On peut alors procéder à chaud (fig. 56) :

- on chauffe la vis à la flamme (lampe à souder) presque au rouge,
- on l'enfonce ensuite dans l'avant trou préparé (sans visser), le plastique fond et en refroidissant il prend la forme des filets de la vis,
- retirer la vis avec un tournevis après refroidissement complet.

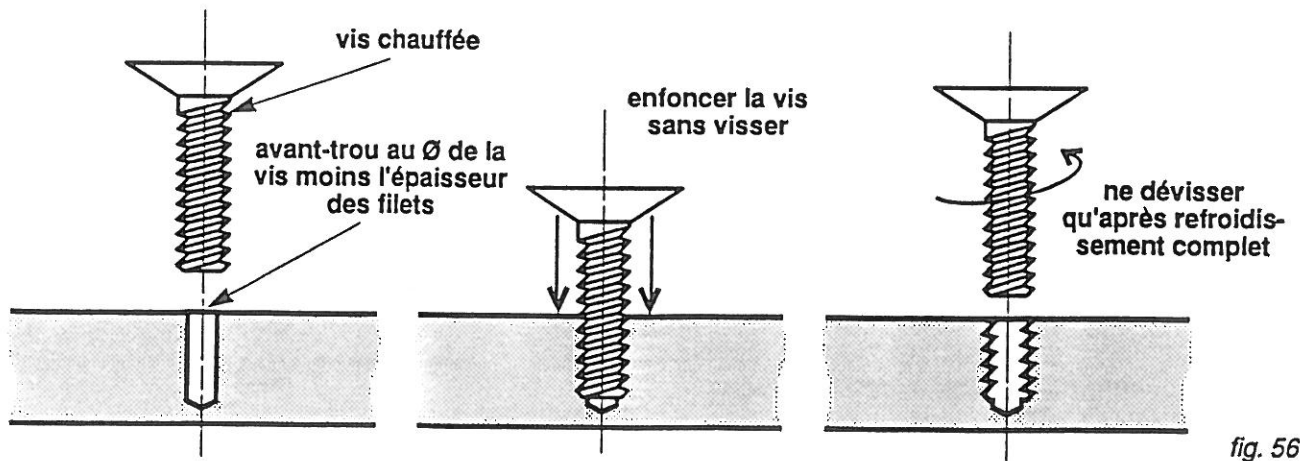


fig. 56

Mise en œuvre des semi-produits au collège ACCESSOIRES D'ASSEMBLAGE (2/3)

TARAUDAGE

Il est possible de tarauder le plastique tout comme le métal et d'utiliser ainsi des vis à filet métrique (vis à métaux); on lubrifie à l'eau savonneuse lors du taraudage.

Les vis à métaux ne tiennent convenablement que dans des plastiques plutôt durs et pour des longueurs de filetage au moins supérieures au diamètre de la vis. Le risque d'arrachement du filetage est important lors du serrage.

QUELLES VIS UTILISER ?

Les matières plastiques sont relativement fragiles et le risque est important de détruire le filetage en serrant trop fort ou si les contraintes sont trop importantes.

En vissant directement dans le plastique, à froid comme à chaud, il est recommandé d'utiliser des vis avec des filets les plus profonds possibles pour une meilleure tenue (type VBA, vis pour aggloméré, vis parker...).

Il est conseillé de n'utiliser des vis à pas métrique (vis métaux) que pour des \varnothing importants (>5 mm) ou des longueurs importantes de pénétration dans le plastique (> 10 mm).

UTILISATION DE SYSTEMES VIS-ÉCROU

Pour tout assemblage de plaques et autres pièces plastiques, il est toujours possible d'utiliser une vis avec un écrou et une rondelle.

Les métaux se dilatent moins à la chaleur que les plastiques (2 à 3 fois moins), les vis ou rivets d'assemblage peuvent, dans certains cas provoquer des fissures dans le plastique en l'empêchant de se dilater librement, en général il ne faut pas serrer exagérément les vis.

Il existe des vis et des écrous en Nylon (polyamide 6) qui permettent de limiter les risques de fissuration des pièces dus au serrage excessif et à la dilatation à la chaleur.

VIS DE RELIURE

Il existe aussi des vis à douilles dites "vis reliure" en métal ou en plastique, qui permettent un assemblage plus esthétique, ne laissant aucun filetage ni écrou apparent.

Les têtes de ces vis sont de diamètres assez importants et portent soit une empreinte pour tournevis plat (ou pièce de monnaie), soit un moletage pour visser à la main.

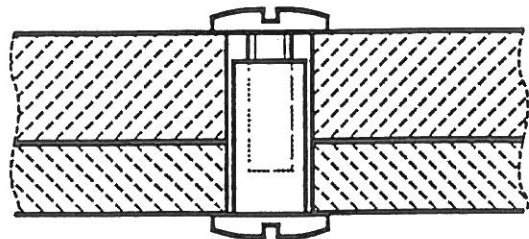


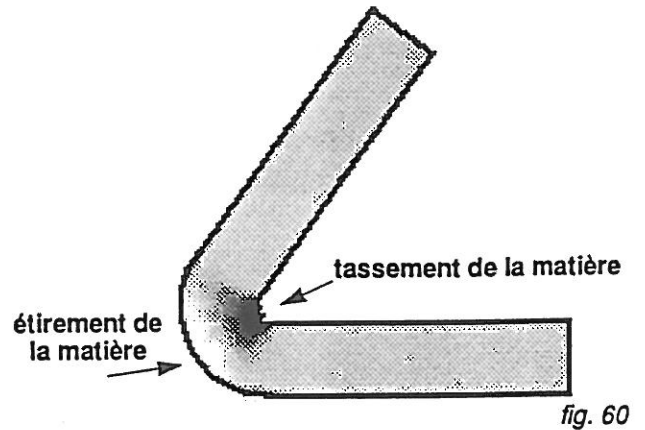
fig. 57

Mise en œuvre des semi-produits au collège THEORIE DU PLIAGE (1/4)

DÉFORMATION DE LA MATIÈRE

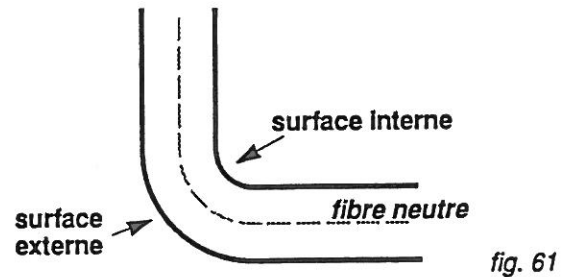
Lorsque l'on plie un matériau, il se produit :
- un étirement de la matière à l'extérieur du pli,
- un tassement de la matière à l'intérieur du pli (fig. 60).

En observant un pli en coupe transversale, on constate un amincissement de la pièce au niveau du pli qui engendre une fragilisation des pièces. En pratique pour la représentation des pièces, les calculs, on simplifie en négligeant ce phénomène.



LA FIBRE NEUTRE

Considérant une coupe transversale au pli, la fibre neutre est la ligne le long de laquelle la matière ne s'étire ni ne se tasse. Suivant la matière et la façon de réaliser le pli, la fibre neutre peut se trouver de la mi-épaisseur jusqu'à la face interne au pli (fig. 61).



Lors du pliage (considérant la fibre neutre à mi-épaisseur) :

- la surface externe s'allonge,
- la fibre neutre ne varie pas de longueur,
- la surface interne raccourcit.

DIMENSIONS DES PIÈCES AVANT LEUR PLIAGE

DÉVELOPPÉ

On appellera "développé" d'une pièce, la plaque ou feuille non encore pliée (la pièce avant son pliage).

* Par convention on représente sur les dessins les lignes de pliage par des traits interrompus longs.

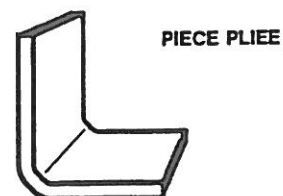
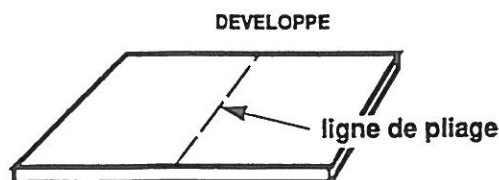


fig. 62

Mise en œuvre des semi-produits au collège ACCESSOIRES D'ASSEMBLAGE (3/3)

LES RIVETS

Ils permettent le même type d'assemblage qu'avec une vis et un écrou mais ne sont pas démon-
tables.

Il existe une multitude de types différents de rivets, nous retiendrons pour nos fabrications
plastiques des rivets type pour cuir (fig. 58) et des rivets "pop" (fig. 59) qui nécessitent toujours
un outil de pose approprié.

Rivet type cuir

Peu coûteux, pratique pour l'assemblage de
faibles épaisseurs ; nécessite un accès des
deux côtés pour sa pose.

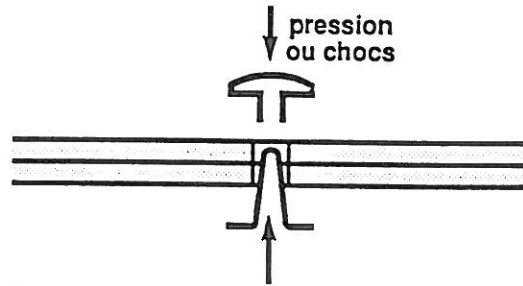


fig. 58

Rivet "pop"

Existe en métal ou en plastique, la pose ne nécessite l'accès que d'un côté ; il faut absolument
posséder la pince de pose spéciale.

La pose d'une rondelle est souvent nécessaire pour la pose des rivets "pop" métalliques dans
des plastiques ; sinon le rivet risque de ne pas tenir. (Fig 59).

Pose d'un rivet "pop"

1 - PLACER LE RIVET DANS LA PINCE
2 - METTRE EN PLACE LE RIVET DANS
LES PIÈCES À ASSEMBLER

3 - PLACER UNE RONDELLE
SI POSSIBLE

4 - POSE DU RIVET : l'outil tire le
rivet qui s'écrase sur la ron-
delle, jusqu'à rupture du
"clou"

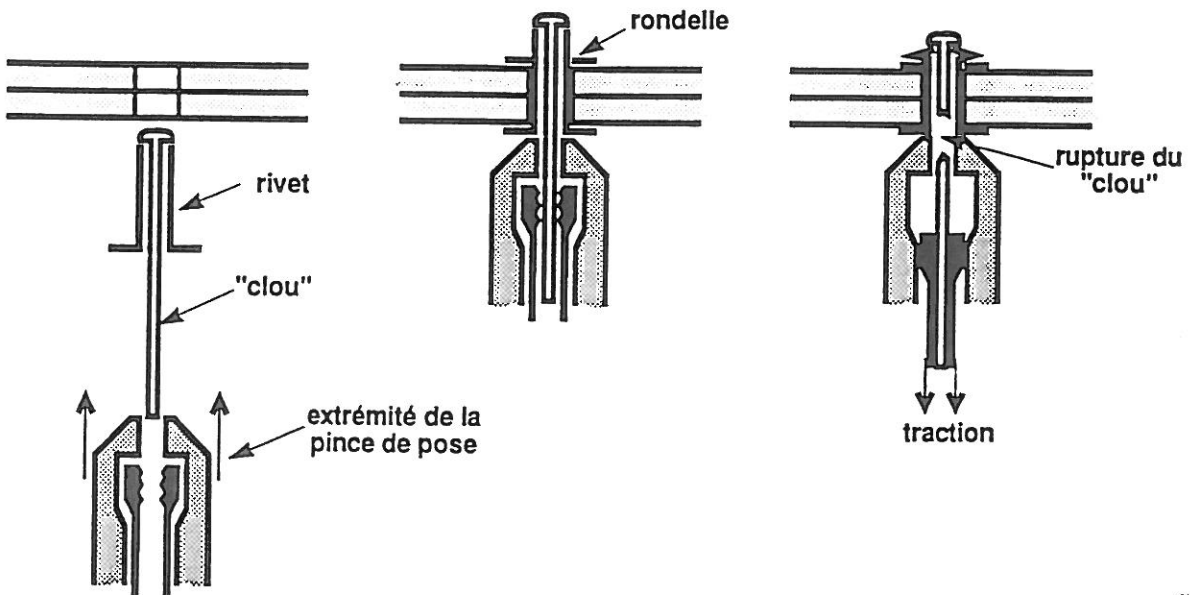


fig. 59

Mise en œuvre des semi-produits au collège THEORIE DU PLIAGE (2/4)

LONGUEUR DU DÉVELOPPÉ

Pour une pièce pliée de dimensions finales données, on peut calculer la longueur du développé nécessaire pour obtenir la pièce aux cotes prévues.

Nous retiendrons trois cas pouvant se présenter, du plus compliqué au plus simple :

- fibre neutre à mi-épaisseur,
- fibre neutre à mi-épaisseur avec rayon interne du pli nul ou quasi nul,
- fibre neutre sur la face interne du pli.

MÉTHODE DE CALCUL

(1) FIBRE NEUTRE À MI-ÉPAISSEUR (fig. 63)

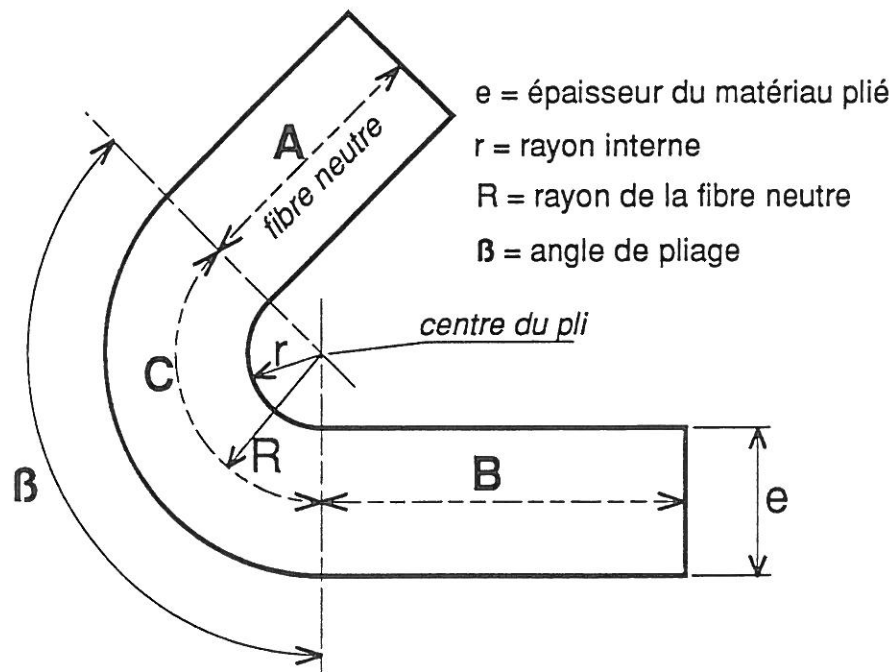


fig. 63

La longueur du développé de cette pièce = segment A + arc de cercle C + segment B.

Calcul de la longueur de l'arc C :

$C = (\text{circonférence du cercle de rayon } R) \times (\text{fraction de la circonférence que représente l'angle } \beta)$

$C = (2 \pi R) \times (\beta/360)$ où β est exprimé en degrés

• $R = (r) + (e/2)$ dans l'hypothèse faite (fibre neutre au milieu de l'épaisseur)

Ce cas se présente rarement en pliage de plastique et ne s'applique que lors du cintrage d'une pièce sur un gabarit de rayon relativement important.

Mise en œuvre des semi-produits au collège THEORIE DU PLIAGE (3/4)

(2) FIBRE NEUTRE À MI-ÉPAISSEUR AVEC RAYON INTERNE (R) QUASI-NUL (fig. 65)

Lors du pliage de plastique, on arrive facilement à réaliser un rayon intérieur si faible que l'on peut le considérer comme nul.

Ce qui amène la simplification suivante :

$$R = 1/2 e$$

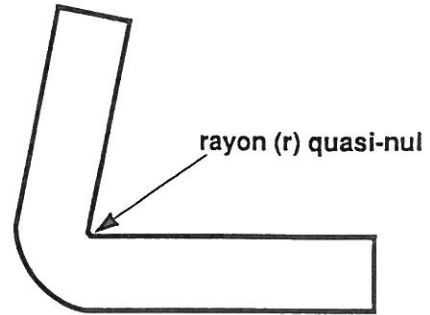


fig. 64

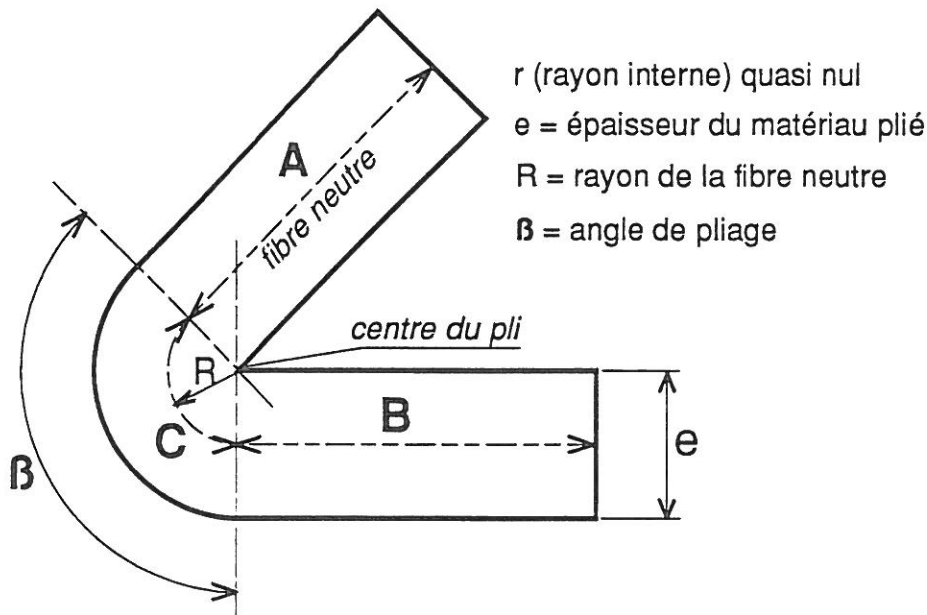


fig. 65

La longueur du développé de cette pièce =
segment A + arc C + segment B

Calcul de la longueur de l'arc C

C = (circonférence du cercle de rayon R) × (fraction de la circonférence que représente l'angle β)

C : $(2 \pi R) \times (\beta/360)$ où β est exprimé en degrés

• $R = 1/2 e$

Pour la conception des pièces, leur dessin et leur réalisation avec les élèves, un pliage avec rayon intérieur nul est bien plus pratique à réaliser, et la fibre neutre plus facile à calculer. On obtient ce type de pliage (fibre neutre à mi-épaisseur) dans du plastique en pliant sans gabarit, par la méthode au fil chaud (voir modes de pliage).

Mise en œuvre des semi-produits au collège THEORIE DU PLIAGE (4/4)

(3) FIBRE NEUTRE À L'INTÉRIEUR DU PLI

En pratique lors du pliage de plastiques d'épaisseurs < 3mm, on arrive facilement à obtenir que la fibre neutre soit sur la face interne du pli.

On obtient ce résultat en opérant convenablement par pliage au fil chaud ou avec une plieuse à tablier.

On chauffe uniquement la face externe du pli, le moins possible pour éviter le ramollissement de la face interne, de façon à ne favoriser que l'étirement de la face externe. Il est conseillé d'utiliser un gabarit de pliage à angle vif.

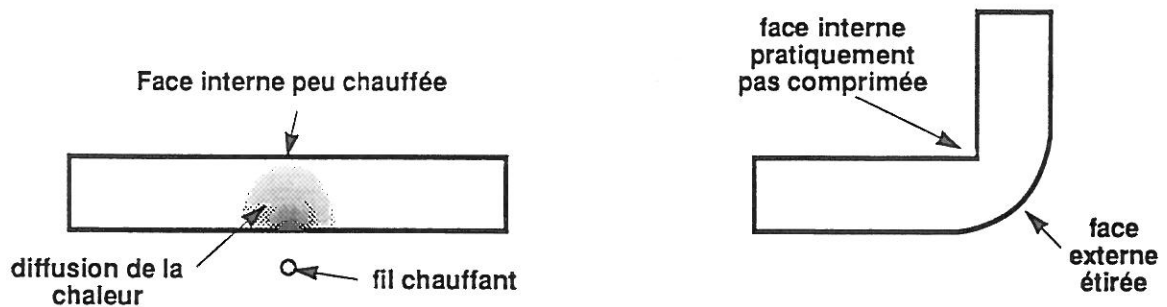


fig. 66

Longueur du développé de cette pièce

$$= \text{segment A} + \text{segment B}$$

(fig. 67)

C'est la méthode de pliage la plus employée par les professionnels et évidemment la plus simple pour la conception des pièces avec les élèves.

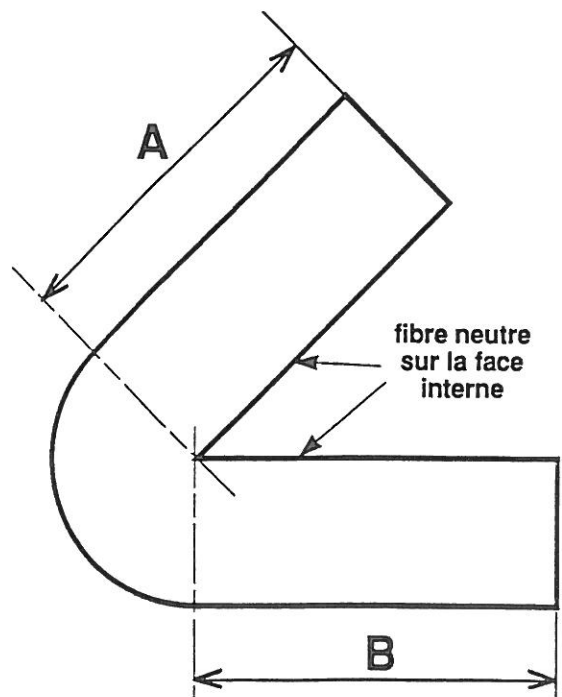


fig. 67

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (1/12)

INTRODUCTION

Le pliage des feuilles de thermoplastiques se fait de préférence à chaud pour ramollir la matière afin de la déformer. Une fois la pièce refroidie, elle conserve sa nouvelle forme.

Nous retiendrons ici deux techniques utilisables en collège pour chauffer et plier les pièces :

- fil chauffant électrique (ou résistance infrarouge linéaire) ; chauffe localisée sur une ligne,
- générateur d'air chaud (décapeur thermique,...) ; chauffe diffuse sur une plus large surface.

* Il existe d'autres procédés de chauffe :

étuve, four, lampe à souder,...qui sont peu pratiques pour des petites fabrications type collège.

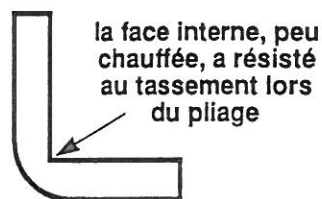
Le pliage peut être pratiqué à froid avec des feuilles minces (0,4 à 0,8 mm d'épaisseur) de plastiques souples. On réalise ainsi des objets type pochettes ou petites boîtes, comme en cartonnage.

GÉNÉRALITÉS

Sauf impossibilité, on préfère toujours **chauffer le plastique par l'extérieur du pli.**

Cette méthode offre l'avantage de pouvoir obtenir la fibre neutre sur la face interne et aussi de donner des plis plus esthétiques. (fig. 68)

PIECE CHAUFFÉE PAR
L'EXTÉRIEUR DU PLI



PIECE CHAUFFÉE PAR
L'INTÉRIEUR DU PLI

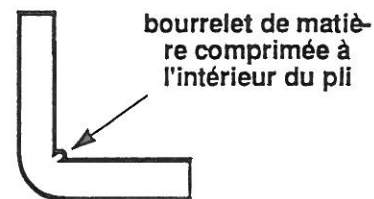


fig. 68

Après pliage, il est important de **maintenir la pièce en forme jusqu'à son refroidissement complet** ; sinon, la matière ayant tendance à reprendre sa forme initiale, le pli va se réouvrir un peu.

La température de ramollissement des thermoplastiques est voisine de 120° à 150° suivant les types.

Lorsqu'on chauffe trop fort ou trop longtemps un thermoplastique, il peut se produire un brunissement ou un jaunissement de la matière, l'apparition de bulles, un boursoufflement et enfin la destruction de la pièce.

Les plastiques transparents sont très sensibles au **phénomène de bullage** lors d'une chauffe excessive. Ce phénomène est dû à la vaporisation des solvants (additifs, plastifiants,...) contenus dans le matériau et en particulier de l'humidité absorbée durant le stockage.

Il est toujours préférable de **stocker les plastiques dans un lieu sec.**

Il ne faut pas confondre le pliage à chaud et le thermoformage, technique particulière qui s'apparente plus au moulage (voir chapitre : "procédés de transformation").

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (2/12)

PLIAGE AU FIL CHAUD

LA PLIEUSE

LE PRINCIPE

Il existe sur le marché, plusieurs modèles de plieuses dont le principe de fonctionnement est toujours le même (fig. 69) :

- un élément résistant linéaire est porté en température par un courant électrique,
- la feuille de plastique à plier est maintenue à une distance d'environ 5 mm, au dessus de la résistance chauffante,
- la chauffe linéaire permet de réaliser un pli droit, à une position précise.

Principe de plieuse pour thermoplastique

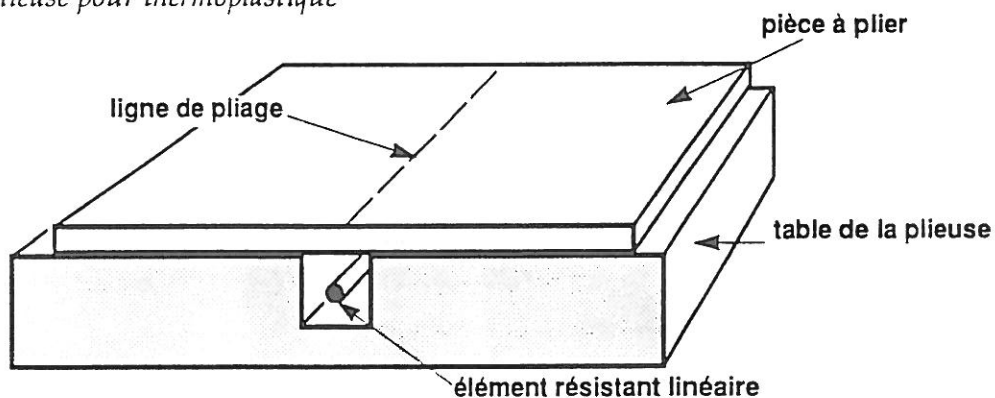


fig. 69

DIFFÉRENTS TYPES DE PLIEUSE

- Certaines plieuses possèdent une résistance rigide de diamètre relativement important au lieu d'un fil résistant tendu.
L'entretien d'une telle plieuse est plus aisé qu'avec un fil tendu qui finit toujours par casser et qu'il faut remplacer.
Par contre la chauffe est moins localisée qu'avec un fil fin et le pliage est moins précis.
- Des plieuses possèdent un tablier, c'est à dire une pièce mobile qui force le pli (fig. 70) :

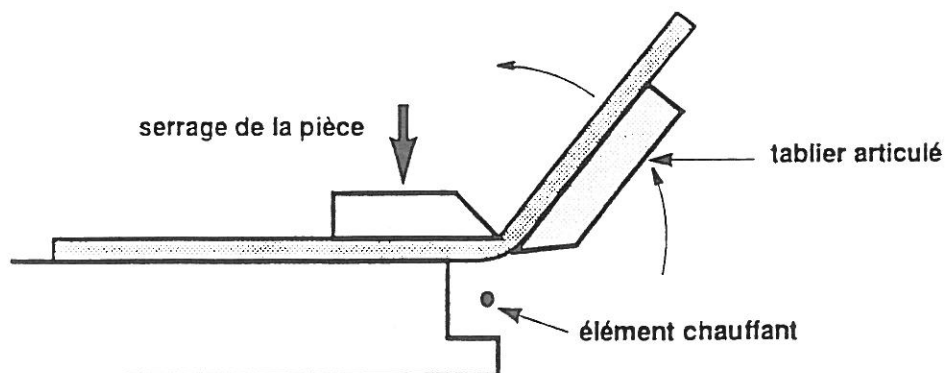


fig. 70

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (3/12)

Les plieuses à tablier offrent l'avantage du contrôle de l'angle de pliage sans avoir besoin de gabarits.

Par contre, les inconvénients en collège nous semblent plus nombreux :

- Machine immobilisée durant le refroidissement
- Difficulté pour plier des petites pièces
- Difficulté pour effectuer des plis rapprochés.
- Prix d'achat dissuasif.

Nous préférons une plieuse plus simple à fil résistant tendu.

LE PLIAGE PAR LES PROFESSIONNELS

Bien qu'il existe de grosses plieuses à tablier, les professionnels de la tabletterie utilisent le plus souvent un simple transformateur associé à une planche sur laquelle on plante des clous pour tendre le fil résistant (fig. 71).

Cette méthode permet de chauffer simultanément plusieurs plis.

Les ressorts servent à tendre le fil chauffant et à compenser son allongement à la chaleur.

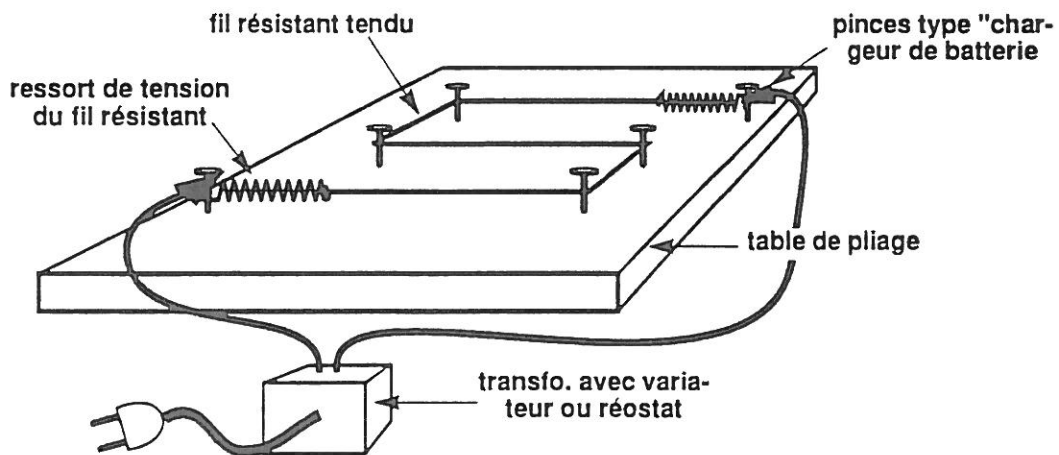


fig. 71

Il faut disposer des plots pour maintenir la pièce à bonne hauteur au dessus du fil résistant et placer des cales de positionnement de la pièce pour réaliser les plis aux bons endroits.

Ce système constitue un montage de pliage que l'on change ou modifie à chaque nouvelle fabrication.

Nous verrons plus loin comment utiliser ce principe pour réaliser une plieuse simple.



Mise en œuvre des semi-produits au collègue PRATIQUE DU PLIAGE (4/12)

REGLAGE DE LA PLIEUSE

TEMPÉRATURE

Le fil résistant doit être porté au rouge sombre, si le réglage est possible à l'aide d'un variateur. Il convient toutefois de faire des essais en fonction du type de plastique et de son épaisseur. Dans le cas d'une résistance rigide, celle-ci ne rougit pas en chauffant.

- Plus la plaque à plier est épaisse, plus douce doit être la chauffe pour laisser le temps à la chaleur de pénétrer la matière sans surchauffer la face exposée.
- Dans le cas de plastique transparent, la chauffe doit être modérée pour éviter le bullage de la matière.

TEMPS

Certaines plieuses sont équipées d'une minuterie ; dans tous les cas, pour déterminer le temps idéal, il faut pratiquer un essai :

- mettre en route la plieuse et placer la pièce.
 - maintenir la pièce plaquée sur la plieuse d'un côté du pli et soulever l'autre côté du pli jusqu'à ce qu'il accepte le pliage.
 - Dès que le plastique accepte le pliage, il faut soustraire la pièce à la chauffe noter le temps et la maintenir en forme jusqu'à son refroidissement complet.
- Si le pli n'est pas maintenu jusqu'au refroidissement complet, il aura tendance à se rouvrir de quelques degrés.

- Si la plieuse n'est pas équipée d'une minuterie qui coupe automatiquement la chauffe, il faut mieux la laisser sous tension en permanence de façon que la température du fil soit constante (inertie thermique).
Pour une plieuse à fil résistant, mieux vaut la laisser en chauffe permanente que d'éteindre et rallumer souvent ; la durée de vie du fil en sera prolongée.
- Le temps moyen de chauffe est de l'ordre d'une demi minute pour des épaisseurs de 2 à 3 mm.
- Si l'on veut bien réussir un pli avec fibre neutre sur la face interne, il faut que la chauffe soit la plus brève possible (voir figure 68).

HAUTEUR DE LA PIÈCE/ÉLÉMENT CHAUFFANT

La distance moyenne est de l'ordre de 5mm, souvent non réglable.

Il est toujours possible de placer des cales sous la pièce pour la rehausser.

En fait, il faut trouver un compromis entre :

- la température,
- le temps,
- la distance entre l'élément chauffant et la pièce.

Mise en œuvre des semi-produits au collègue PRATIQUE DU PLIAGE (5/12)

POSITIONNEMENT DE LA PIÈCE SUR LA PLIEUSE

- La plieuse peut être équipée de butées (fig. 72) :
- angle des chants de la pièce/pli (souvent perpendiculaires).
 - distance des chants de la pièce/pli

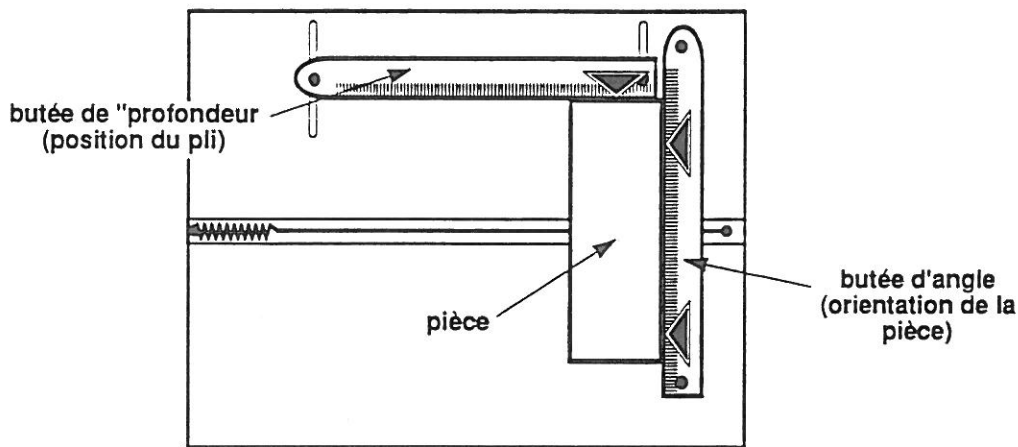


fig. 72

La butée d'angle est quasi nécessaire pour obtenir une bonne géométrie des pièces pliées.

Le positionnement relatif d'une pièce fait appel aux notions d'isostatisme :

- appui plan (table) (3 points)
- orientation (butée d'angle) (2 points)
- butée (1 point)

- Dans tous les cas, il est préférable de tracer la ligne de pliage sur la face interne du pli (visible lors de l'opération de pliage). C'est un bon moyen de contrôle au moment de la chauffe et surtout au moment du pliage.

MISE EN FORME DES PIÈCES

Dans tous les cas il est préférable d'utiliser un gabarit ou une forme sur laquelle on fait refroidir la pièce (fig. 73).

Le refroidissement est souvent plus long que la chauffe.

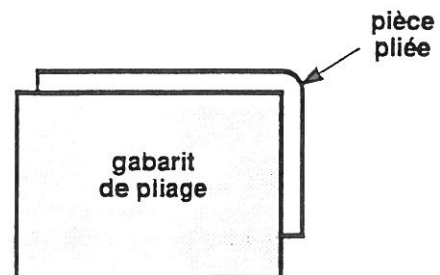


fig. 73

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (6/12)

Pour contrôler un angle, il est possible de n'utiliser qu'une simple équerre ; dans ce cas, il faut une certaine habileté pour réussir un pliage correct (fig 74).

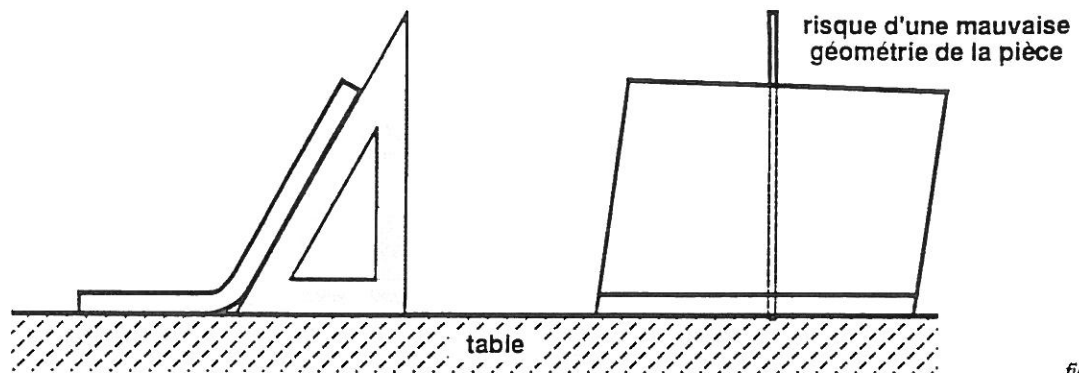


fig. 74

Avec une simple équerre comme gabarit, le rayon interne du pli sera toujours plus important et les dimensions finales de la pièce plus difficilement contrôlables.

FIBRE NEUTRE

- Si on chauffe un peu trop le pli et si on n'utilise pas de gabarit ou seulement une équerre, la fibre neutre sera à mi-épaisseur de la pièce pliée.
- Si on chauffe le pli au minimum et qu'on utilise un gabarit intérieur au pli, la fibre neutre sera sur la face de la pièce interne au pli.

GABARITS

- Pour un bon contrôle de la fibre neutre et des dimensions finales de la pièce, on préfère toujours un gabarit intérieur au pli (fig. 75).

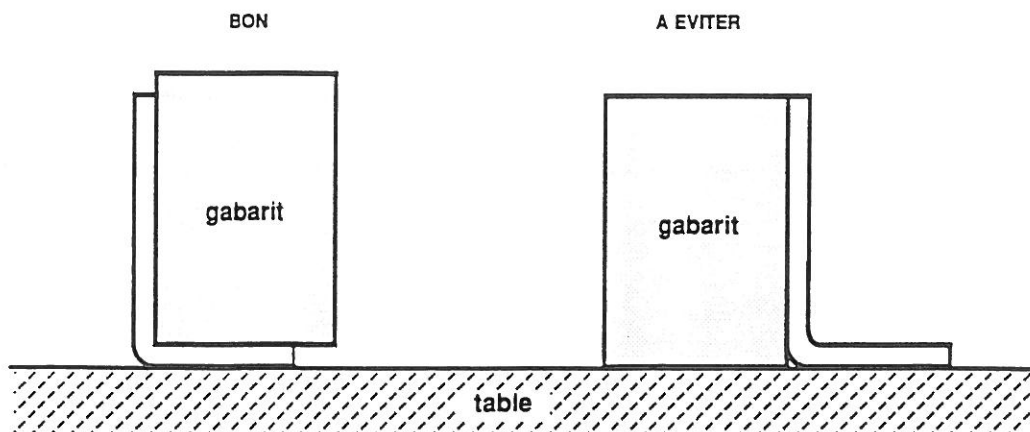
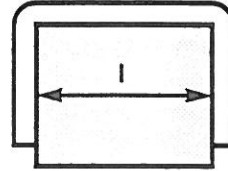


fig. 75

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (7/12)

- Les gabarits servent à contrôler les angles mais peuvent servir aussi à contrôler les dimensions des pièces (fig. 76).



bonne précision de la dimension "l"

fig. 76

En utilisant bien un gabarit, on arrive à contrôler avec précision toutes les dimensions d'une pièce (fig. 77).

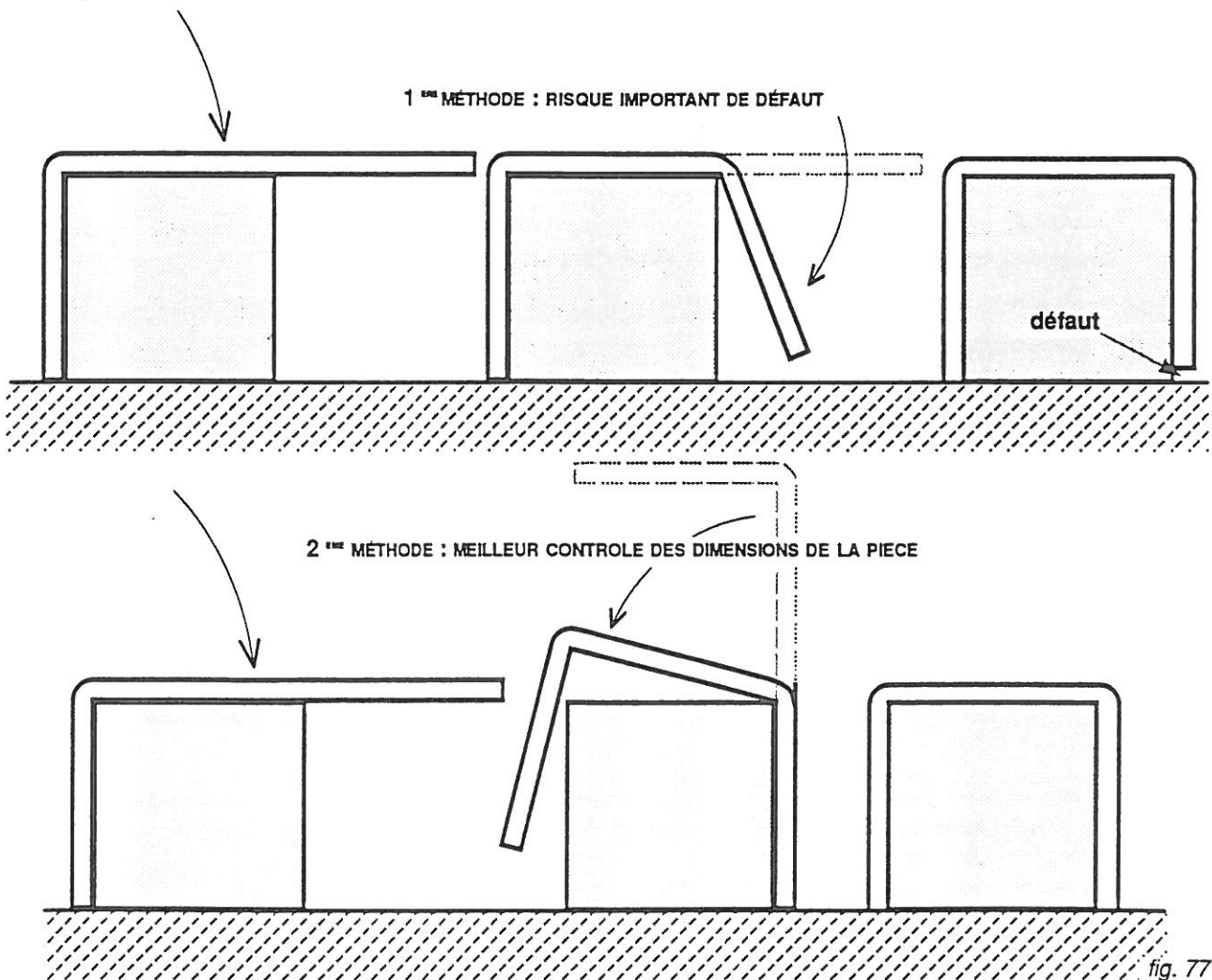


fig. 77

- Au moment du pliage, on peut toujours étirer ou tasser un peu la pièce pour ajuster ses mesures (dans de faibles proportions).
- Les gabarits sont facilement réalisables en bois, on utilise des tasseaux rabotés, du contre-plaqué épais. Il faut éviter d'utiliser de l'aggloméré dont les arrêtes sont trop fragiles.

Un angle vif d'une table en bon état peut servir de gabarit.

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (8/12)

Les gabarits réglables :

Il existe des gabarits à angle réglable. On les trouve chez certains revendeurs spécialisés, mais on peut en fabriquer assez facilement.

Principe de gabarit réglable :

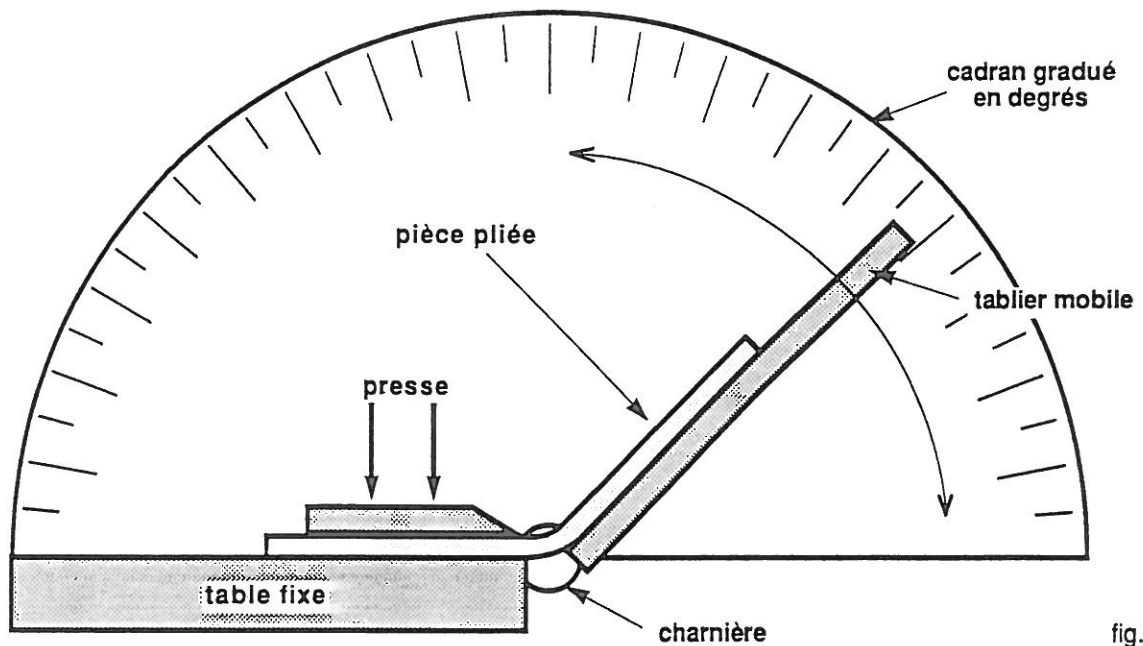


fig. 77b

Ces gabarits présentent l'avantage d'être universels et pratiques pour des pliages à des angles différents que 90° . Mais leur inconvénient majeur est de maintenir la pièce en forme par l'extérieur du pli. Le rayon interne est donc toujours relativement important, il est presque impossible d'obtenir la fibre neutre sur la face interne et la précision de la position du pli n'est pas parfaite.

On utilisera ce type de gabarit pour la réalisation de pièces simples, ne nécessitant pas une grande précision.

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (9/12)

QUELQUES CONSEILS ET ASTUCES

- Les gabarits, la table sur laquelle on opère, les doigts peuvent "marquer" les pièces. Travailler sur une table bien lisse (stratifiée) ou sur une vitre. Utiliser éventuellement des plaquettes de plastique par exemple pour plaquer les pièces au gabarit (fig. 78). On peut recouvrir les gabarits de papier "craft" pour éviter qu'ils ne marquent les pièces.

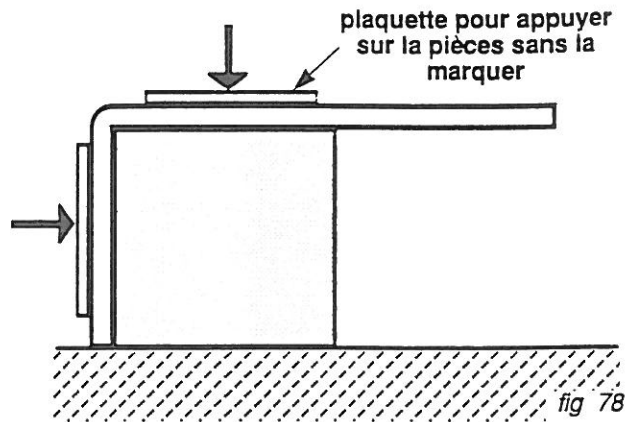


fig 78

- Si la pièce n'est pas maintenue en forme jusqu'à refroidissement complet, elle va toujours se "rouvrir" un peu. Une pièce pliée a toujours tendance à reprendre sa forme initiale (mémoire de forme) ; (fig. 79).

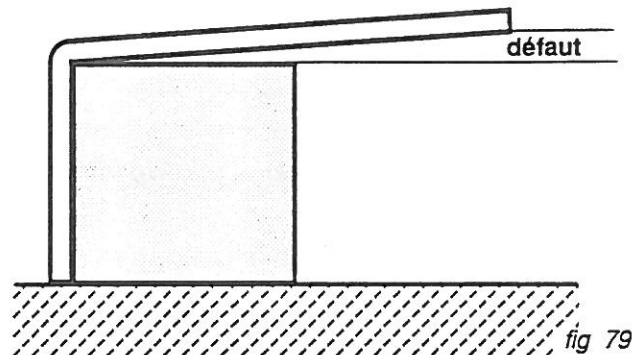


fig 79

- Une pièce mal pliée peut être redépliée et même plusieurs fois (fig. 80). Pour cela, il faut réchauffer le pli jusqu'à ce que la pièce commence à se déplier toute seule. En réchauffant le pli, la pièce a toujours tendance à reprendre sa forme initiale. Il faut attendre un refroidissement complet de la pièce dépliée avant de la plier à nouveau.

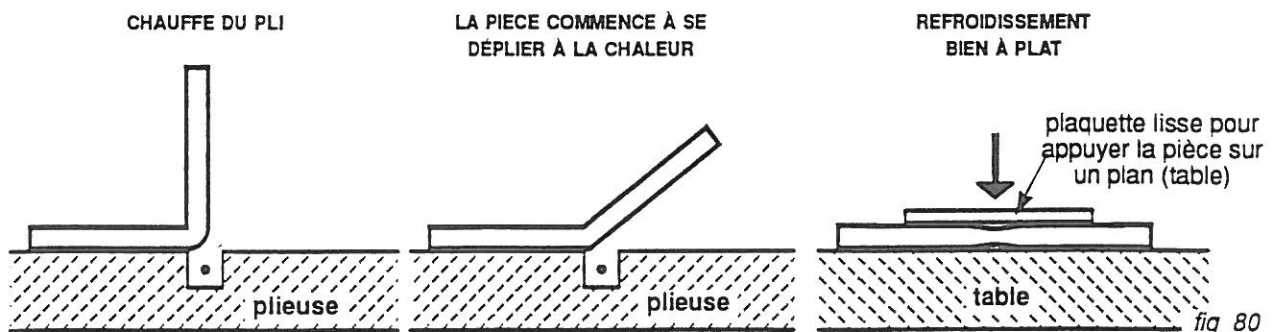


fig 80

- il n'est pas toujours nécessaire d'enlever le film de protection du plastique lors du pliage, ce qui permet de préserver la qualité de surface de la pièce durant toute la fabrication. Le risque est que le film de protection se soude sur le pli ou laisse des traces, mais l'expérience montre que ce problème ne se produit que rarement. Il ne faut ensuite ôter le film de protection qu'une fois la pièce totalement refroidie; sinon il colle toujours au pli. Faites un essai...

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (10/12)

CINTRAGE OU PLIAGE AU GÉNÉRATEUR D'AIR CHAUD

Il existe des générateurs d'air chaud portatifs professionnels qui coûtent très cher.
On peut utiliser un décapeur thermique électrique (200 à 400 F), tout à fait satisfaisant pour le cintrage de plastiques minces (jusqu'à 5mm).

Un sèche cheveux ne peut pas convenir, la température est trop faible (heureusement...).

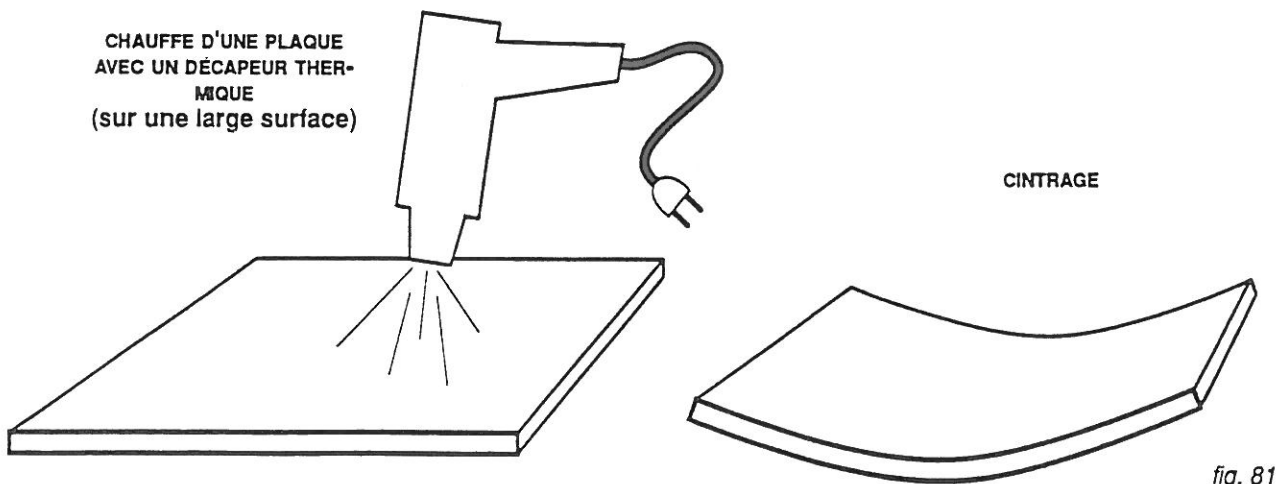
CINTRAGE AVEC UN DECAPEUR THERMIQUE

On utilise un décapeur thermique pour porter une feuille de plastique à sa température de ramollissement.

La chauffe est diffuse contrairement à la chauffe par fil résistant et convient mal pour réaliser correctement un pli ponctuel et précis (même si on tente d'utiliser des déflecteurs pour canaliser le flux d'air).

Le générateur d'air chaud convient pour réaliser des cintrages plutôt que des pliages (fig. 81).
La température du flux d'air est de l'ordre de 400°; il faut donc "balayer" la surface du plastique à une distance d'environ 20 cm.

Le temps de chauffe est très variable suivant la puissance de l'appareil, la nature du plastique et la surface à chauffer. Au delà de 5 minutes, il faut envisager un autre moyen de chauffe (four, étuve,...)



* Nota, on peut utiliser le grill d'un four électrique en plaçant la feuille plastique le plus bas possible. Temps de chauffe très court, < 1 minute.

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (11/12)

MISE EN FORME DES PIÈCES

Dans le cas d'un cintrage au générateur d'air chaud, l'emploi de gabarits est pratiquement nécessaire

Exemple de cintrage entre deux cales de bois découpées à la scie à ruban ou à la scie sauteuse :

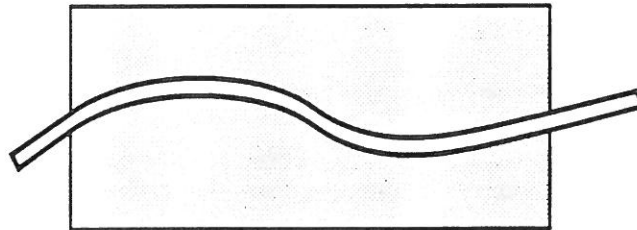
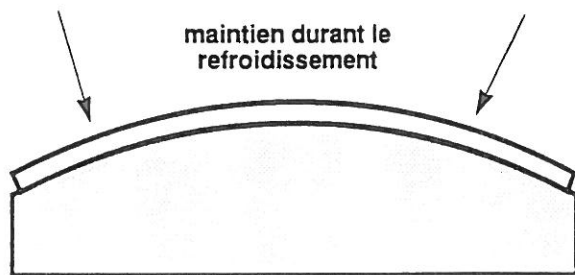


fig. 82

Exemples de cintrages sur formes :



RÉALISATION D'UNE PIÈCE
D'ACCROCHE TYPE AGRAFE
DE STYLO

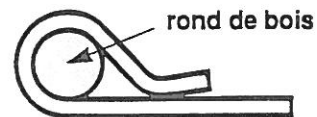


fig. 83

On préférera toujours chauffer du côté extérieur au cintrage et prévoir un gabarit de la forme intérieure.

Le maintien en forme est nécessaire jusqu'à refroidissement complet.

SÉCURITÉ

Attention à l'utilisation d'un découpeur thermique par des élèves :

- la température élevée du flux d'air chaud peut provoquer des brûlures,
- on enflamme facilement une feuille de papier avec un découpeur thermique.

Mise en œuvre des semi-produits au collège PRATIQUE DU PLIAGE (12/12)

PLIAGE À FROID

Certains plastiques souples comme les PVC souples, les polyéthylènes et polypropylènes, se plient à froid en feuille de faible épaisseur (0,4 à 0,8 mm). On réalise ainsi des objets suivant une technique proche du cartonnage : pochettes souples, porte-documents, petites boîtes, valisettes publicitaires, ...

Le plastique est donc utilisé comme de la carte ou cartonnnette. Le collage (quasi impossible sur les plastiques souples) est proscrit. On monte les objets par pliage à partir d'une seule pièce et verrouillage avec des systèmes de languettes. Les fabricants professionnels rivalisent d'ingéniosité pour trouver des systèmes de verrouillage à la fois efficaces et simples à monter. (Voire le plan d'une petite valisette au chapitre "exemples de réalisations simples").

MÉTHODE DE TRAVAIL

Les tracés sont souvent difficiles à faire car l'encre ne tient pas et la règle glisse.

On peut utiliser un crayon à papier lorsque la surface est rugueuse (aspect cuir par exemple), ou un feutre fin. Si on utilise un feutre permanent, il faut vérifier qu'il se nettoie bien et sans laisser de trace une fois l'objet fini.

Pour éviter le glissement de la règle sur le plastique, on peut lui coller une bande de matériau anti-dérapant (caoutchouc) ou simplement la frotter à la cire d'abeille.

La découpe de ces plastiques minces et souples est réalisée à la cisaille, au cutter, aux ciseaux, ou par emporte-pièce.

Les fentes pour les systèmes de verrouillage peuvent être pratiquées au ciseau à bois.

Les perçages sont réalisés à l'emporte-pièce.

Le pliage se fait à la main en marquant au préalable le pli à l'aide d'une lame fine mais non coupante (le plioir de cartonnage n'est pas assez fin, la pointe d'un ciseau peut convenir). Le marquage avant pliage doit être pratiqué sur l'extérieur du pli.

PLIAGE À FROID DE PLASTIQUES SEMI-RIGIDES

Il est possible de plier à froid des plastiques semi-rigides (polystyrène choc, PVC,...), d'épaisseur 1 à 1,5 mm.

On peut réaliser rapidement de cette façon des pièces semi-rigides, peu précises en angles de pliage. Cette technique n'est valable que dans le cas de pièces peu sollicitées car la matière est très affaiblie au niveau du pli.

Le pli réalisé à froid peut présenter des fissurations, la matière peut blanchir, ce qui nuit aussi à l'esthétique de l'objet réalisé.

La méthode de pliage est identique au pliage d'une fine tôle de métal, mais le pli réalisé à froid dans du plastique a tendance à se rouvrir dans des proportions importantes. Il faut donc plier la pièce au delà de l'angle souhaité et espérer qu'elle se rouvre au bon angle. La précision angulaire n'est pas excellente...

Mise en œuvre des semi-produits au collège FABRIQUER UNE PLIEUSE A FIL CHAUD (1/4)

PRINCIPE

Nous donnons ici des conseils pour réaliser une plieuse à fil chauffant, efficace et simple (fig. 84). Le principe est de tendre un fil résistant que l'on porte au rouge par un courant électrique basse tension (tension < 20 volts pour la sécurité de l'opérateur).

Les éléments principaux de cette plieuse sont :

- le transformateur électrique
- le fil résistant
- la table ou planche de pliage.

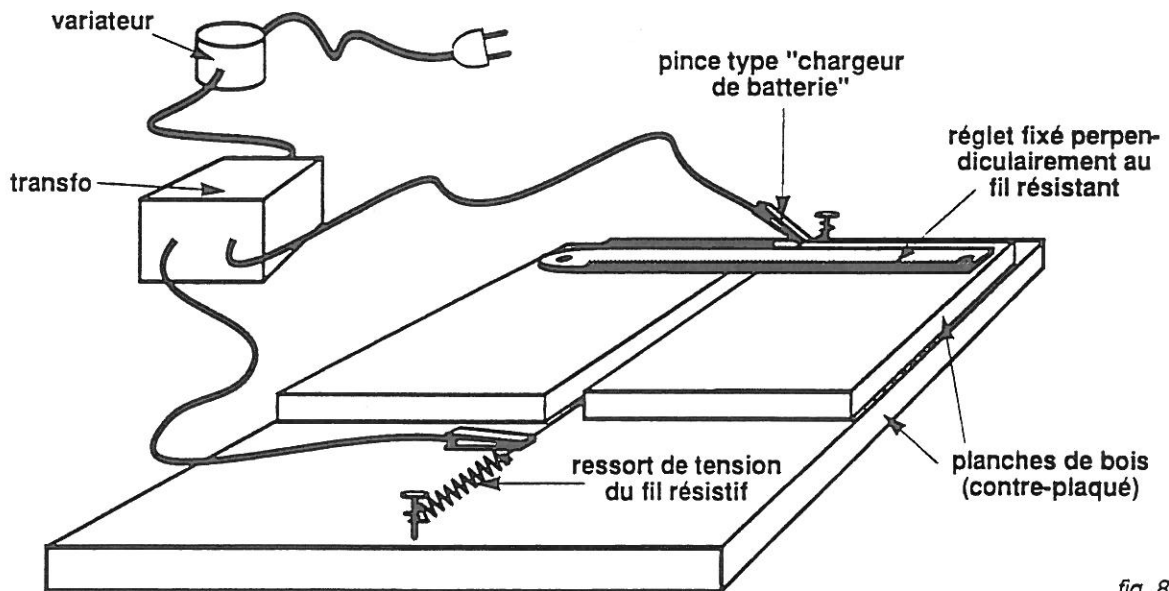


fig. 84

LE TRANSFORMATEUR (TRANSFO)

Il faut qu'il puisse débiter en sortie un courant de l'ordre de 30 ampères sous 7 à 20 volts pour porter au rouge un fil résistant de diamètre 0,8 à 1 mm.

Les petits transfos d'alimentation de mini-perceuses, trains électriques ou autre ne peuvent pas convenir.

Le transfo utilisé doit avoir une puissance de l'ordre de 200 à 300 volts x ampères en sortie.

Un chargeur démarreur (et non un chargeur simple) pour voiture peut faire l'affaire. Un poste à souder électrique convient aussi bien.

Sinon récupérez un transfo puissant ou achetez en un chez un spécialiste.

Mise en œuvre des semi-produits au collège FABRIQUER UNE PLIEUSE A FIL CHAUD (2/4)

TROUVER UN TRANSFO...

- On trouve des transfo suffisamment puissants dans les vieilles télévisions, par exemple, ou dans des vieux amplis à lampes (guitare électrique,...).

Faites-vous conseiller par une personne ayant des connaissances en électricité pour le choix du transfo.

Un bon moyen empirique de choisir le transfo est l'observation des fils du bobinage de sortie : ils doivent avoir un diamètre de l'ordre de 2 mm, 2 fois plus gros au moins que le fil résistant à porter au rouge (fig. 85).

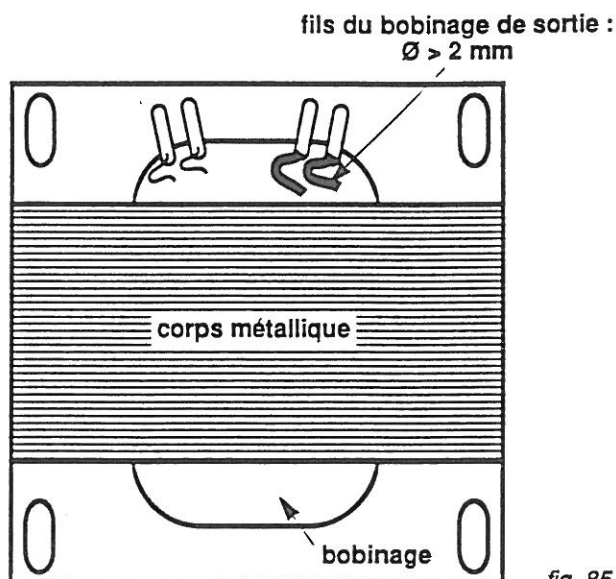


fig. 85

- Le voltage de sortie a moins d'importance. Plus il est important, plus long pourra être le fil résistant. Avec 6 volts on peut porter au rouge une corde à piano de 0,8 mm sur une longueur de 25 cm environ (essai fait avec un transfo récupéré sur une ancienne télévision à lampe).

- les fils qui conduiront le courant à la résistance chauffante doivent être de fort diamètre et porter en bout des pinces pour établir le contact avec le fil résistant. Des câbles pour démarrer une voiture conviennent bien.

- La mise au point de la plieuse sera plus pratique si on peut faire varier le courant de sortie du transfo.

Pour cela, on peut agir sur le primaire (courant d'entrée, 220 volts) avec un simple variateur du commerce supportant 500 watts.

Sinon il faudra trouver le compromis exact entre le diamètre du fil résistant et sa longueur, en fonction du voltage de sortie du transfo pour obtenir une température convenable du fil résistant (il doit être porté au rouge sombre).

SÉCURITÉ

Le choix du transfo et sa mise en fonction (connexions, capotage de protection, fusible, constituent la seule réelle difficulté de réalisation de la plieuse.

Faites-vous conseiller et aider par une personne compétente en électricité.

Il existe des normes qu'il convient de respecter.

Si votre montage n'est pas convenable, vous risquez de provoquer de graves accidents. Se brûler sur le fil résistif ne porte pas à conséquence, mais s'électrocuter ou provoquer un incendie doit être évité en priorité.

Ne risquez pas de blesser un élève avec un montage dangereux, vous êtes responsable de la sécurité de vos élèves.

*** Avant utilisation en classe, laisser fonctionner votre plieuse en continu et sous surveillance pendant au moins une heure. Le transfo ne doit pas être exagérément chaud et la gaine des fils ne doit pas risquer de fondre.**

Mise en œuvre des semi-produits au collège FABRIQUER UNE PLIEUSE A FIL CHAUD (3/4)

UTILISATION D'UNE BATTERIE

Une simple batterie de voiture peut très bien être utilisée comme source de courant.

Les avantages sont :

- la simplicité de mise en œuvre,
- l'absence de risque lié à l'utilisation du courant du secteur.

Les inconvénients sont :

- la nécessité de recharger souvent la batterie (ne pas utiliser la plieuse pendant la recharge de la batterie au risque de détruire le chargeur),
- la quasi-impossibilité de régler le courant et la chauffe du fil résistant.

LE FIL RÉSISTIF

Il existe du fil résistant spécial qui a la propriété d'offrir une bonne tenue dans le temps à la chaleur et aussi d'avoir une résistance importante, ce qui permet de limiter On se le procure au mètre chez les distributeurs spécialisés.

Sinon on peut utiliser par exemple de la corde à piano \varnothing 0,5 à 0,8mm ou démonter un vieux radiateur électrique ou chauffe-eau pour récupérer le fil résistant.

De toutes façons le fil résistif finit toujours par casser sous l'effet de la chaleur et de la traction du ressort.

En cas de faux contact avec les pinces du transfo, il se produit de petites étincelles et un échauffement localisé qui accélèrent la rupture du fil résistif.

Lors de la chauffe, le fil résistant se dilate et s'allonge dans des proportions importantes (environ 1 cm par 20 cm de longueur). Il est donc indispensable de compenser cette dilatation et de le maintenir tendu par un ressort suffisamment puissant (fig. 86).

Montage du fil résistif :

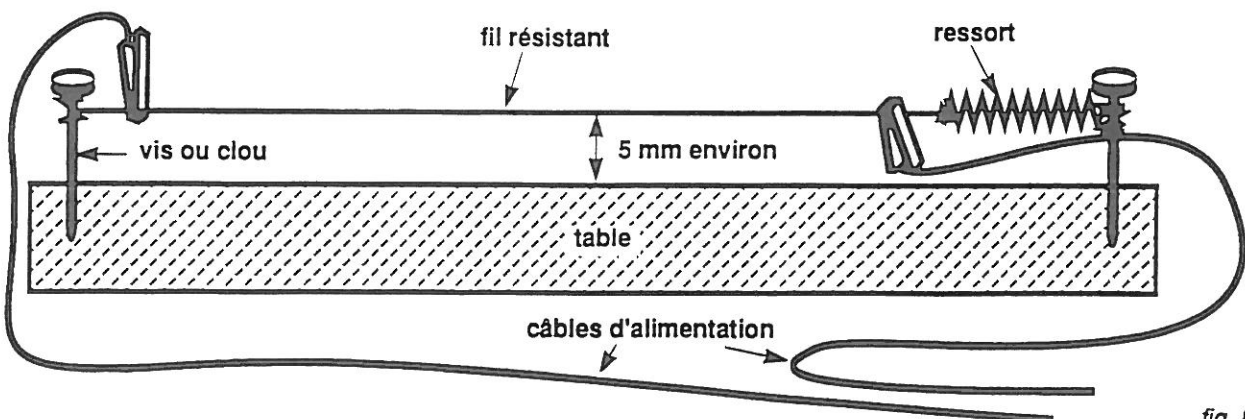


fig. 86

Il ne faut pas faire passer le courant par le ressort, ce qui provoquerait son échauffement et la perte de son élasticité.

Mise en œuvre des semi-produits au collègue FABRIQUER UNE PLIEUSE A FIL CHAUD (4/4)

LA TABLE DE PLIAGE

C'est une simple planche de contre plaqué sur laquelle on tend le fil résistant entre deux clous ou vis (fig. 87).

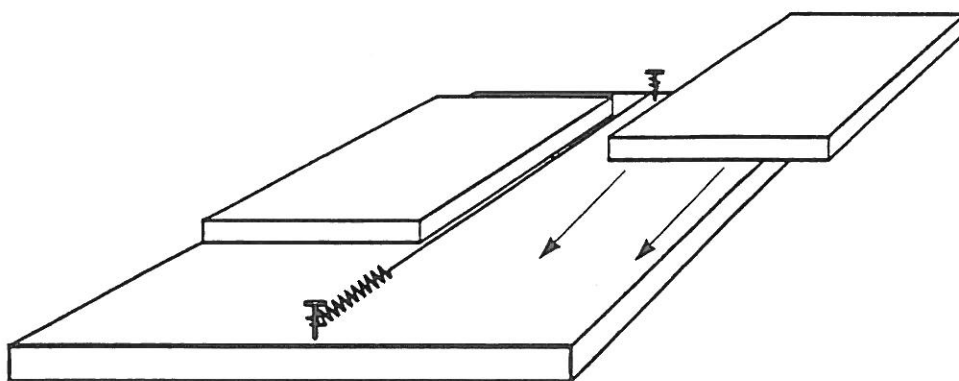


fig. 87

On ajoute de part et d'autre du fil 2 planchettes qui serviront à maintenir la pièce à plier à bonne hauteur au dessus du fil résistant.

Il est préférable de placer un profilé d'aluminium en "U" sous le fil résistant, pour protéger le bois de la chaleur et du risque d'inflammation (fig. 88).

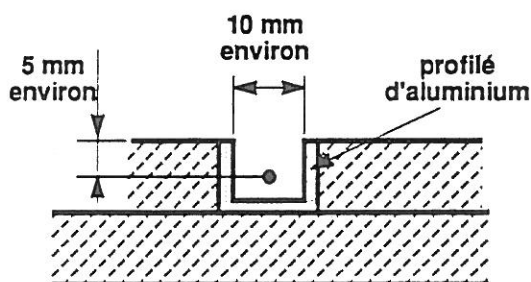


fig. 88

Il faudra penser à morceler ce profilé pour éviter, si le fil s'affaisse, de provoquer un court circuit qui peut détruire le transfo (fig. 89).

MORCELLEMENT DU PROFILÉ
POUR ÉVITER QU'IL PUISSE PRO-
VOQUER UN COURT-CIRCUIT

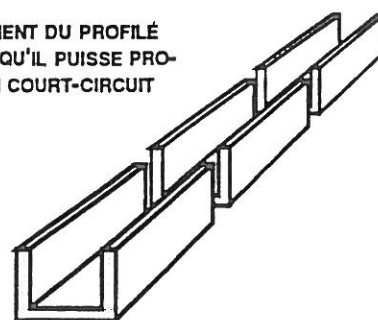


fig. 88

Enfin, on fixera une règle métallique (vieux réglet) perpendiculairement au fil résistant pour servir de butée d'angle (voir figure 84).

Mise en œuvre des semi-produits au collège PROCEDES DE MARQUAGE (1/5)

INTRODUCTION

On appelle procédés de marquage, les procédés d'impression ou de décoration sur des objets.

Le marquage est un élément de finition primordial qui donne son aspect final à l'objet et qui fait souvent la différence entre un bricolage et un objet "fini", commercialisable.

Pour le cas d'une pièce réalisée par pliage, le marquage sera le plus souvent réalisé avant le pliage ; il est plus facile d'apposer un décor sur une pièce plate.

Il existe beaucoup de procédés industriels de marquage sur objets.

Nous ne parlerons ici que des procédés facilement utilisables en collège :

- la peinture,
- la pose d'adhésifs,
- les transferts,
- la sérigraphie.

Les polypropylènes et polyéthylènes sont très difficilement marquables ; en collège on doit éviter d'avoir à les décorer.

LA PEINTURE

Les peintures aérosol du commerce sont fragiles et ne tiennent pas bien sur certains plastiques (PVC souple, PMMA) ; c'est pourquoi on évitera de peindre des parties exposées aux rayures ou frottements.

LES CACHES OU POCHOIRS.

Pour réaliser un filet ou un motif simple, on peut utiliser un pochoir (découpe du motif dans un carton rigide) ou du ruban adhésif pour protéger l'objet et ne laisser apparaître que la partie à peindre (fig. 90).

Si le pochoir n'est pas parfaitement plaqué sur la pièce à décorer, la peinture passera sous le pochoir et le motif ne sera pas "net". Pour éviter cet inconvénient on peut encoller le pochoir avec une colle repositionnable (vendue en aérosol dans les magasins d'arts graphiques).

POCHOIR DÉCOUPE
DANS DE LA CARTE

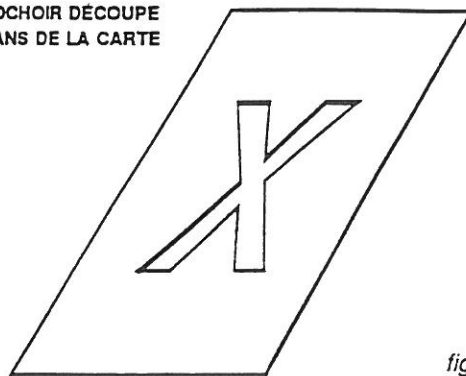


fig. 90

Mise en œuvre des semi-produits au collège PROCEDES DE MARQUAGE (2/5)

PEINTURE À L'ENVERS D'UN PLASTIQUE TRANSPARENT.

Lorsque l'on peint sur l'envers d'un plastique transparent, le résultat vu de l'endroit, au travers du plastique est parfait.

Un autre avantage de cette méthode est que la peinture est parfaitement protégée à l'intérieur de l'objet et ne risque pas d'être rayée. La méthode consiste à dessiner un motif "à l'envers" que l'on recouvre ensuite d'un fond de peinture. Vu de l'endroit, le motif se détache sur le fond (fig 91).

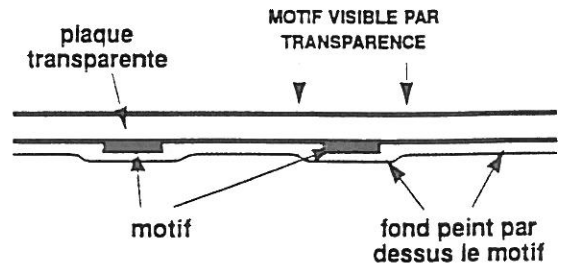


fig. 91

L'exemple type d'application de cette méthode est le marquage d'une piste de jeu.

STYLOS À PEINTURE

Il existe des stylos qui déposent de la peinture. On les trouve aujourd'hui chez les papetiers. Ils sont métalliques, leur plume consiste en un petit tube par où passe la peinture ; il y a une petite masselotte interne qui sert à homogénéiser la peinture en secouant le stylo. Les couleurs disponibles couramment sont l'argent, l'or, le bleu métallisé. Ces stylos sont très pratiques pour réaliser des filets à l'aide d'une règle.

LES ADHESIFS

Il existe des supports adhésifs, papier ou plastique supportant la photocopie. On peut donc réaliser soi-même et en série des autocollants (logotypes,...) à coller sur objet. On peut aussi utiliser du papier ou film plastique autocollant pour réaliser un motif découpé (travail à l'unité).

Il existe encore des rubans adhésifs très minces, en rouleau, servant à réaliser des filets décoratifs.

LES TRANSFERTS

"Letra..." ou autre marque, on trouve des lettres et des motifs standards à déposer par transfert sur tout support; Le résultat est très "propre" mais aussi très fragile.

Mise en œuvre des semi-produits au collège PROCEDES DE MARQUAGE (3/5)

LA SÉRIGRAPHIE

C'est la technique reine de l'impression sur objet.

Par sérigraphie on peut reproduire presque à l'infini le même motif avec pratiquement n'importe quelle encre ou peinture, sur toutes sortes d'objets et de matériaux.

Nous ne prétendons pas ici apprendre la pratique de la sérigraphie, il faudrait un ouvrage spécialisé (il en existe) et il faut surtout pratiquer pour apprendre.

PRINCIPE

- Un tissu dont les fils sont "monofibre" (pas de peluches), est bien tendu sur un cadre. Autrefois on utilisait de la soie, mais de nos jours, on dispose de fibres synthétiques bien plus résistantes.

Vu de près l'écran de sérigraphie est un quadrillage régulier de fils tendus (fig. 92) :

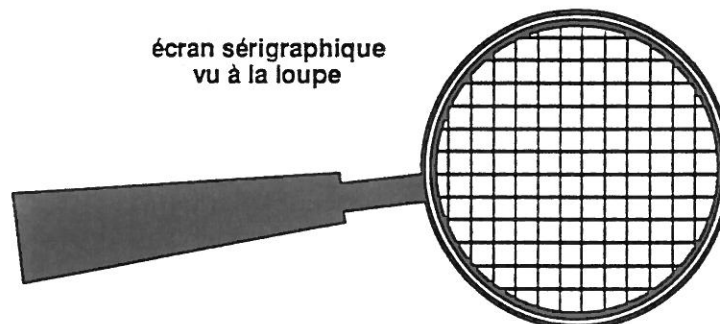


fig. 92

L'écran sérigraphique vierge est donc perméable.

- On "bouche" entièrement l'écran en l'enduisant d'une résine spéciale qui sèche puis se fixe aux UV. (On utilise la même insoleuse que pour les circuits imprimés). Cette résine est soluble dans l'eau sauf si elle a été "fixée" aux UV (ultra violets). La résine imperméabilise l'écran.

- Lors de l'insolation de l'écran (pour fixer la résine), on intercale le typon du motif à imprimer. Ainsi la résine ne sera pas fixée aux endroits protégés par le motif du typon. (C'est le principe inverse de la réalisation d'un circuit imprimé où le vernis est détruit par les UV).

- Lorsque l'on rince ensuite l'écran sérigraphique à l'eau, la résine photosensible ne disparaît qu'aux endroits où elle n'a pas été insolée (fig. 93).

Le motif apparaît entre les mailles "débouchées".

L'écran n'est perméable qu'aux endroits du motif.

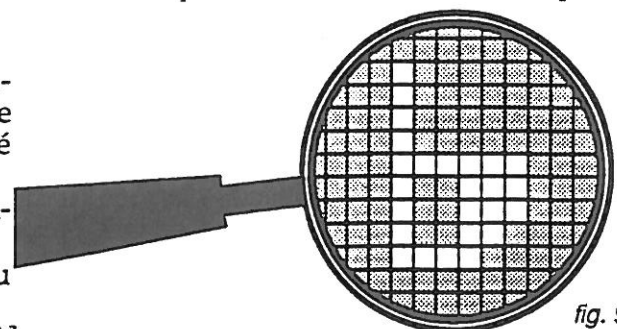


fig. 93

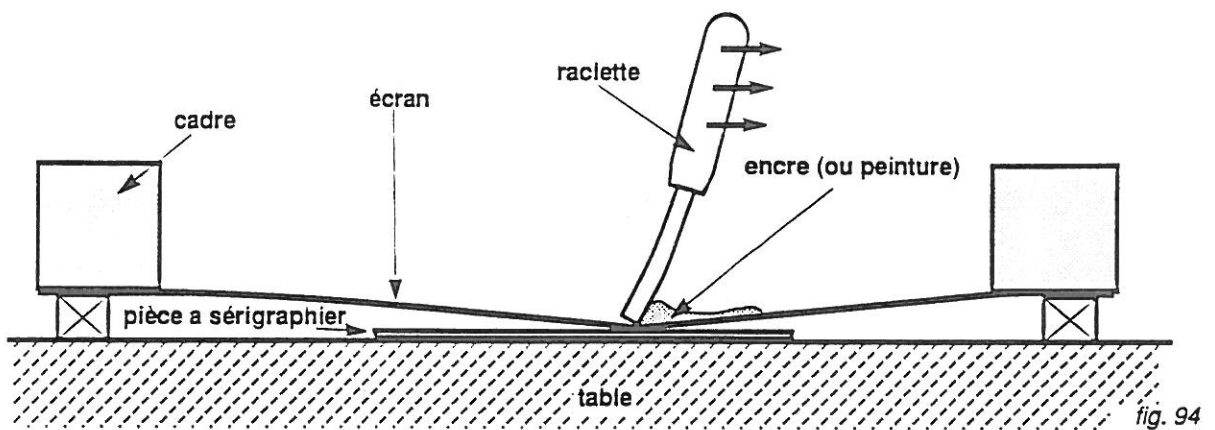
Mise en œuvre des semi-produits au collège PROCEDES DE MARQUAGE (4/5)

- Après séchage et retouche éventuelle, l'écran sérigraphique est prêt à servir.

MODE OPERATOIRE

L'écran est maintenu à une petite distance de la pièce à imprimer.

On dépose de l'encre sur l'écran et avec une raclette en caoutchouc dur, on force l'encre au travers de l'écran, sur la pièce (fig. 94).



LES ENCREES

Pour chaque matériau (plastique, papier, verre,...) il existe des encres adaptées.

Les encres pour chaque type de plastique sont nombreuses et ont en général la consistance de peinture.

On peut d'ailleurs utiliser de la peinture pour sérigraphier le plastique (peinture à l'huile). Ce procédé est moins coûteux mais la tenue d'une simple peinture n'est pas garantie sur n'importe quelle matière plastique.

On sérigraphie sur presque tout, avec n'importe quelle encre :

- les gâteaux industriels avec du sucre coloré,
- les tee-shirts,
- les bouteilles,
- les affiches,
- ...

LE MATÉRIEL

L'ÉCRAN doit être tendu sur un cache en bois ou en métal, il faut laisser cette opération à un spécialiste.

Les écrans diffèrent par leur taille, le tissu utilisé et surtout la finesse de la maille (nombre de fils par pouce).

• une maille de 100 à 120 est convenable pour une utilisation en collège (assez petits motifs). Les mailles larges engendrent des motifs peu précis (gros points), mais les mailles trop fines se bouchent vite par l'encre qui sèche entre les fils très rapprochés.

Mise en œuvre des semi-produits au collège PROCEDES DE MARQUAGE (5/5)

- L'écran doit être entre 15 et 20 cm plus large que le motif à imprimer. Du fait de la déformation de l'écran par la raclette, un motif trop près des bords du cache serait très déformé (fig. 95).

LA RACLETTE

Elle doit être plus large que le motif à imprimer ; on ne peut pas repasser 2 fois la raclette au risque de créer des bavures sur la pièce.

LES PRODUITS

La résine photosensible, est livrée en 2 composants qu'il faut mélanger pour la sensibiliser aux UV. Elle se conserve environ 1 an au réfrigérateur une fois préparée.

Il existe une raclette spéciale pour enduire l'écran avec la résine photosensible.

- Les encres pour plastiques sont très volatiles et il convient de travailler sous hotte aspirante ou du moins dans un local très aéré.
- Avoir les solvants de l'encre utilisée est indispensable car durant le travail, l'encre a tendance à sécher et il faut la rediluer.
- Il existe des retardateurs, sortes de solvants qui ralentissent le séchage de l'encre pour éviter le "bouchage" trop rapide de l'écran.
- Il est utile de posséder des produits de dégravage qui servent à dissoudre la résine de l'écran pour le mettre à nu et le réutiliser pour un nouveau motif.

QUELQUES CONSEILS

- Avant de vous lancer dans un travail de sérigraphie avec élèves, entraînez-vous bien à un travail en série. Il y a des tas de "petites" choses que l'on ne découvre qu'en travaillant ; par exemple où étaler les pièces à sécher, ou encore comment attraper une pièce avec la raclette dans une main, l'écran dans l'autre et de l'encre sur les doigts...
- Une règle absolue en sérigraphie : la propreté. Dès que l'on a de l'encre sur les doigts, dès que l'on a fait une première tache, il faut tout arrêter et nettoyer le matériel à fond. Sinon, vous vivrez ce que tout sérigraphe débutant risque de vivre une fois : une "grosse galère" !
- les vapeurs toxiques dégagées par les encres spéciales plastique imposent un travail près d'une fenêtre ou mieux sous hotte (ce que la législation impose). C'est pourquoi on peut se permettre d'utiliser de la peinture glycérophthalique classique comme encre. Le travail et le nettoyage seront facilités mais le marquage risque de ne pas bien tenir sur le plastique. (Procédez à des essais.)

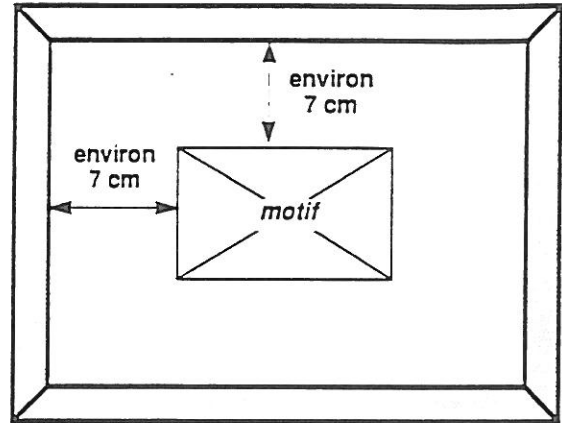


fig. 95

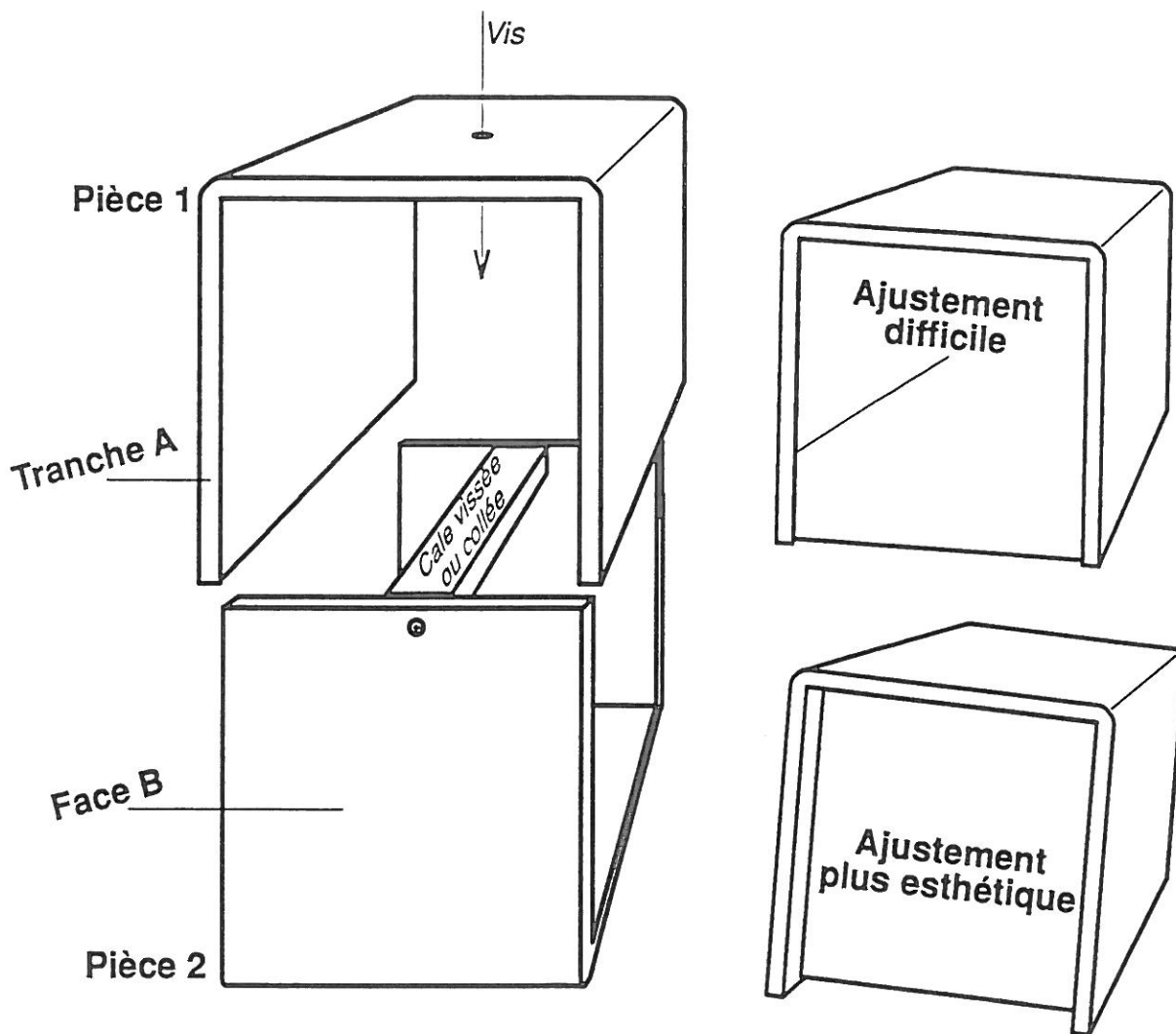
EXEMPLES DE REALISATIONS SIMPLES

Nous vous présentons dans les pages qui suivent, quelques plans d'objets facilement réalisables.

Ces fabrications simples peuvent permettre une première approche du travail des matières plastiques.

Elles seront éventuellement utilisées comme "mini-projets" de début ou de fin d'année scolaire.

Le pliage et l'usinage des thermoplastiques offrent de nombreuses possibilités d'exercer sa créativité. Les quelques exemples présentés ici sont autant de pistes à suivre pour inventer encore d'autres objets.

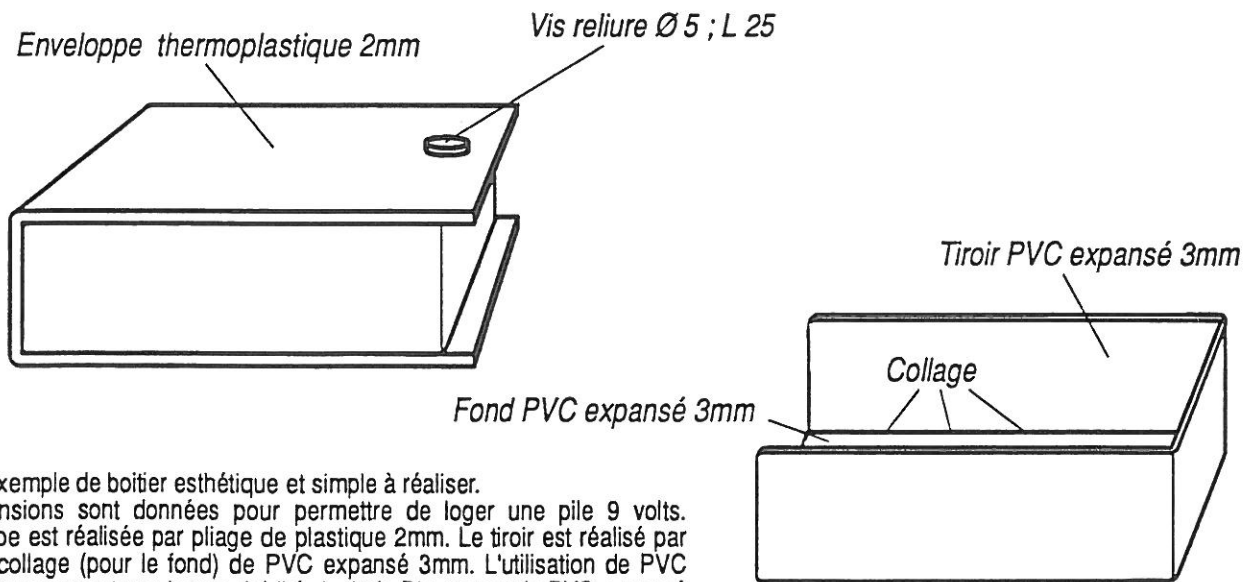
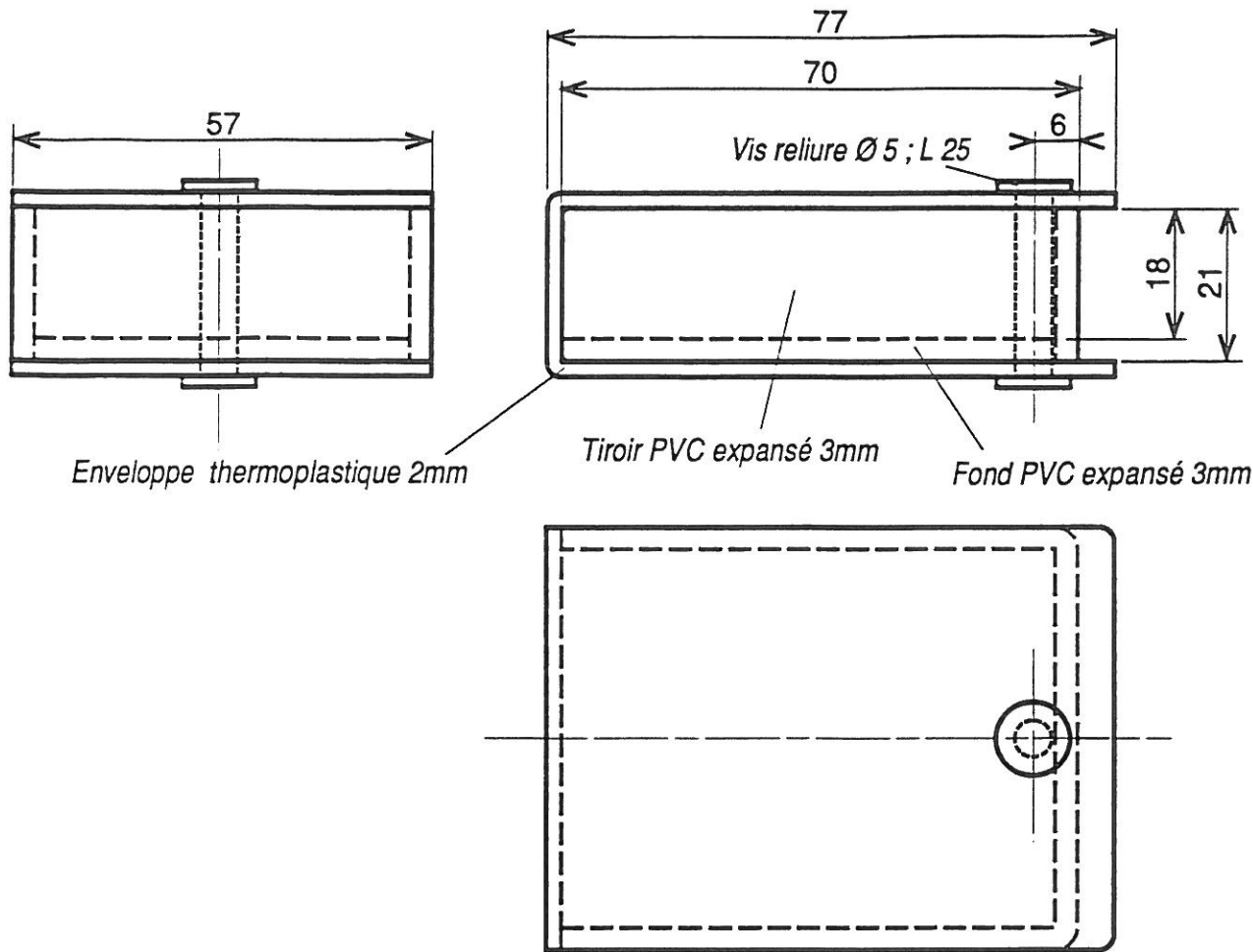


PRINCIPE DE BOÎTIER PAR PLIAGE :



lorsque l'on cherche une solution pour réaliser un boîtier par pliage, on en revient toujours au principe de l'assemblage de deux "U".

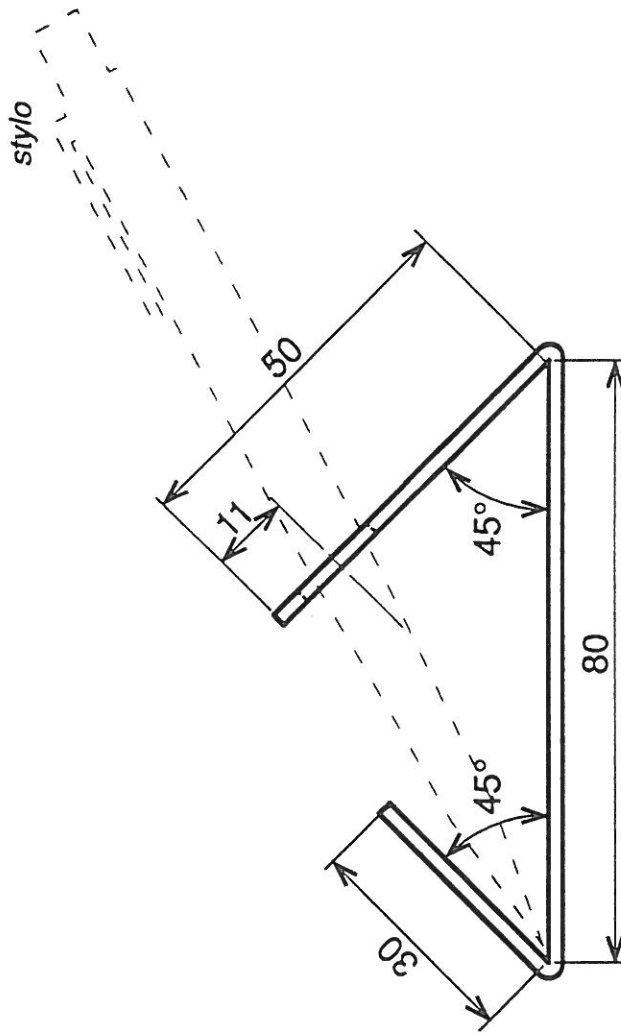
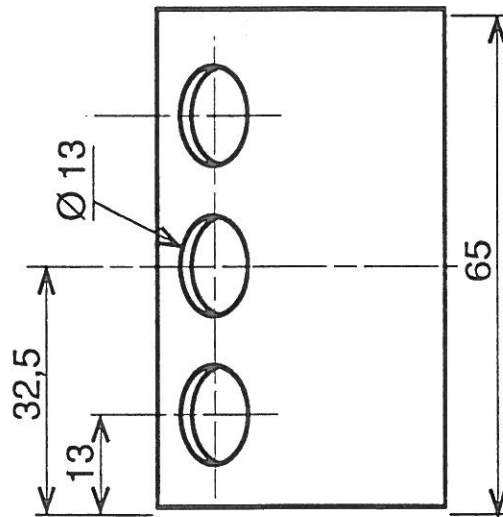
Les problèmes rencontrés sont les suivants :

- La tranche d'une des pièce sera toujours visible et ne sera jamais parfaitement ajustée sur le même plan que la face de l'autre pièce (Cf. dessin : la tranche A et la face B présenteront toujours un léger décalage). Une solution pour palier ce défaut esthétique est de réaliser la pièce 1 franchement plus large que la pièce 2 ; ainsi la tranche A dépassera nettement.
- Pour maintenir les deux pièces ensemble, il faudra fixer des cales (par vissage ou collage) à l'intérieur et sur lesquelles on pourra visser. Les vis seront toujours apparentes, ce qui nuit à l'esthétique. En choisissant un plastique plus rigide et d'épaisseur plus importante, on peut limiter le nombre de vis nécessaires à maintenir le boîtier bien fermé. (Cf. : dessin).



Voici un exemple de boîtier esthétique et simple à réaliser.
 Les dimensions sont données pour permettre de loger une pile 9 volts.
 L'enveloppe est réalisée par pliage de plastique 2mm. Le tiroir est réalisé par pliage et collage (pour le fond) de PVC expansé 3mm. L'utilisation de PVC expansé 3mm permet une bonne rigidité du tiroir. D'autre part le PVC expansé étant disponible en couleurs, on peut réaliser un boîtier coloré.
 Mettre en place le tiroir fini dans l'enveloppe et percer l'ensemble à l'emplacement et au diamètre de la vis. Cette seule vis suffit à immobiliser tiroir et enveloppe.

ECHELLE : 1  	NOM :	ENSEMBLE :	
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE :
		BOÎTIER	
			OBJET DU DOCUMENT : dessin d'ensemble perspective



Matière :

feuille plastique 20/10
(PS, PVC ou PMMA)

- Pliage au fil chaud sur gabarit d'angle (45°) -

Format du débit :

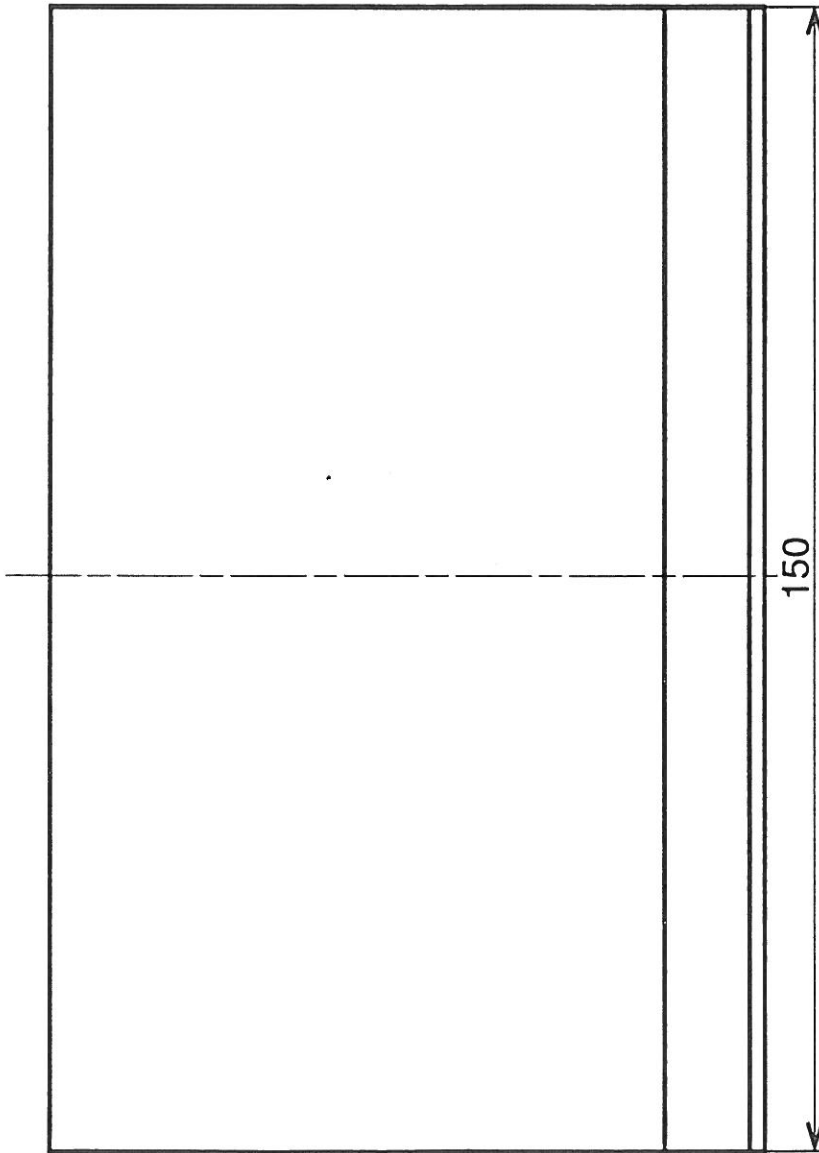
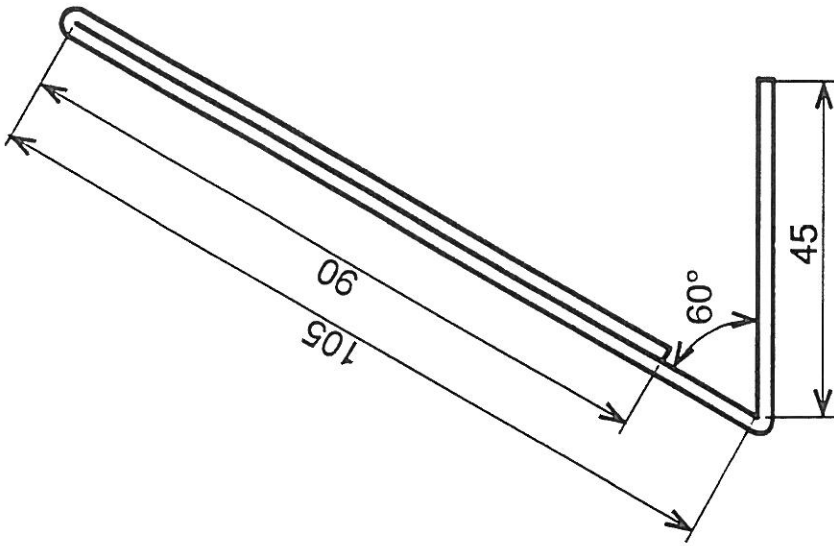
160 x 65

ENSEMBLE :		ENSEMBLE :		ENSEMBLE :	
NOM :		NOM :		NOM :	
CLASSE :		CLASSE :		CLASSE :	
DATE :		DATE :		DATE :	
OBJET DU DOCUMENT :		OBJET DU DOCUMENT :		OBJET DU DOCUMENT :	
Dessin		Dessin		Dessin	
d'ensemble		d'ensemble		d'ensemble	

ECHELLE : 1



ClA



Matière :
 feuille plastique transparent 20/10
 (PS, PVC ou PMMA)
 - Pliage au fil chaud sur gabarit d'angle -

Format du débit :
 150 x 240

ECHELLE : 1 	NOM :		ENSEMBLE : PORTE-PHOTO
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE :
			OBJET DU DOCUMENT : Dessin d'ensemble

PETIT PROJET PORTE PHOTO D'IDENTITE

Contraintes :

Concevoir et réaliser un porte photo destiné à présenter une photo d'identité (format 35 x 45) sur une table.

- Réalisation par pliage de thermoplastique transparent d'épaisseur 2mm.
- Une seule pièce.
- La photo doit pouvoir être remplacée facilement sans outil.
- La photo sera inclinée de 30° par rapport à la verticale.
- Simplicité maximum de fabrication.
- Economie maximum de matière.

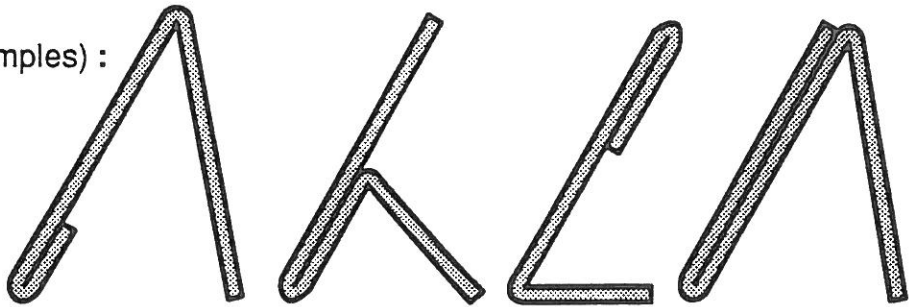
Travail demandé :

Croquis à l'échelle 1 de différentes solutions de pliage.

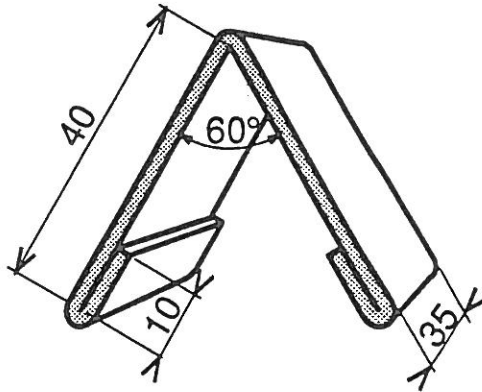
Choix d'un modèle après critique des différentes solutions proposées.

Fabrication (déterminer le format de débit).

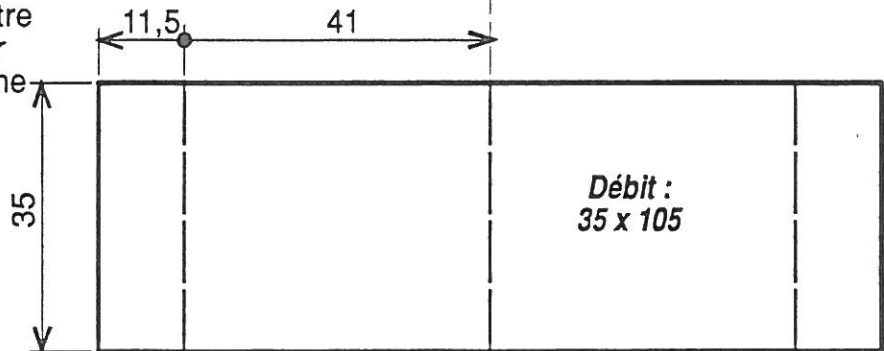
Solutions proposées (exemples) :



Modèle retenu pour son esthétique, sa stabilité et la possibilité de placer deux photos :

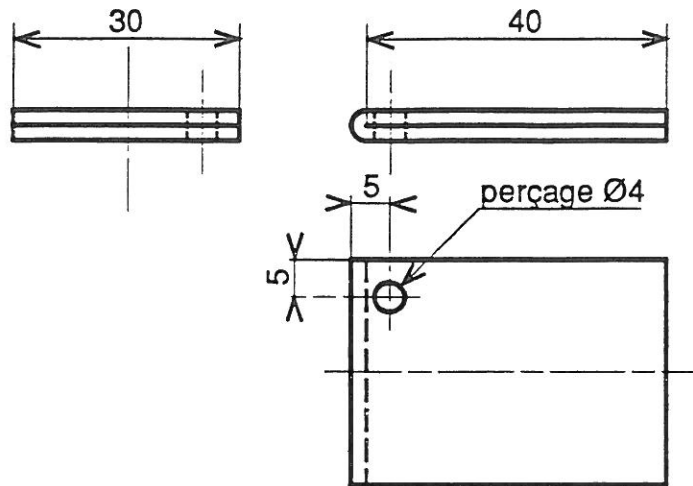


Plan du développé en considérant que la fibre neutre sera au milieu de l'épaisseur (pliage sans gabarit, avec une simple équerre à 60°) :

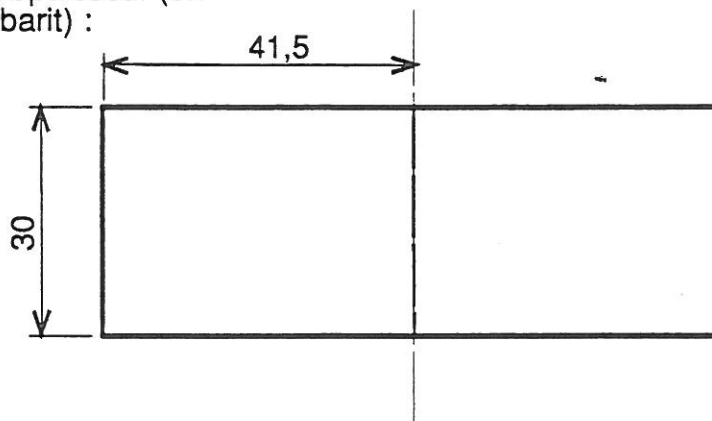


ECHELLE : 1 	NOM : 		ENSEMBLE : PORTE-PHOTO	
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE :	OBJET DU DOCUMENT : Etude et plan

Dessin en trois vues



Plan du développé en considérant que la fibre neutre sera au milieu de l'épaisseur (on n'utilise pas de gabarit) :

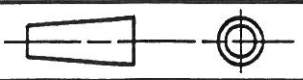


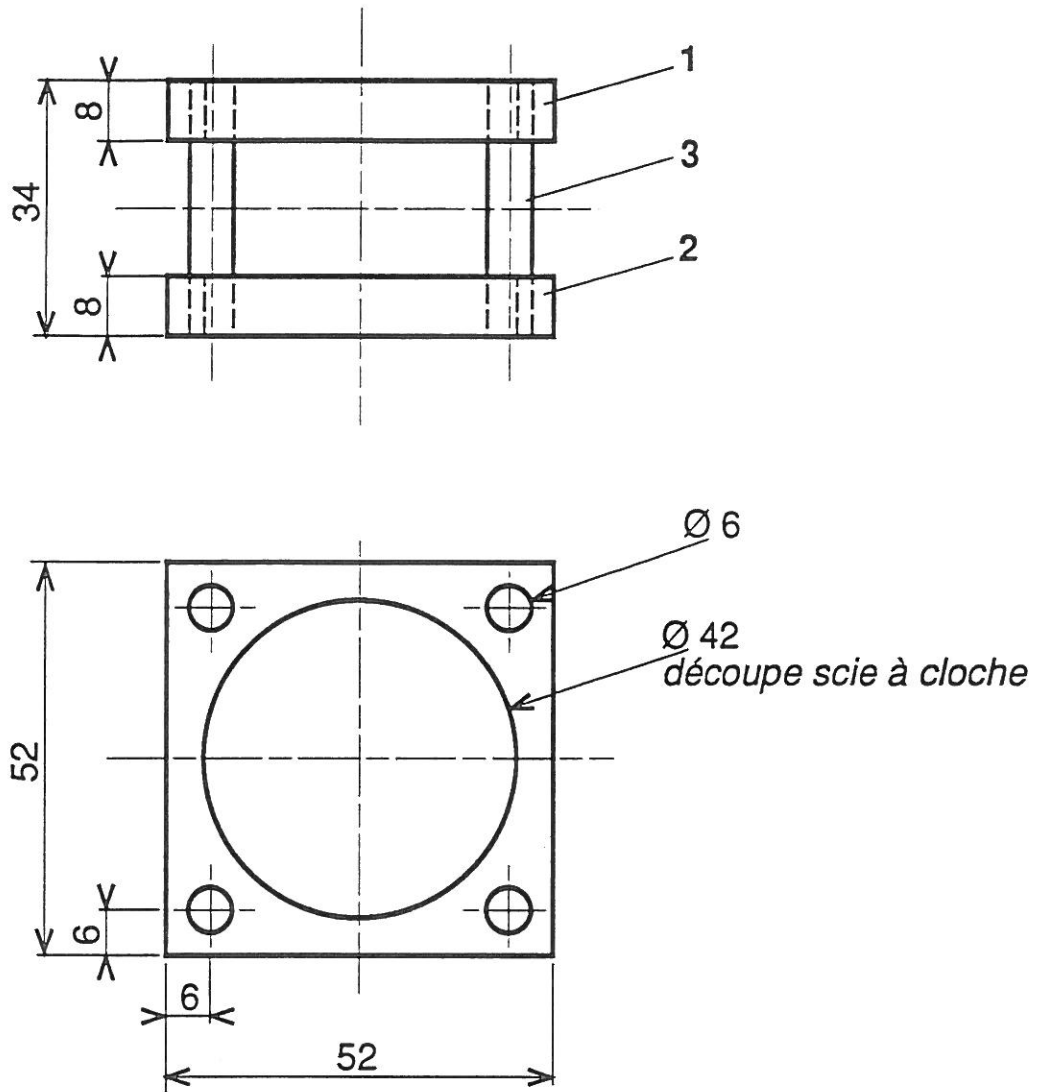
Thermoplastique transparent, épaisseur 2mm
 Pliage au fil chaud
 Débit : 30 x 83

On peut utiliser deux techniques pour le marquage de ce porte-clé.

- Au moment du pliage, on "coince" une photo ou un papier portant dessins ou texte dans le pli, à l'intérieur du porte-clé. Si la photo (ou le papier) est bien "taquée" contre le plastique chaud, à l'endroit du pli, elle sera suffisamment bloquée. Le perçage sera fait après pliage, au travers de la photo (ou du papier).

- A l'aide de peinture (vernis à ongle par exemple) ou d'un feutre permanent, on dessine (à l'envers) avant pliage, sur la face intérieure. Après séchage, on passe un fond à la bombe, par dessus le dessin (vu de l'autre côté, au travers du plastique, le dessin est visible sur la couleur de fond). Séchage puis pliage et perçage.

ECHELLE : 1 	NOM :		ENSEMBLE : PORTE-CLE	
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE :	OBJET DU DOCUMENT : - dessin d'ensemble - - développé -



FABRICATION :

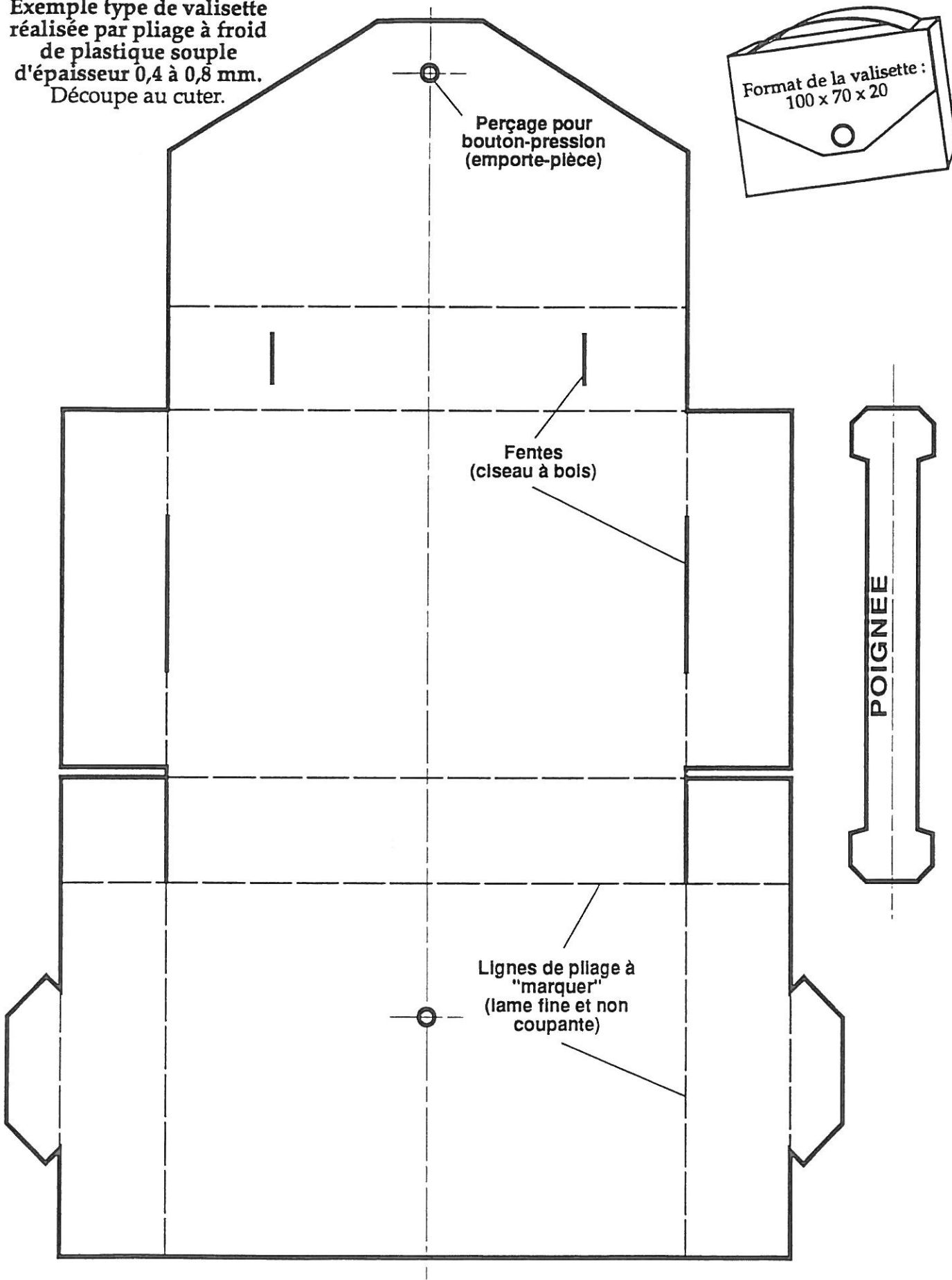
Cet objet est réalisé par découpe et perçage.

Quel que soit le mode de découpe des platines (griffe ou scie), les chants sont ponçés au papier abrasif très fin puis polis. Même finition en bouts des joncs.

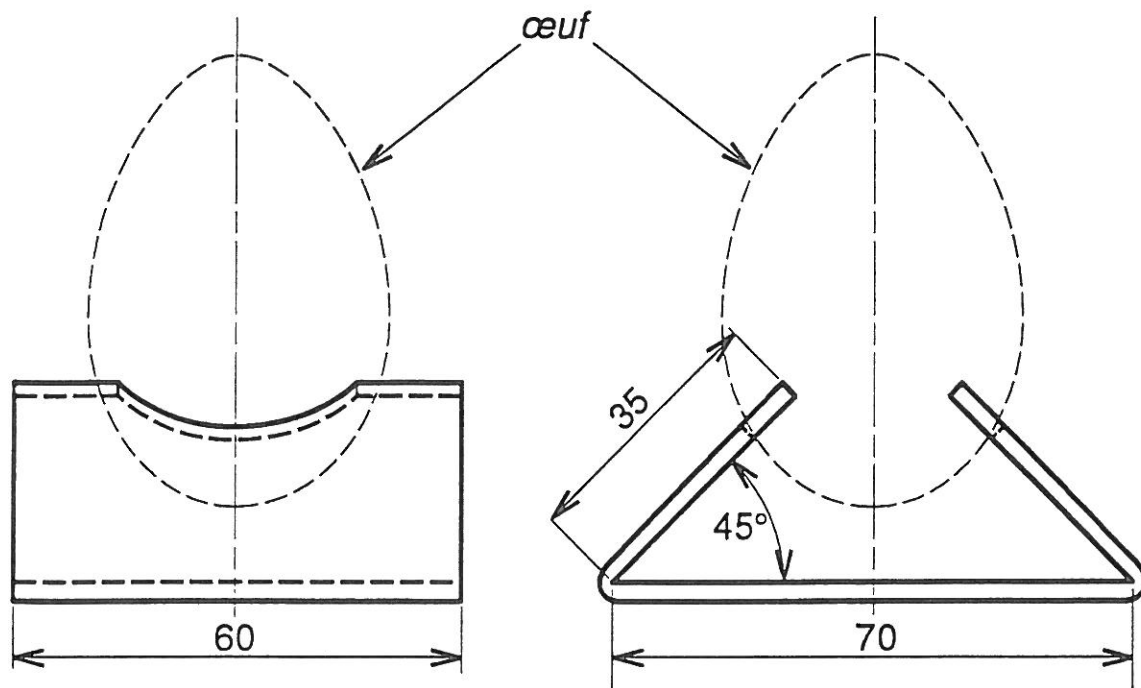
Les joncs sont montés "serrés", au maillet, avec un peu de colle.

3	4	Jonc	Jonc PMMA fluo Ø 6 longueur 34
2	1	Platine inférieure	Feuille PMMA (plexi) transparente 8mm
1	1	Platine supérieure	Feuille PMMA (plexi) transparente 8mm
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	MATIERE
ECHELLE 1		NOM :	ENSEMBLE :
		COQUETIER	
		CLASSE :	DATE :
		Dessin d'ensemble	

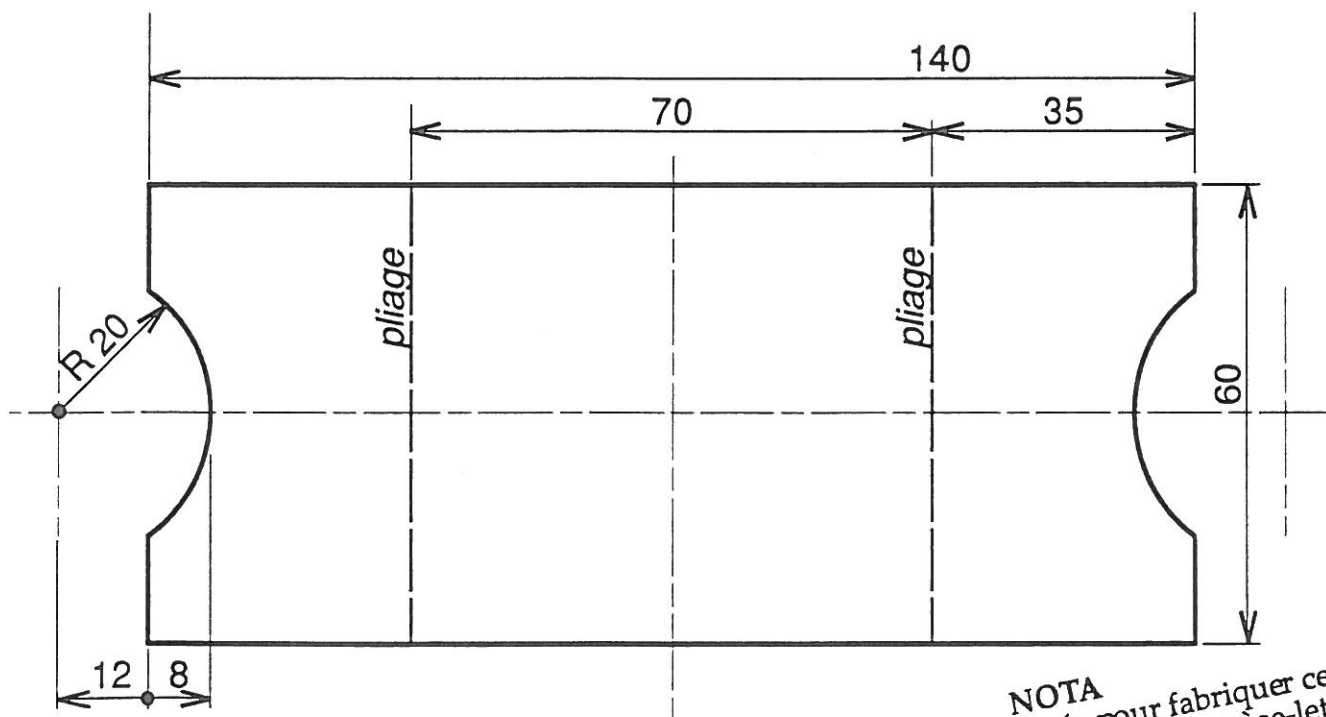
Exemple type de valisette
réalisée par pliage à froid
de plastique souple
d'épaisseur 0,4 à 0,8 mm.
Découpe au cutter.



<p>ECHELLE : 1</p>	<p>NOM :</p>		<p>ENSEMBLE :</p> <p>VALISETTE</p>	
	<p>CLASSE :</p>	<p>DATE :</p>	<p>MATIERE :</p> <p>Polypropylène épaisseur 0,8 mm</p>	<p>OBJET DU DOCUMENT :</p> <p>Pièces en développé</p>



Dessin d'ensemble



NOTA
La pièce prédécoupée pour fabriquer ce coquetier se trouve avec le kit du pèse-lettre

Développé :

Matière : polystyrène choc 25/10.

Pliage au fil chaud sur gabarit si possible ; chauffe par l'extérieur du pli (côté brillant).

<p>ECHELLE : 1</p>	<p>NOM :</p>		<p>ENSEMBLE :</p> <p>COQUETIER</p>	
	<p>CLASSE :</p>	<p>DATE :</p>	<p>SOUS-ENSEMBLE :</p>	<p>OBJET DU DOCUMENT :</p> <p>-Dessin d'ensemble - - développé -</p>

Projet et kit PESE-LETTRE

Nous vous proposons ici de réaliser un objet entièrement en plastique.

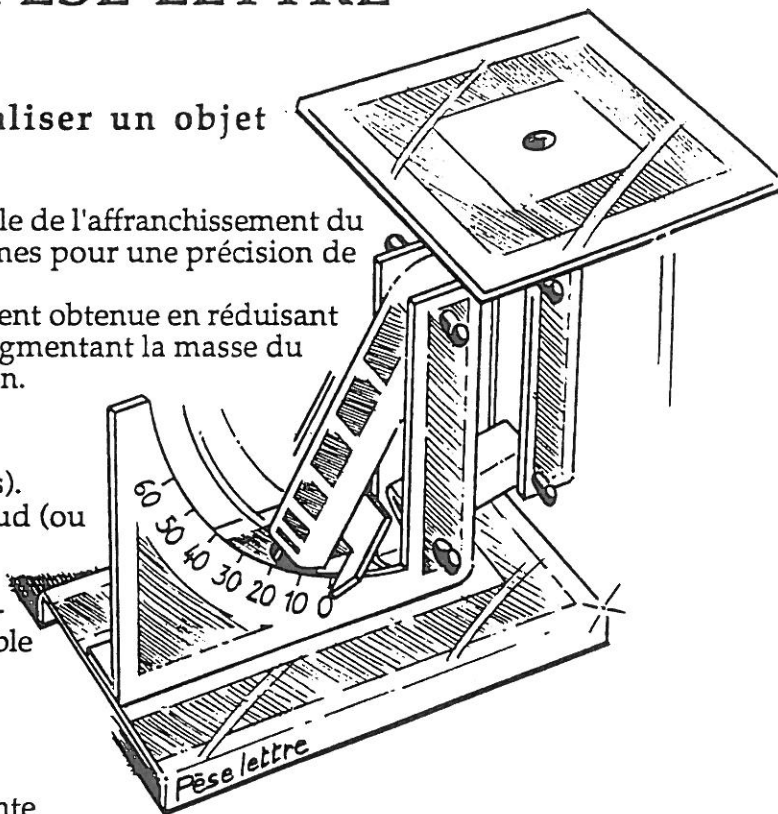
Ce pèse-lettre est bien adapté pour le contrôle de l'affranchissement du courrier courant. Sa portée est de 60 grammes pour une précision de l'ordre du gramme.

Une portée supérieure pourrait être facilement obtenue en réduisant l'entraxe des points d'articulation ou en augmentant la masse du contrepoids, mais au détriment de la précision.

La fabrication est possible par des élèves de 4^{ème} voire 5^{ème} (kit disponible en quantités).

Il faut une perceuse et une plieuse à fil chaud (ou résistance chauffante).

Le temps de fabrication sera aussi long que pour un projet "standard" comprenant électronique + boîtier, du fait du nombre non négligeable de pièces différentes à réaliser.



UN PROJET SANS ÉLECTRONIQUE

Faut-il rappeler que l'électronique, qui présente beaucoup d'intérêt, n'est pas la seule voie à explorer en technologie au collège. Un objet comme le pèse-lettre permet l'étude (souvent négligée) de fonctions mécaniques telles que les guidages de mouvements, la réduction des frottements, les ajustements, etc... N'oublions pas non plus tout ce qui peut être vu en rapport avec le matériau utilisé (voire l'ensemble du dossier). Quand à la partie commerciale et gestion, peu importe la technologie de l'objet !

La somme de travail et d'apprentissage possibles autour de ce projet lui font mériter pleinement d'être retenu comme support d'un vrai projet de technologie collège.

DEJA VU, POURTANT ORIGINAL

L'idée du pèse-lettre à réaliser au collège a déjà traversé l'esprit de quelques collègues. Nombre de plans existent déjà. Ce type d'objet a indéniablement des qualités extrêmement intéressantes de par le travail qu'il permet de réaliser de façon amusante pour les élèves.

L'originalité de notre modèle tient en trois points :

- utilisation exclusive de matières plastiques (sauf contre-poids et visserie),
- simplification maximum de l'objet,
- L'esthétique nettement plus sympathique.

L'ADAPTATION AUX GOUTS DU JOUR, QUOI !

LE DOSSIER

Comme projet d'application au sein du dossier "Matières plastiques", le projet "Pèse-lettre" n'est décrit que d'un point de vue technique.

Chacun saura bâtir une progression en utilisant les documents et les connaissances apportées, rédiger le cahier des charges, faire l'étude commerciale, ...

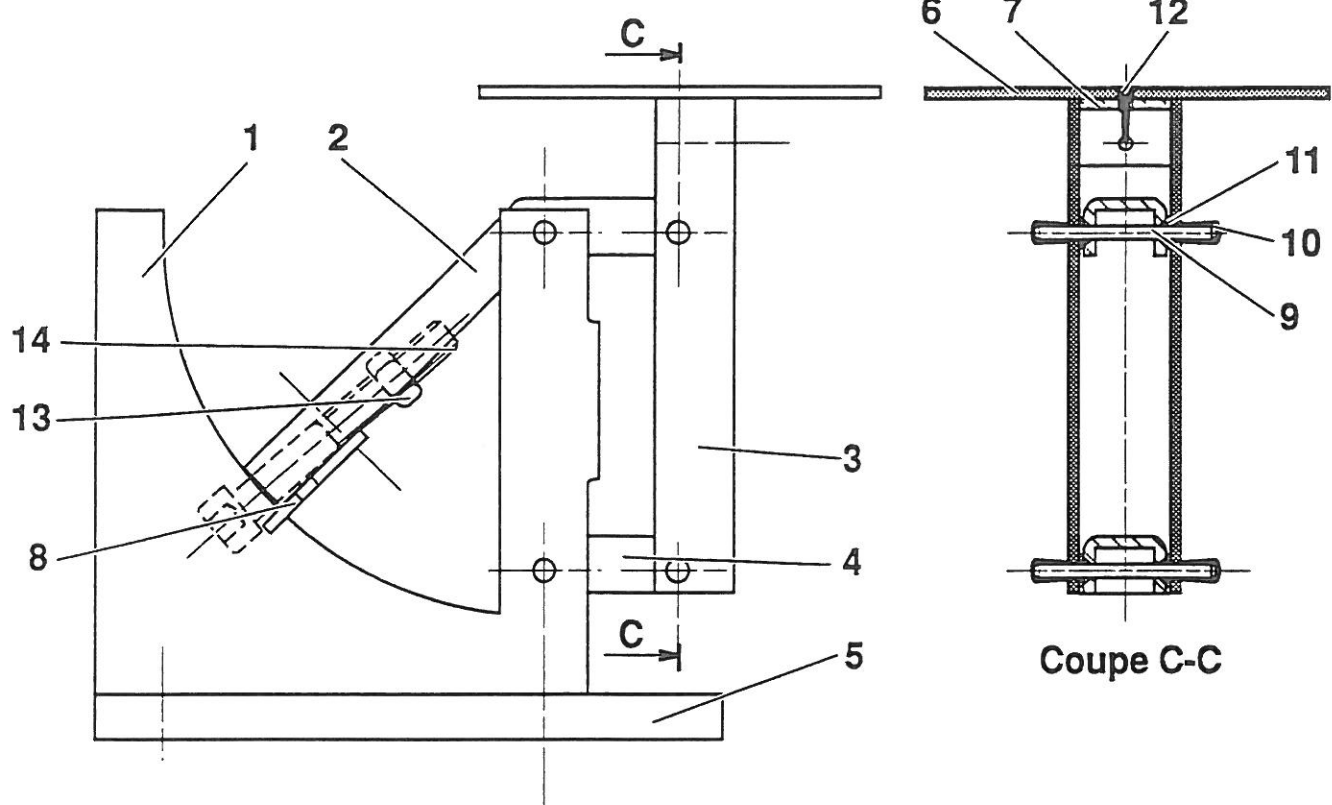
LE KIT

Le pèse lettre est proposé en kit.

Il est réalisé en polystyrène choc d'épaisseur 2,5 mm. Les pièces sont en partie prédécoupées pour assurer une réussite plus sûre de la fabrication. Attention, prédécoupe ne veut pas dire découpe ; le travail est commencé mais pas réussi d'office !

PETIT PROJET DE COQUETIER

Nous avons ajouté sur le kit une pièce sérigraphiée et prédécoupée pour réaliser un coquetier (Cf. plan page précédente) par simple pliage. Ce petit projet permet de motiver et d'initier les élèves au pliage de plastique, sans grand risque. Un petit travail pour "se faire la main" !



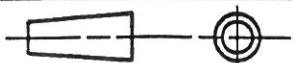
14	1	Boulon	CHC 8 x 60
13	1	Ecrou	Zingué Ø 8
12	4	Vis	Type à tête, Ø 3 x 12, zinguées
11	8	Rondelles	Acier zingué, Ø 3 x 6
10	8	Bouchons	Polypropylène injecté, Ø int. 2,8
9	4	Axes	Jonc PVC Ø 3, longueur 40
8	1	Curseur	Polystyrène 25/10
7	1	Equerre	Polystyrène 25/10 plié
6	1	Plateau	Polystyrène 25/10 plié
5	1	Socle	Polystyrène 25/10 plié
4	1	Biellette	Polystyrène 25/10 plié
3	1	Mât	Polystyrène 25/10 plié
2	1	Fléau	Polystyrène 25/10 plié
1	1	Bâti	Polystyrène 25/10 plié
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES

ECHELLE : 0,6

NOM :

ENSEMBLE :

PESE-LETTRE



CLASSE :

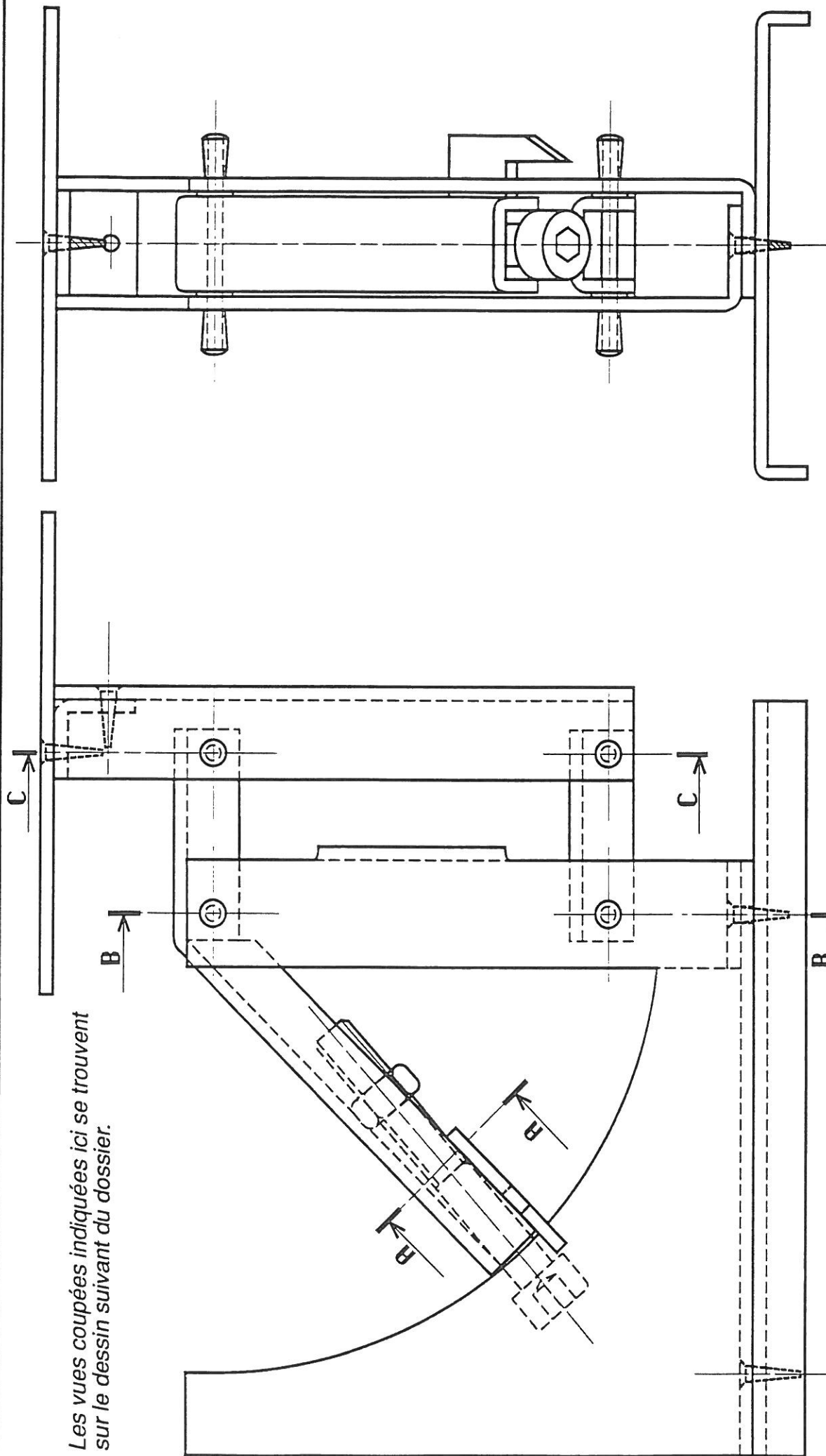
DATE :

SOUS-ENSEMBLE :

OBJET DU DOCUMENT :

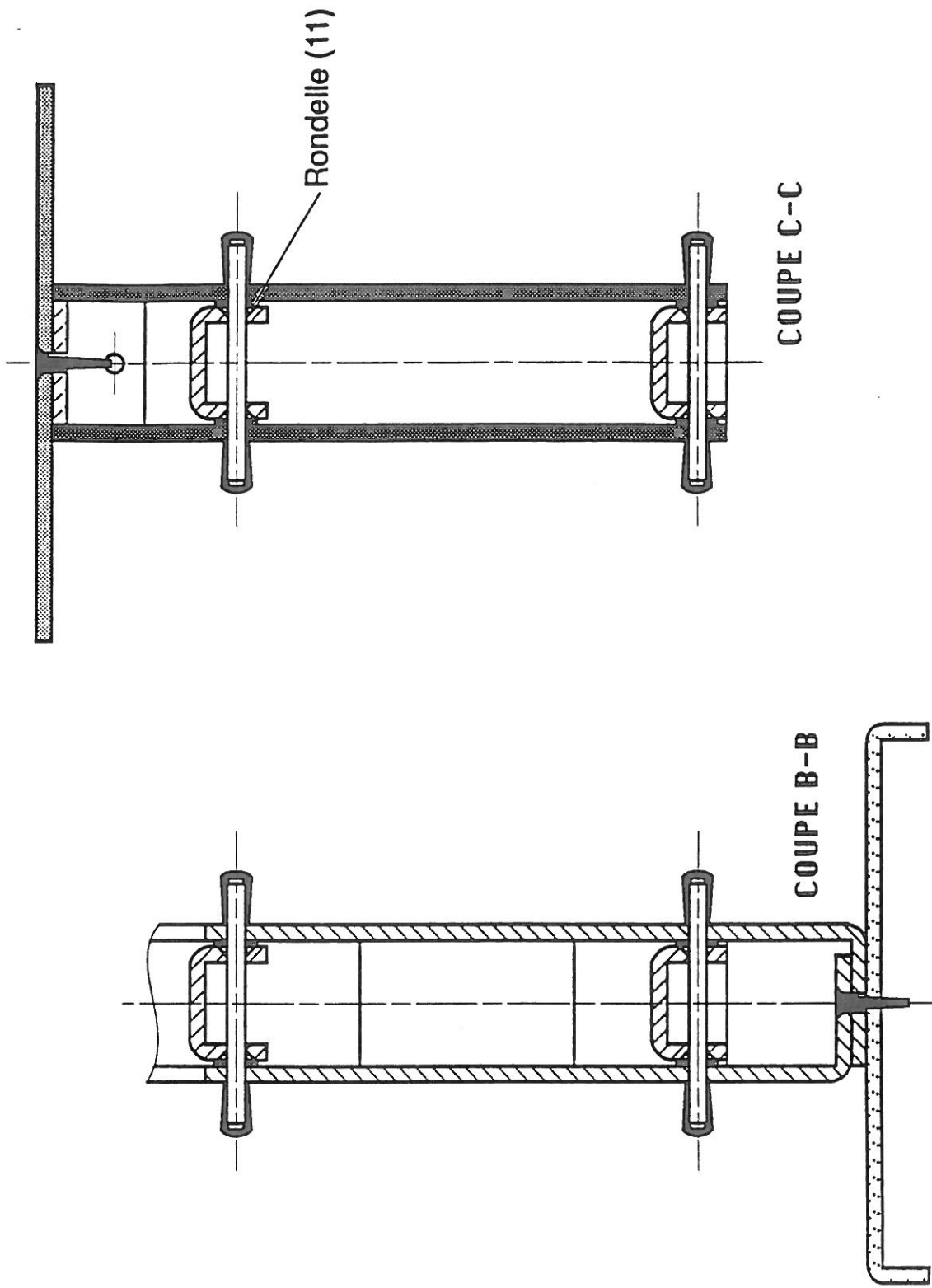
Nomenclature

CA



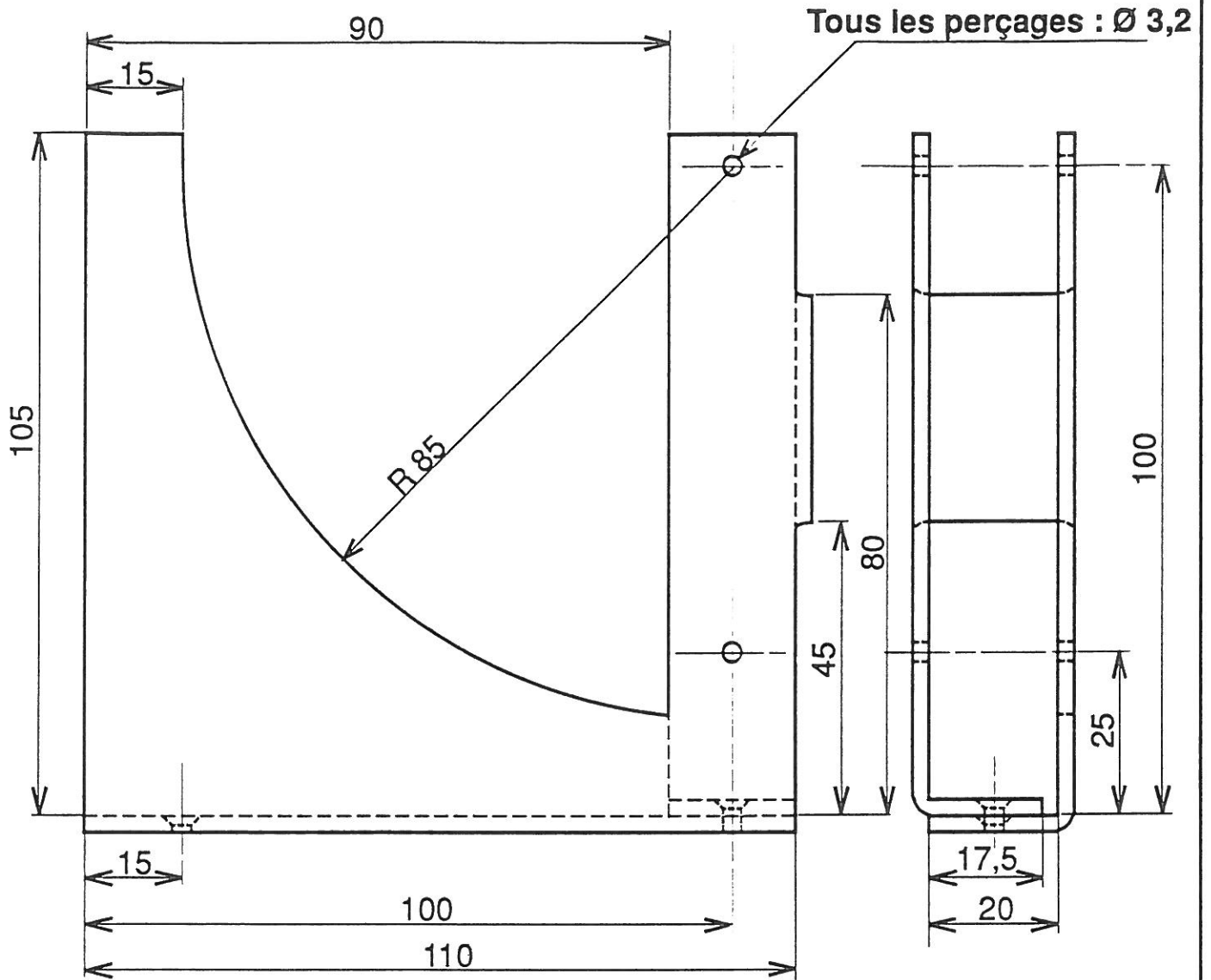
Les vues coupées indiquées ici se trouvent sur le dessin suivant du dossier.

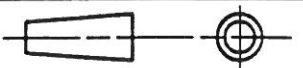
ENSEMBLE: PESE-LETRE		OBJET DU DOCUMENT: Dessin d'ensemble	
NOM:		DATE:	
ECHELLE : 1		CLASSE:	
Matière : feuille de polystyrène choc 25/10			
SOUS-ENSEMBLE:			

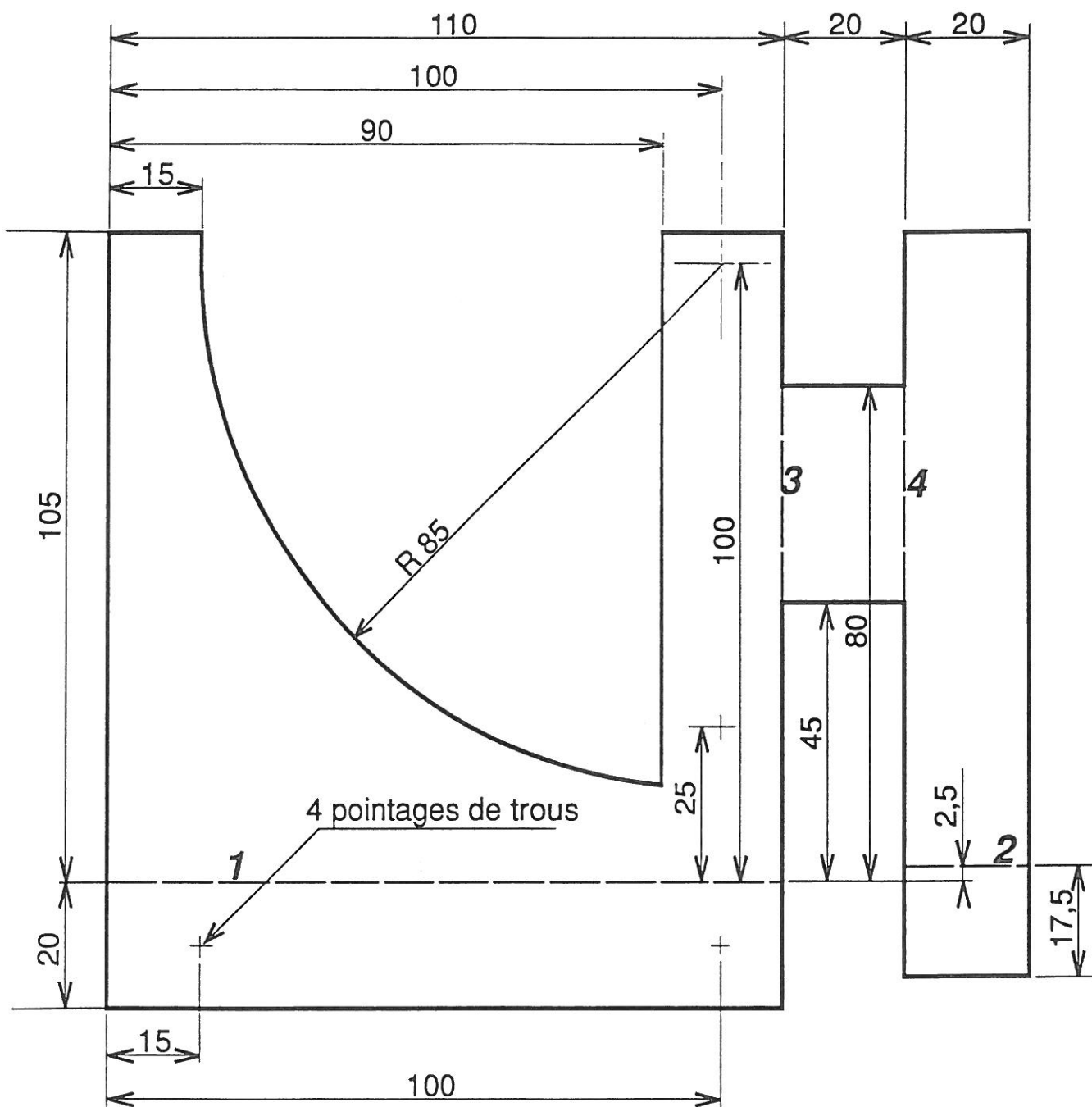


ENSEMBLE: PESE LETTRE		OBJET DU DOCUMENT: Vues en coupe	
NOM: ECHELLE : 1		SOUS-ENSEMBLE:	
		DATE:	
		CLASS: DATE:	

Rappel : les axes ne sont jamais représentés coupés.

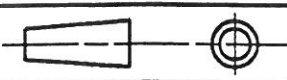



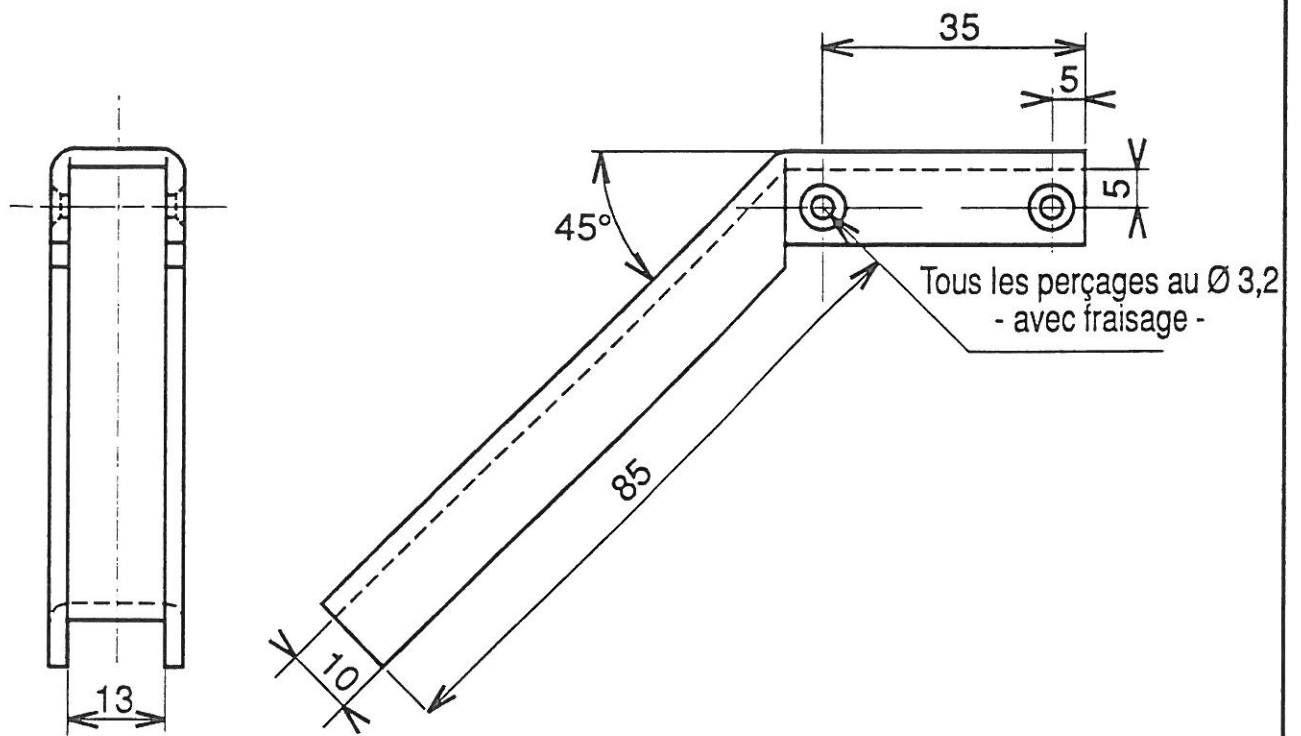
ECHELLE : 1 	NOM :		ENSEMBLE : PESE-LETTRE	
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE : Bâti (pièce n° 1)	OBJET DU DOCUMENT : Dessin de définition



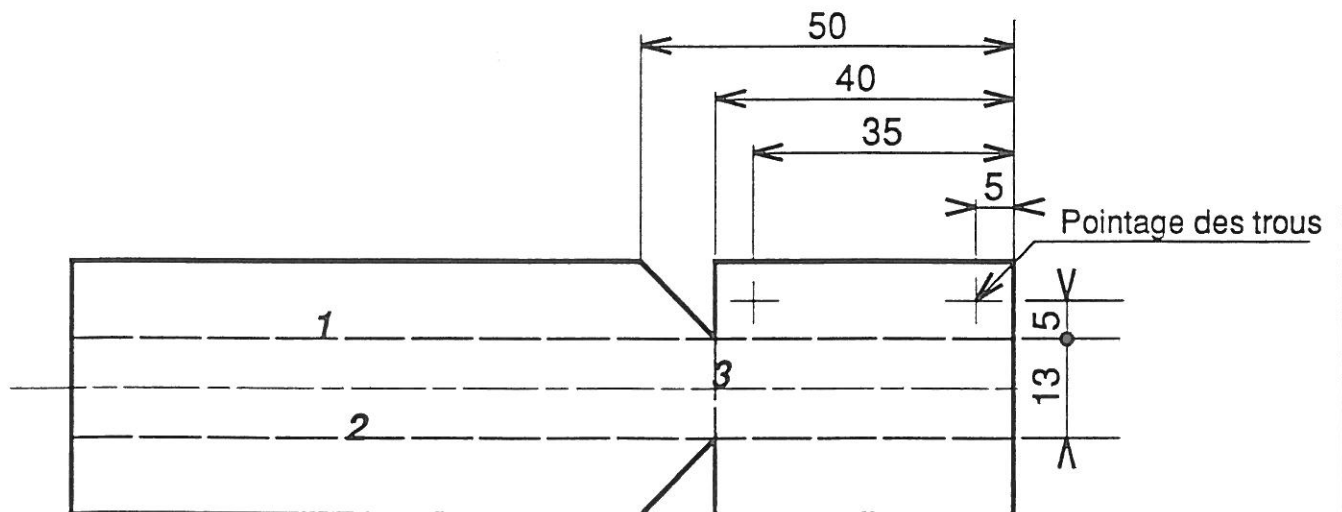
Débit du bâti : 125 x 150

Les chiffres en italique donnent l'ordre de pliage.

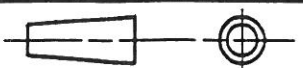
ECHELLE : 1 	NOM :		ENSEMBLE : PESE-LETTRE	
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE : Bâti (pièce n° 1)	OBJET DU DOCUMENT : Dessin du développé
				

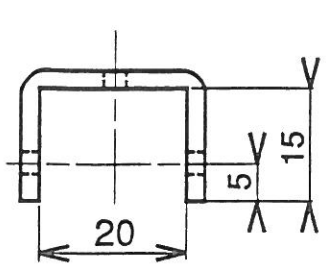


Les chiffres en italique indiquent l'ordre de pliage.

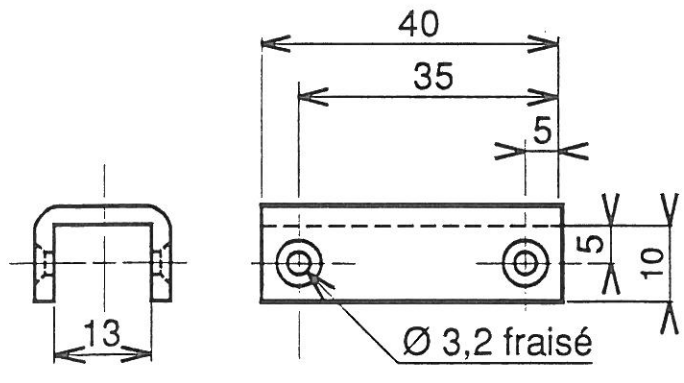
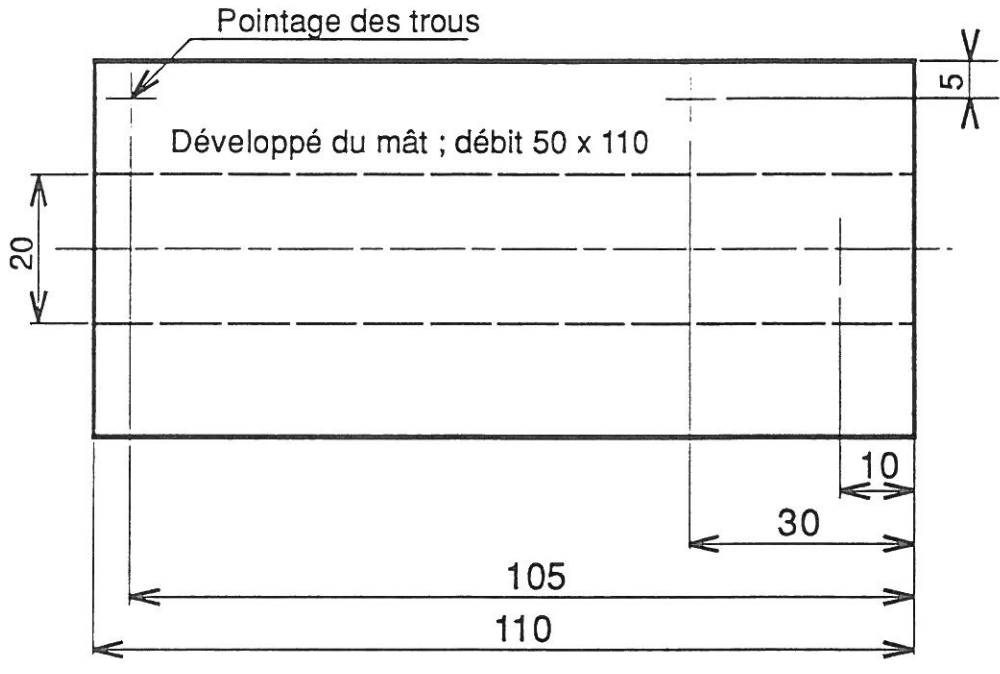
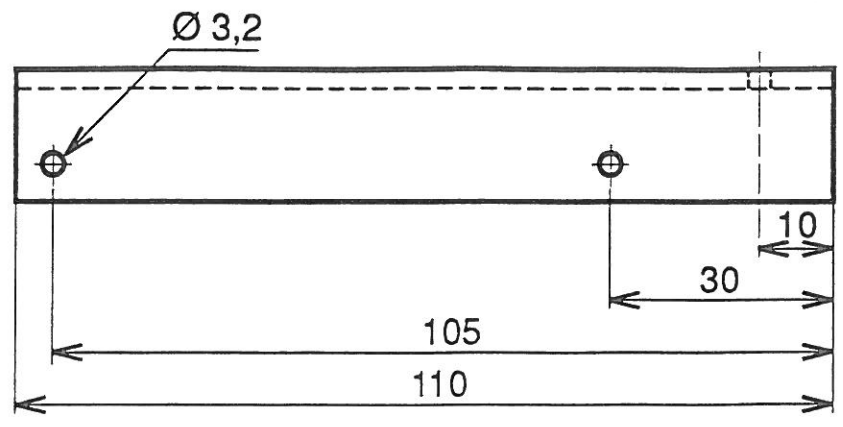


Développé du fléau ; débit 125 x 33

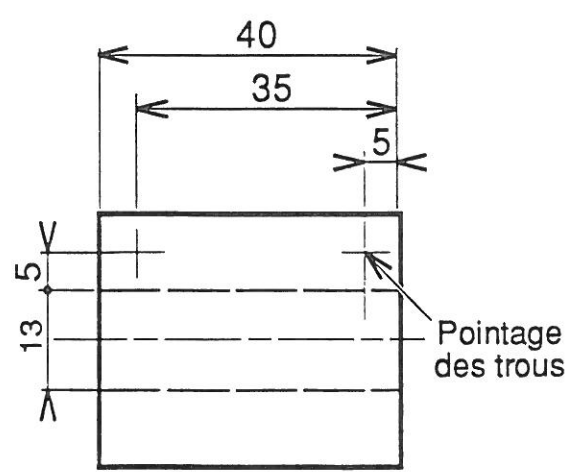
ECHELLE : 1 	NOM :		ENSEMBLE : PESE-LETTRE	
	CLASSE :	DATE :	SOUS-ENSEMBLE : Fléau (pièce n° 2)	OBJET DU DOCUMENT : Dessin de définition



MAT (3)

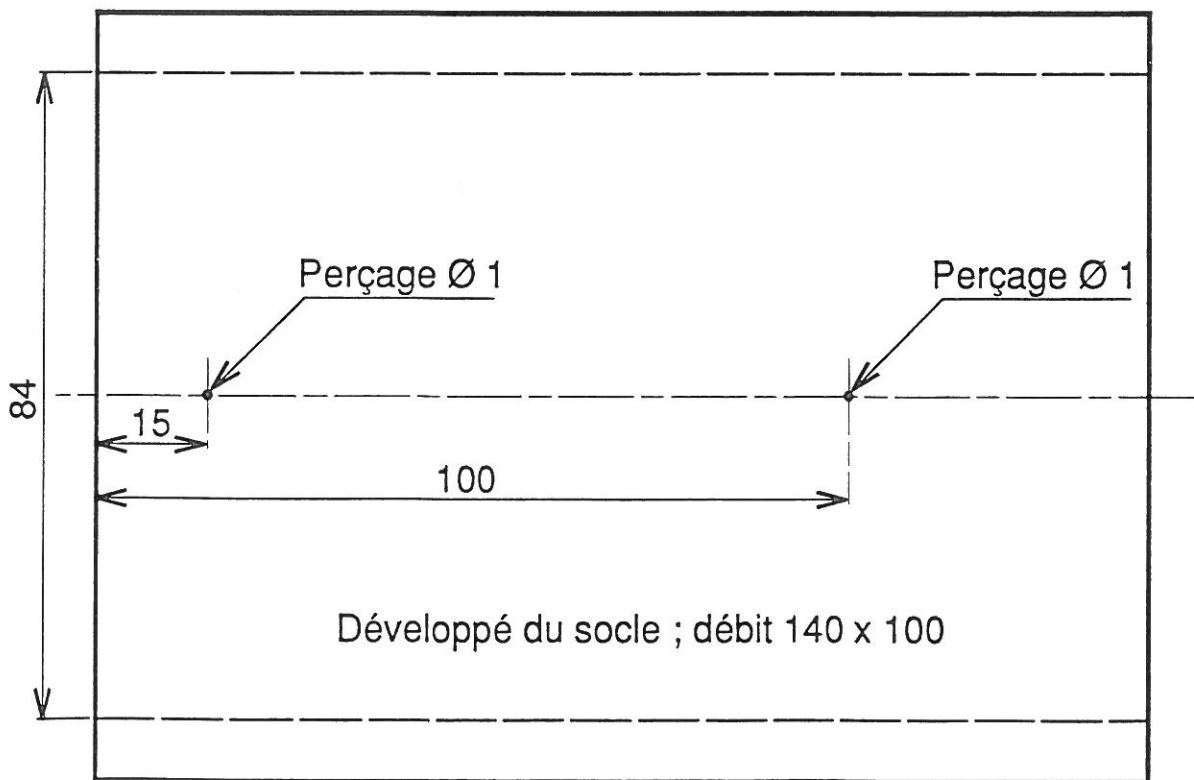
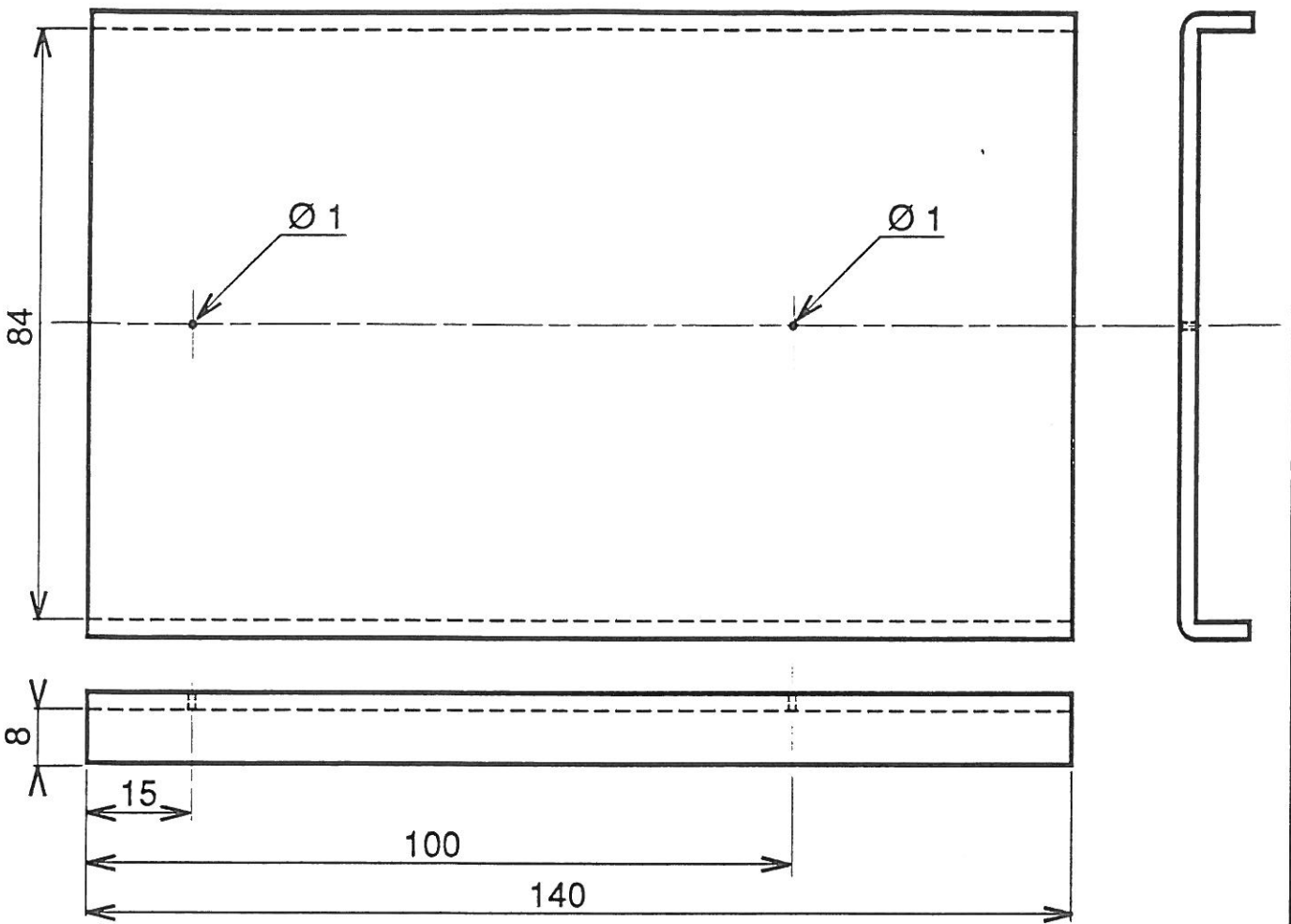


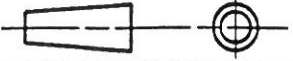
BIELLETTTE (4)



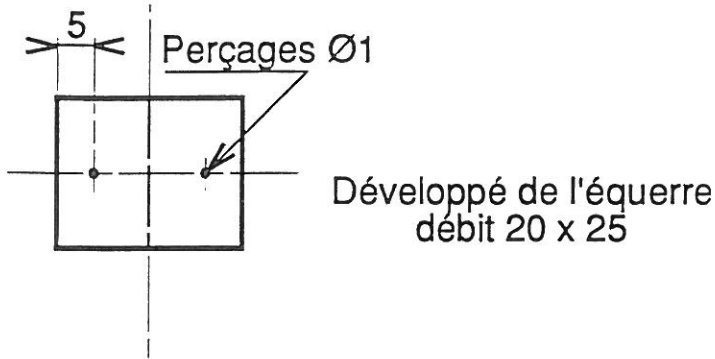
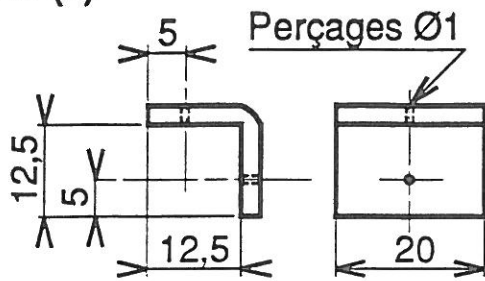
Développé de la biellette ; débit 40 x 33

<p>ECHELLE : 1</p>	<p>NOM :</p>		<p>ENSEMBLE :</p> <p>PESE-LETRE</p>	
	<p>CLASSE :</p>	<p>DATE :</p>	<p>SOUS-ENSEMBLE :</p> <p>Mât et biellette (pièce n° 3 et 4)</p>	<p>OBJET DU DOCUMENT :</p> <p>Dessins de définition</p>

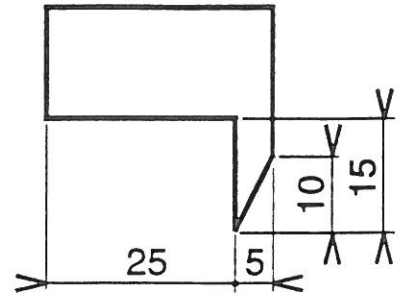


<p>ECHELLE : 1</p>  <p><i>CA</i></p>	<p>NOM :</p>		<p>ENSEMBLE :</p> <p>PESE-LETTRE</p>	
	<p>CLASSE :</p>	<p>DATE :</p>	<p>SOUS-ENSEMBLE :</p> <p>Socle (pièce 5)</p>	<p>OBJET DU DOCUMENT :</p> <p>Dessin de définition</p>

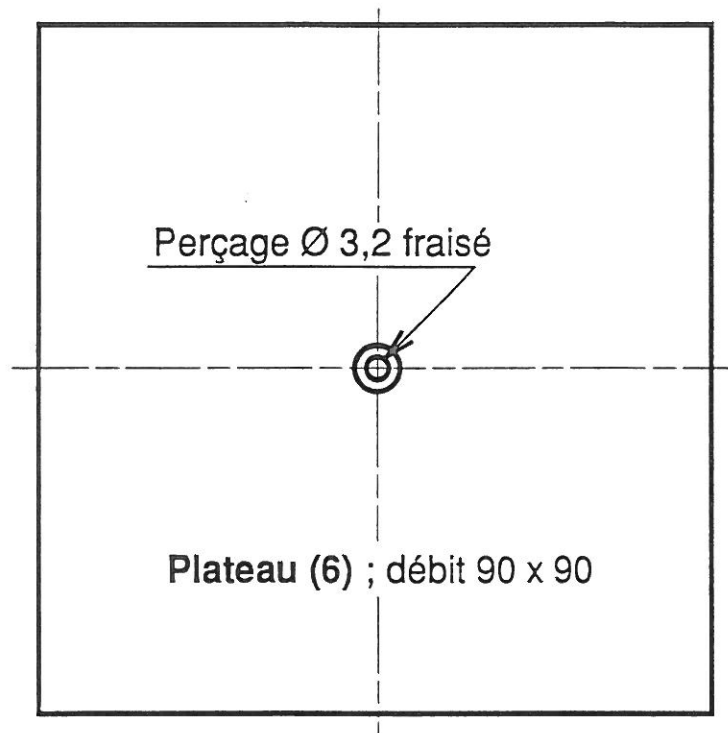
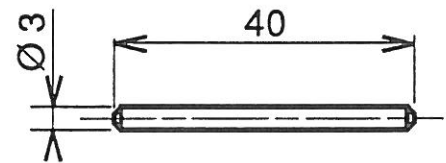
Equerre (7)



Curseur (8) ; débit 30 x 30



Axe (9)
jonc PVC Ø 3



ECHELLE : 1

NOM :

ENSEMBLE :

PESE-LETTRE



CLASSE :

DATE :

SOUS-ENSEMBLE :

Plateau (6)-Curseur (8)
Equerre (7)-Axe (9)

OBJET DU DOCUMENT :

**Dessins
de définition**

PESE-LETTRE

CONSEILS IMPORTANTS POUR LA FABRICATION

UTILISATION DU KIT

Le kit comprend :

- la plaque de polystyrène choc blanc d'épaisseur 2,5 mm, sérigraphiée et prédécoupée en partie
- le boulon et son écrou servant de contre poids
- les vis d'assemblage(en surnombre : 5 pièces au lieu des 4 nécessaires)
- les rondelles servant à limiter les frottements latéraux aux articulations (10 au lieu des 8 nécessaires)
- les bouchons servant à l'arrêt des axes en translation (10 au lieu des 8 nécessaires)
- le jonc de PVC servant à fabriquer les axes (25 cm au lieu des 16 cm nécessaires).

Avant de fabriquer le pèse-lettre, faites-vous la main en réalisant le petit coquetier qui se trouve avec le kit ; vous aurez ainsi l'occasion de régler votre plieuse et de trouver le bon temps de chauffe pour ce plastique.

LA PLAQUE PRÉDÉCOUPÉE :

c'est la pièce maîtresse du kit. Elle comprend 8 pièces du pèse lettre plus une pièce pour réaliser un coquetier (*plan juste avant le projet pèse lettre dans le dossier*).

Attention aux manipulations de cette plaque : le polystyrène est facilement rayable et une trace de doigt risque de se transformer en rayure si on tente de l'essuyer sans grandes précautions. Lors du stockage, il faut la ranger dans son sachet.

La découpe : on commencera par séparer les formats rectangulaires en cassant soigneusement suivant les entailles de prédécoupe ; il ne faut pas hésiter à utiliser une griffe à couper le plastique (Cf. chapitre sur la découpe) pour accentuer les entailles (du bâti en particulier).

Certaines pièces sont ensuite à finir en découpe à la scie ou à la griffe. Le bâti (pièce 1) posera le problème d'une découpe en arrondi ; le plus sûre est de repasser les prédécoupes à la griffe, soigneusement et en prenant son temps, jusqu'à ce que la partie à enlever se détache sans effort.

Les parties à enlever qui ne sont pas prédécoupées, sont repérées par des zones hachurées sur le kit.

Le pliage : les plis sont repérés sur la sérigraphie par des petits traits contre les bords.

Les cotes des pièces sont prévues pour un pliage avec la fibre neutre sur la face de la pièce interne au pli. Lors du pliage, il faut donc chauffer le pli le moins longtemps possible et mettre en forme dès que le plastique accepte la torsion. Cette solution qui donne un bon résultat si on opère correctement, présente l'avantage pour ces pièces "compliquées" de simplifier grandement l'abord des plans pour les élèves. Cf. chapitre "pliage".

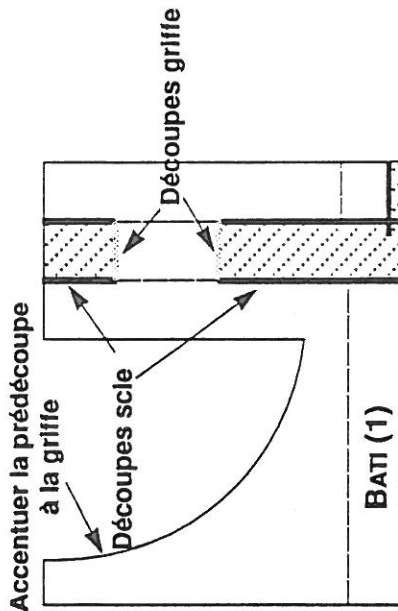
Il est vivement recommandé de fabriquer les gabarits de pliages simples décrits dans la fiche de fabrication.

Le perçage : les perçages à effectuer sont repérés sur la sérigraphie du kit par des petites croix. Il y a deux diamètres de perçage : 1 mm pour les avant-trous des vis et 3,2 mm pour les articulations et les points de fixation. Les articulations doivent être libres, mieux vaut un forêt un peu trop gros que trop petit...

Le critère important de qualité du pèse lettre est le temps d'amortissement des oscillations qui doit être le plus long possible. Il faut réduire au maximum les frottements dans les articulations :

- Ø des axes choisi le plus petit possible
- Fraisage des trous du fléau et de la biellette pour réduire au maximum les surfaces de frottement
- Mise en place des rondelles sur les axes pour limiter les frottements latéraux contre le bâti.
- * Lubrification des articulation avec du graphite (frotter avec un crayon 2B).
- * Bonne qualité de montage et d'ajustement des pièces
- * Ne pas hésiter à agrandir les perçages des articulations si celles-ci ne sont pas bien libres.

ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION	
NOM PRÉNOM CLASSE Élève	- Perte, casse d'éléments - Méthode de travail, autonomie - Respect des règles de sécurité - Respect des consignes
PHASES	OPÉRATIONS et CONSIGNES
1000	DECOUPE DES PIÈCES DE PLASTIQUE
1100	<p>Séparer les pièces en les cassant à la main suivant la prédécoupe, sur le bord d'une table.</p> <p>* On accentuera certaines prédécoupes avec une griffe à couper le plastique, en particulier l'arrondi du bâti qui doit être presque entièrement découpée à la griffe.</p>
1200 1210	<p>FINITION DES DECOUPES (Cf. plans)</p> <p>PIECE 1 (bâti) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Découpe des parties non prédécoupées (scie à métaux + griffe à plastique). - Finition des chants (lime).
1220	<p>PIECE 2 (fléau) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Découpe des 2 triangles (scie à métaux). - Finition des chants (lime).
1230	<p>AUTRES PIÈCES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Finition des chants (lime).
2000	<p>POINTAGES DES PERÇAGES (Cf. plans - pointages repérés sur la sérigraphie des pièces) (pointeau + marteau)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les perçages ne seront effectués qu'une fois les pièces pliées, pour un parfait alignement des trous en vis à vis. C'est pourquoi on ne pointe qu'un trou sur deux lorsqu'ils seront en vis à vis après pliage. * Les pointages à effectuer sont repérés par des petites croix sur la sérigraphie des pièces.
3000	<p>PLIAGES (Cf. plans - lignes de pliages repérés sur la sérigraphie des pièces) (plieuse à fil chaud indispensable + quelques gabarits de pliage très simples décrits ci-après)</p> <ul style="list-style-type: none"> - La chauffe s'effectue coté brillant du plastique, c'est à dire à l'extérieur du pli. - La fibre neutre doit se trouver juste sur la face interne des pièces (côté mat) ; il faut donc chauffer au minimum la pièce et effectuer le pliage dès que le plastique accepte la torsion.
CONDITIONS DE RÉUSSITE	<ul style="list-style-type: none"> - Les pièces ne sont ni rayées ni abîmées - Respect des cotes $\pm 0,5$ mm - Aspect, finition - Respect des cotes $\pm 0,5$ mm - Aspect, finition - Respect des cotes $\pm 0,5$ mm - Aspect, finition - ATTENTION ne pas éclater le plastique en frappant trop fort. - Position du pointage $\pm 0,5$ mm



Élève

NOM
PRÉNOM
CLASSE

ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION

- Perte, casse d'éléments
- Méthode de travail, autonomie
- Respect des règles de sécurité
- Respect des consignes

PHASES

OPÉRATIONS et CONSIGNES

CONDITIONS DE RÉUSSITE

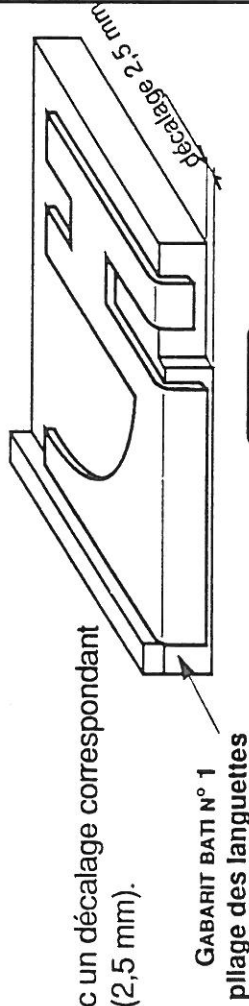
3000
(suite)

- L'utilisation des gabarits de pliage est fortement conseillée lors de la fabrication par des élèves.
- On tracera les lignes de pliage sur l'envers des pièces pour une bonne maîtrise de la chauffe.
- * Il est particulièrement important de respecter avec précision les cotes ayant un rapport direct avec le fonctionnement du mécanisme : largeurs du fléau et de la biellette, largeurs du mat et du bâti, hauteurs respectives des languettes de fixation du bâti sur le socle, d'où la quasi nécessité de gabarits
- L'ordre de pliage est indiqué sur les plans par des chiffres en italique sur les lignes de pliage.

3100

PLIAGE DU BÂTI (1)

- Pliage des languettes avec un décalage correspondant à l'épaisseur du plastique (2,5 mm).



GABARIT BÂTI N° 1
pliage des languettes

- Largeur intérieure entre flancs : $20 \pm 0,5$

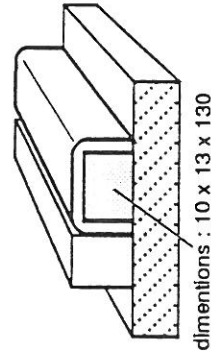


GABARIT BÂTI N° 2
pliage des flancs

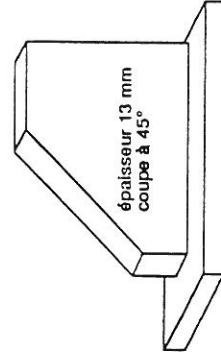
- Pliage des flancs en respectant une largeur intérieure de 20 mm utilisation d'une simple baguette en guise de gabarit

3200

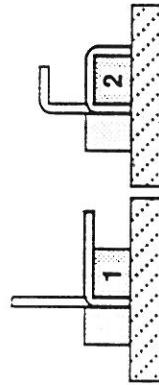
PLIAGE DU FLÉAU



GABARIT FLÉAU N° 1



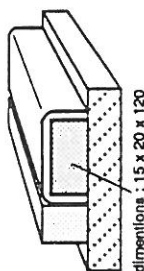
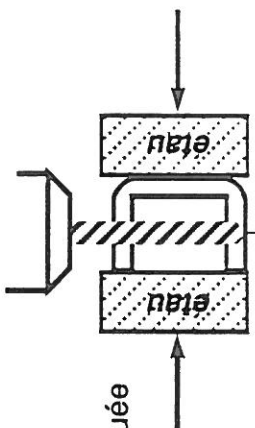
GABARIT FLÉAU N° 2
pour pliage à 45°



Mode opératoire
sur gabarit n° 1

- Largeur intérieure : $13 \pm 0,5$

- Géométrie de la pièce : posé sur sa languette de fixation, le bâti est bien vertical.

	Élève	ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION	
NOM PRÉNOM CLASSE		<ul style="list-style-type: none"> - Perte, casse d'éléments - Méthode de travail, autonomie 	<ul style="list-style-type: none"> - Respect des règles de sécurité - Respect des consignes
PHASES	OPÉRATIONS et CONSIGNES	CONDITIONS DE RÉUSSITE	CONDITIONS DE RÉUSSITE
3300	<p>PLIAGE DU MAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Même procédure que pour le premier pliage du fléau. 	 <p style="text-align: center; font-size: small;">dimensions : 15 x 20 x 120</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Largeur intérieure : $20 \pm 0,5$
3400	<p>PLIAGE DE LA BIELLETTE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser le gabarit n° 1 du fléau 		<ul style="list-style-type: none"> - Largeur intérieure : $13 \pm 0,5$
3500	<p>PLIAGE DU SOCLE</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation d'un gabarit n'est pas indispensable, l'important est que la hauteur du pli soit la même de chaque côté. 		<ul style="list-style-type: none"> - Symétrie de la pièce finie
3600	<p>PLIAGE DE L'ÉQUERRE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser n'importe quel objet ou baguette comme gabarit d'angle droit. 		<ul style="list-style-type: none"> - Symétrie de la pièce finie - Equerrage - <i>Si un pli est raté, il faut redéplier la pièce comme montré au chapitre "pliage" (figure 80)</i>
4000	<p>PERÇAGES (Cf. plans) (perceuse à colonne, forêts de 1 et 3,2 mm)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les perçages en vis à vis sont à effectuer pièce bloquée dans un étau, comme montré ci-contre. * Attention : Ø de perçage différent pour socle et équerre : Ø 1mm (avant-trous des vis). <p style="text-align: center;">des pièces</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Alignement des trous en vis-à-vis - Respect des bons Ø de perçage - Position des trous : $\pm 0,5$ mm - Equerrage des axes de perçages par rapport aux faces verticales
5000	<p>FRAISAGE (Cf. plans) (fraise à main ou éventuellement un gros forêt)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sur les pièces 1,2,4 et 6, certains trous sont à fraiser. Ces fraisages servent, soit à noyer les têtes de vis, soit à réduire les surfaces de frottement autour des axes. 		<ul style="list-style-type: none"> - Profondeur, régularité des fraisages

ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION	
Élève NOM PRÉNOM CLASSE	- Perte, casse d'éléments - Méthode de travail, autonomie - Respect des règles de sécurité - Respect des consignes
PHASES	OPÉRATIONS et CONSIGNES
6000	FINITIONS DES PIÈCES PLIÉES (lime, papier abrasif) - Rattrapage des dissymétries dues à un pliage imparfait. - Finition des chants.
7000	FABRICATION DES AXES (Cf. plans) (scie, papier abrasif) - Débit de 4 longueurs de 40 mm dans le jonc PVC Ø3. - Réalisation des chanfreins en bout d'axes.
8000	COLLAGES (Cf. plans) (pistolet à colle chaude) - Collage de l'écrou dans le fléau : engager le boulon dans l'écrou pour bien orienter ce dernier ; attention à ne pas coller le boulon. - Collage du curseur sous le fléau (léger ponçage des surfaces avant collage).
9000	MONTAGE (Cf. plan d'ensemble) - Visser le bâti sur le socle ; les vis taraudent elles-mêmes leur passage, il faut donc forcer un peu. Attention quand-même à ne pas visser trop loin et détruire le pas de vis (dans ce cas il faut coller). - Monter l'équerre sur le mat puis le plateau sur l'équerre. - Lubrifier au graphite (crayon 2B) les axes ainsi que les paliers du fléau et de la biellette. - Monter les articulations sans oublier les rondelles. (Le montage des rondelles peut être "délicat", on peut s'aider en collant les rondelles à l'avance à l'intérieur du bâti et du mat, avec de la colle au néoprène ; attention que la colle ne gêne pas le mécanisme).
10 000	ÉTALONNAGE (en raison des imprécisions dues à la fabrication, chaque balance doit être étalonnée séparément) - En plaçant des poids de 10 à 60 grammes, marquer les graduations avec un stylo ou marqueur indélébile.
CONDITIONS DE RÉUSSITE	
- Aspect - Symétrie des pièces - Longueur des axes : 40± 1 - Régularité des chanfreins - Position relative des pièces - Propreté des collages - Le mécanisme doit fonctionner librement, sans frottement - Précision et propreté du travail	

Fiche thermoplastique

PVC - polychlorure de vinyle -

Très utilisé dans de nombreux produits le PVC qui dégage des gaz toxiques (chlore) à la combustion est progressivement abandonné au profit de nouvelles matières moins dangereuses en cas d'incendie.

PRÉSENTATION

De la famille des vinyliques ; homopolymère du chlorure de vinyle ; masse volumique 1,3 à 1,7. Le PVC est un plastique de grande diffusion que l'on trouve sous des formes variées. On doit distinguer deux types :

- le **PVC rigide** (0 à 5% de plastifiant)
- le **PVC souple** (emploi de plastifiant jusqu'à 40%)

* on produit aussi du PVC cellulaire (sous forme allégée ou "semi expansée").

Le brevet d'invention du chlorure de vinyle fut déposé en 1914 par l'allemand Klate ; mais il a fallu attendre 1931 pour qu'apparaisse la première fabrication industrielle. En effet la poudre de PVC n'est pas utilisable sans certains adjuvants qu'il fallait mettre au point :

- stabilisant pour absorber l'acide chlorhydrique qui se dégage lors d'une chauffe
- lubrifiant pour empêcher le PVC de coller aux parois chaudes métalliques (des moules)
- plastifiant pour donner plus ou moins de souplesse.

CARACTERISTIQUES

ATOUTS

PVC rigides

résistance à l'abrasion
rigidité
s'enflamme difficilement ; s'éteint seul
résistance chimique aux acides, bases, huiles,
graisses, alcools...
alimentaire
transparence possible
absorption d'eau presque nulle
facilité de mise en œuvre ; formage, usinage

PVC souples

souplesse
utilisable à basse température
moindre sensibilité aux solvants
découpe à la cisaille ou massicot

LIMITES

fragilité aux chocs et au froid
densité relativement élevée
dégagement de gaz toxique à la combustion
brunissement aux UV
tenue à chaud limitée (70°C)
sensibilité à certains solvants organiques
(cétoniques, chlorés...)

inflammabilité supérieure à celle du PVC rigide
non alimentaire (à cause du plastifiant)
moins bonne tenue chimique aux acides, bases...
collage difficile

UTILISATIONS TYPE

- **PVC rigide** : tuyaux de plomberie, bouteilles alimentaires (huile, eau...), emballages alimentaires (biscuits, confiserie...), cartes de crédit, gouttières, volets roulants...
- **PVC souple** : dalles de revêtement de sol, tissus enduits (maroquinerie, sièges auto...), couvertures de classeurs, trousse, objets gonflables, gainage de fils électriques...
- **PVC expansée** : isolation, panneaux signalétiques, publicité...

SEMI-PRODUITS DISPONIBLES COURAMMENT

Plaques, feuilles, joncs, barres, tubes et profilés opaques ou transparents. Le PVC opaque se trouve souvent en deux coloris : ivoire ou gris ; il est plus difficile de trouver d'autres couleurs. Seul le PVC expansé est disponible couramment en différents coloris. Le PVC expansé se trouve en plaques de 3 à 12 mm d'épaisseur, assez rigides même en 3 mm, pouvant se couper au cutter (pas très facilement), mais ne donnant pas facilement un beau pliage à chaud. Les barres de PVC se prêtent bien au tournage.

INTERET EN UTILISATION AU COLLEGE

Le PVC est un plastique très pratique pour la réalisation d'objets en classe.

On trouve beaucoup de tubes et barres de différents diamètres, permettant de réaliser différentes pièces et de les combiner pour faire des assemblages.

Le PVC se plie bien à chaud et s'usine bien ; c'est un plastique relativement peu cher.

Les limites sont : la difficulté de trouver un vrai blanc ou des couleurs en PVC rigide non expansé, la mauvaise tenue des peintures classiques, un collage pas toujours facile (même avec les colles spéciales).

